การพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยกิจกรรมการทดลอง ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย

ธีรวัฒน์ ดวงสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

DEVELOPING STUDENT'S CONCEPTS ON ELECTRICITY AND MAGNETISM USING EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN CONJUNCTION WITH PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN TEACHING TECHNIQUE

THEERAWAT DUANGSIN

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 2016

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย

ผู้วิจัย นายธีรวัฒน์ ดวงสิน

คณะกรรมการสอบ

ดร.ทิพวรรณ สายพิณ	ประธานกรรมการ
ดร.กาญจนา ศิวเลิศพร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ดร.กาญจนา ศิวเลิศพร)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2559

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กาญจนา ศิวเลิศพร อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดเสมอมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตลอกจนคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือวิจัยให้มือความสมบูรณ์ และขอบพระคุณ ดร.ทิพวรรณ สายพิณ ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ คณะครูและนักเรียนโรงเรียนขลุงรัชดาภิเษกเกอขลุง จังหวัดจันทบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้คำแนะนำและให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้เงินทุนในการสนับสนุนในการศึกษาระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตในครั้งนี้

ขอน้อมละลึกถึงคุณบิดา มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษา และขอละลึกถึงพระคุณของครู อาจารย์ทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ จนผู้วิจัยประสบความสำเร็จด้วยดี ประโยชน์ของการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้สนใจในการศึกษาทั้งมวล

ธีรวัฒน์ ดวงสิน
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย

ผู้วิจัย : ธีรวัฒน์ ดวงสิน

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา: ดร.กาญจนา ศิวเลิศพร

คำสำคัญ : ไฟฟ้าและแม่เหล็ก, กิจกรรมการทดลอง, การเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย

งานวิจัยนี้มีการพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็ก เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการทดลอง และแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มที่ใช้ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 35 คน โรงเรียนขลุงรัชดาภิเษก โดยเลือกแบบเจาะจง การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลองโดยศึกษากลุ่มทดลองกลุ่มเดียว วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการทดลองที่สร้างและพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 78.29/76.14 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 75/75 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางเท่ากับ 0.67

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPING STUDENT'S CONCEPTS ON ELECTRICITY AND MAGNETISM USING EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN CONJUNCTION WITH PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN TEACHING TECHNIQUE
AUTHOR : THEERAWAT DUANGSIN
DEGREE : MASTER OF SCIENCE
MAJOR : SCIENCE EDUCATION
ADVISOR : KANCHANA SIVALERTPORN, Ph.D.
KEYWORDS : ELECTRICITY AND MAGNETISM, EXPERIMENTAL ACTIVITIES, PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN TEACHING TECHNIQUE

This one group pre-/post-test research aimed to develop learning activities on electricity and magnetism to increase learning achievement in Physics. The research tools consisted of experimental activities, and a pre-test and post-test, and the participants were 35 purposively selected grade 12 students in the science-math program at Khlung Ratchadapisake School during the first semester in the 2015 academic year. The effectiveness of the experimental set E_1/E_2 was 78.29/76.14, higher than that of the designate. The average post-test learning achievement score increased in comparison to the pre-test score at a statistically significant level of .05. The average normalized gain was at the medium level of 0.67.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2.1 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE)	6
2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain)	8
2.3 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก (Electricity and Magnetism)	10
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการการวิจัย	
3.1 แบบแผนการวิจัย	20
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	20
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	21
3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล	26
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง 27

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 28

4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน 28

4.4 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) 31

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 36

5.2 อภิปรายผล 37

5.3 ข้อเสนอแนะ 40

เอกสารอ้างอิง **41**

ภาคผนวก

ก เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 46

ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 53

ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 94

ง ภาพประกอบการทำกิจกรรม 100

ประวัติผู้วิจัย **107**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design	20
3.2	ชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก	21
3.3	จำนวนชั่วโมงต่อแผนการจัดการเรียนรู้	24
3.4	จำนวนข้อสอบแต่ละรายเนื้อหา	25
4.1	ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก	27
4.2	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	28
4.3	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียน	29
4.4	ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายเนื้อหา	30
ค.1	ผลค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	95
ค.2	ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง	96
ค.3	ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคลและรายชั้นเรียนแบบรายบุคคล (Single student normalized gain) และรายชั้นเรียน (Class normalized gain)	98

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะโมเลกุลของเหล็กธรรมดา (ก) และโมเลกุลของแม่เหล็ก (ข)	11
2.2	แรงระหว่างแม่เหล็กผลักดันออกจากกัน (ก) และดึงดูดเข้าหากัน (ข)	11
2.3	เส้นแรงแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก	12
2.4	อนุภาคที่มีประจุ q เคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก	12
2.5	แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในทิศขนานกับสนามแม่เหล็ก	14
2.6	แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าผ่านสนามแม่เหล็กในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก	14
2.7	แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าผ่านสนามแม่เหล็กในทิศทำมุม □ กับสนามแม่เหล็ก	15
2.8	ส่วนของเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กสนาม	15
2.9	ลวดตรงที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (ก) ลวดตรงที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (ข) และการใช้กฎมือขวาหาทิศของสนามแม่เหล็ก (ค)	16
2.10	สนามแม่เหล็กของขดลวดวงกลม (ก) และการใช้กฎมือขวาหาทิศของสนามแม่เหล็ก (ข)	17
2.11	สนามแม่เหล็กขดลวดโซเลนอยด์ (ก) และการใช้กฎมือขวาหาทิศสนามแม่เหล็ก (ข)	18
3.1	ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการทดลอง	23
3.2	ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้	24
3.3	ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	25
4.1	ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล	29
4.2	ตัวอย่างผลการทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) ในกิจกรรมการทดลองที่ 1	31
4.3	ตัวอย่างผลการทำนาย–สังเกต–อธิบาย ในกิจกรรมการทดลองที่ 1	32
4.4	ตัวอย่างการทดลองของนักเรียนเรื่องเส้นสนามแม่เหล็ก	32
4.5	ตัวอย่างผลการตัวอย่างผลการทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) ในกิจกรรมการทดลองที่ 2	33

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	ตัวอย่างการทดลองเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ (ก) และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ (ข)	34
4.7	ตัวอย่างผลการทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) ในกิจกรรมการทดลองที่ 3	34
4.8	ตัวอย่างผลการทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) ในกิจกรรมการทดลองที่ 4	35
ง.1	นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก	101
ง.2	นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก	102
ง.3	นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 3 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	103
ง.4	นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 4 เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	104
ง.5	ตัวอย่างผลการทดลองกิจกรรมของนักเรียน (การทดลองที่ 1)	105
ง.6	ตัวอย่างผลการทดลองกิจกรรมของนักเรียน (การทดลองที่ 3)	106

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์สาขาวิชาอื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์เข้าใจธรรมชาติและปรากฏการณ์ธรรมชาติ ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูล ที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติสาขาหนึ่งที่มีเนื้อหาที่เชื่อมโยงต่อเนื่อง ซับซ้อนในเชิงปริมาณและปริมาณเหล่านั้นมีความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ ในมิติต่างๆ จึงนำไปสู่ปัญหาสำคัญในการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (misconception) ซึ่งอาจเกิดขึ้นก่อนเรียนหรือในระหว่างการเรียนรู้ โดยมีผลทำให้ผู้เรียนสอบไม่ผ่านหรือผ่านแต่ได้คะแนนไม่ดี หมดกำลังใจที่จะเรียนรู้และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาที่เรียน นอกจากนั้นยังเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้หรือทำความเข้าใจในแนวคิดที่สูงขึ้นหรือต่อเนื่องกัน อีกทั้งหากเกิดแล้วยังยากต่อการแก้ไขปรับเปลี่ยน ดังนั้น การสอนวิชาฟิสิกส์บางตอนอาจเริ่มด้วยการให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมหรือการทดลอง และสังเกตผลการทดลองตามขั้นตอนต่างๆ แล้วครูใช้คำถามเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของการทดลองนั้นๆ แทนที่ครูจะเล่าการทดลองและบอกผลสรุปโดยตรง เพราะการสอนแบบบอกผลสรุปโดยตรง นักเรียนจะไม่มีโอกาสได้ฝึกการสังเกต ฝึกบันทึกข้อมูล ไม่มีโอกาสได้หยิบจับอุปกรณ์ทำการทดลอง ซึ่งเป็นประสบการณ์ส่วนหนึ่งที่เสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การฝึกให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูล นัยหนึ่งก็คือ การสรุปอย่างมีเหตุมีผลนั่นเอง ก็เป็นการปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนทางหนึ่ง ผลที่ได้จากการทดลองของนักเรียนอีกประการหนึ่งก็คือ จากการพบปัญหาในการทดลองและ หาวิธีแก้ปัญหาเหล่านั้นเพื่อให้การทดลองสัมฤทธิ์ผล

นักเรียนจะได้เรียนรู้แนวการคิดแก้ปัญหาที่สอดคล้องตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติ มิใช่ด้วยการท่องจำขั้นตอนเป็นข้อๆ ดังนั้นนักเรียนจะมีความมั่นใจในการนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้โดยตรงไปใช้แก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม มีการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน โดยครูเป็นผู้นำกิจกรรมส่วนนักเรียนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรม เปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมต่างๆ ร่วมกัน นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตนเอง (ปิยะ เกียนประโคน, 2554) รวมทั้งกิจกรรมที่ให้นักเรียนฝึกในแต่ละชุดการทดลองใช้อุปกรณ์ทดลองจริง และทุกคนต้องทำด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนสนใจกระตือรือร้นทำกิจกรรมอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการใช้เครื่องมือจนเกิดความชำนาญและสามารถปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ทั้งยังพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2556)

การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) เป็นอีกหนึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ซึ่งมีขั้นตอน 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนของการทำนาย (Predict: P) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำนายว่าการทดลองหรือสถานการณ์นั้นๆ จะเกิดผลอย่างไร ทั้งนี้โดยอาศัยการสังเกต พื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้าโดยอาศัยทักษะทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการพยากรณ์ ขั้นของการสังเกต (Observe: O) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องลงมือทดลอง พิสูจน์สังเกตหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการทดลอง การสังเกต การวัด และทักษะการพยากรณ์ และขั้นของการอธิบาย (Explain: E) เป็นขั้นตอนที่เกิดการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนได้ทำนายไว้กับผลการทดลอง ในขั้นนี้ผู้เรียนต้องใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลในการอธิบายให้ได้ว่า คำตอบที่ได้จากการทดลองนั้นเหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้เพราะเหตุใด ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะเกิดความขัดแย้งระหว่างสิ่งที่ทำนายกับผลการทดลองซึ่งจะนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงความคิดขึ้นมาใหม่ตามทฤษฎีจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการทดลอง การเรียนด้วยวิธีทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) โดยการทำกิจกรรมตามสถานการณ์ต่างๆ และบันทึกผลการทำกิจกรรม ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้จากการทดลองไปสู่ทฤษฎี ช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพเกิดความคิดรวบยอดและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้จริง (นัชชา แดงงาม, 2556)

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยให้นักเรียนได้ทดลองและปฏิบัติจริงเพื่อช่วยให้นักเรียนได้มีความรู้ความเข้าใจและพัฒนาแนวคิดที่ถูกต้อง โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75

1.2.2 เพื่อเพิ่มความเข้าใจทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE)

1.2.3 เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE)

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75

1.3.2 ความเข้าใจทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.4.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนขลุงรัชดาภิเษก ตำบลวันยาว อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี จำนวน 81 คน

1.4.4.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนขลุงรัชดาภิเษก ตำบลวันยาว อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี จำนวน 35 คน โดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง

1.4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.2.1 ตัวแปรต้น คือ ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.4.2.2 ตัวแปรตาม คือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และความก้าวหน้าทางการเรียน

1.4.3 เนื้อหา

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาความเข้าใจในรายวิชาฟิสิกส์ 4 เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โดยมีเนื้อหาที่ศึกษาดังนี้

1.4.3.1 แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

1.4.3.2 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก

1.4.3.3 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ

1.4.3.4 แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก หรือเนื้อหาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสามารถเป็นแนวทางในการสอนที่เน้นแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) และกระบวนการลงมือปฏิบัติมากขึ้น

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) หมายถึง การเรียนการสอนที่สร้างขึ้นจากความสนใจและความสงสัย โดยการสร้างองค์ความรู้ของตัวเอง มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นการทำนาย (Predict: P) คือ การทำนายผลจากสถานการณ์ ขั้นการสังเกต (Observe: O) คือ การสังเกต การทดลอง/ทดลอง/พิสูจน์เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนด และขั้นอธิบาย (Explain: E) คือ การอธิบายผลที่ได้จากการสังเกตหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

1.6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของแต่ละคน เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6.3 ชุดกิจกรรมการทดลอง หมายถึง ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นตามรูปแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบ เชื่อมโยงกับความคิดเดิม นำไปสู่การแสวงหาความรู้ใหม่ โดยใช้กระบวนการและทักษะต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้มีชุดกิจกรรมการทดลอง 4 ชุด ประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง แม่เหล็กและ

สนามแม่เหล็ก ชุดกิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก ชุดกิจกรรมการทดลองที่ 3 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ และชุดกิจกรรมการทดลองที่ 4 เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

1.6.4 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง หมายถึง คะแนนที่ได้จากการสอบท้ายหน่วยของนักเรียนทุกคนเทียบกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนของทุกคน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้ทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE)

2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain)

2.3 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก (Electricity and Magnetism)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE)

น้ำค้าง จันเสริม (2551; อ้างอิงจาก White and Gunstone, 1992) ได้กล่าวว่า วิธีการสอนแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง หลังจากนักเรียนทำนายแล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าว โดยให้นักเรียนลงมือทดลอง สังเกต หรือหาวิธีพิสูจน์ให้นักเรียนหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น หลังจากนั้นให้นักเรียนบอกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเองและขั้นสุดท้ายนักเรียนจะต้องอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายและการสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้ ซึ่งวิธีการสอนแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ประกอบด้วย

(1) ขั้นตอนของการ Predict คือ จะเป็นการทำนายว่าผลที่จะเกิดจากการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ที่กำหนดให้จะเป็นอย่างไรบ้าง โดยที่นักเรียนจะต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับการทำนายของนักเรียนประกอบด้วย

(2) ขั้นตอนของการ Observe เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องลงมือทดลอง/พิสูจน์หาคำตอบเกี่ยวกับการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา

(3) ขั้นตอนของการ Explain เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะเกิดความขัดแย้งขึ้นระหว่างสิ่งที่ทำนายและผลจากการคำนวณหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายให้ได้ว่าถ้าคำตอบที่ได้จากการทดลอง กิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาไม่เป็นไปตามที่

ทำนายผลไว้ในขั้นแรกเพราะอะไร และในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยตนเองนักเรียนจะต้องร่วมมือกับเพื่อนเพื่อหาคำตอบ

วิธีการทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) สามารถช่วยให้นักเรียนสำรวจและค้นหา (Explore) และหาเหตุผลมาอธิบายเกี่ยวกับความคิดของตนให้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอน Predict และการให้เหตุผลในกรณีที่ผลการทดลองที่ได้ขัดแย้งกับคำทำนาย นักเรียนจะต้องสร้างและแก้ไขปรับปรุงความคิดใหม่ให้ถูกต้องตามความเป็นจริงหรือตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้อธิบายเทคนิคการทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) มีขั้นตอนดังนี้

(1) การทำนาย (Prediction) ก่อนลงมือทำกิจกรรม ให้ผู้เรียนทำนายว่า จะเกิดอะไรขึ้นในกิจกรรมที่สังเกต พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (การเดาโดยไร้เหตุผล เป็นสิ่งที่ไม่มีความหมายหากจะใช้การทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE))

(2) ขั้นสังเกต (Observation) ให้นักเรียนลงมือสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นโดยละเอียด และบันทึกผล (การสังเกตโดยไม่มีการบันทึกผล หรือการจดจำเพียงอย่างเดียวไม่จัดว่าเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

(3) ขั้นอธิบายผล (Explanation) ให้ผู้เรียนอธิบายความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายไว้และสิ่งที่เกิดขึ้นจริง พร้อมทั้งให้เหตุผล จะทำให้ผู้สอนเข้าใจ

ประโยชน์ของแต่ละขั้นตอนของเทคนิคการทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) อาจสรุป ได้ดังนี้

1) การที่ผู้เรียนทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นประกอบกับการให้เหตุผล จะทำให้ผู้สอนเข้าใจความคิดเดิมก่อนเรียนของผู้เรียน เป็นการสำรวจความรู้เดิมได้อีกทางหนึ่ง

2) การสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นและจดบันทึก เป็นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3) การอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นว่าแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้อย่างไร ทำให้ผู้เรียนตระหนักว่าตนเองมีความรู้เดิมอย่างไร และเรียนรู้อะไรเพิ่มจากการทำกิจกรรมบ้างเทคนิค POE ก็เหมือนกับเทคนิคอื่นๆ ถ้าผู้สอนใช้เทคนิค POE อย่างสม่ำเสมอ ผู้เรียนจะมีความคุ้นเคยและเกิดการเรียนรู้ซึ่งจะทำให้การใช้เทคนิค POE มีประสิทธิภาพมากขึ้น

รัตนาภรณ์ กลางมะณี (2553; อ้างอิงจาก Baodi, 2003) สรุปเกี่ยวกับขั้นตอนของการ ทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ดังนี้

(1) Predict: P ขั้นทำนายผล เป็นขั้นตอนการถามคำถามให้นักเรียนทำนายผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

(2) Observe: O ขั้นสังเกตหรือทดลอง หลังจากที่นักเรียนทำนายผลจากสถานการณ์ปัญหาแล้ว ให้นักเรียนสังเกตหรือทำทดลอง และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำนายผล

(3) Explain: E ขั้นอธิบาย ให้นักเรียนอธิบายผลที่ได้จากการสังเกตหรือทดลองกับการทำนายผลว่าเหมือนหรือแตกต่างอย่างไร

วนิชา ประยูรพันธ์, 2553; อ้างอิงจาก (Wu and Tsai, 2005) สรุปเกี่ยวกับขั้นตอนการสอนแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ไว้ว่า การสอนแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) เป็นยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวกับการทำนายผลการสาธิตและอภิปรายผลที่นักเรียนทำนายกับการสังเกตการสาธิตและการอธิบายผลที่สอดคล้องตรงกันระหว่างการทำนายผลการสังเกตอาจแสดงให้เห็นความรู้เดิม และการแปลความหมายใหม่กับสิ่งที่นักเรียนได้สังเกต เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการและเปลี่ยนและมีการเจรจาต่อรอง (negotiate) ในการแปลความหมายใหม่ของนักเรียน

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) หมายถึง การสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียน โดยผู้เรียนนั้นเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นทำนายผล (Predict: P) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหากำหนด

(2) ขั้นสังเกต (Observe: O) เป็นขั้นตอนการหาคำตอบโดยการทำการทดลองการสังเกตการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูลและวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำ ตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น

(3) ขั้นอธิบายผล (Explain: E) เป็นขั้นตอนการอธิบายผลจากขั้นตอนการทำนายและการหาคำตอบว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain)

normalized gain เป็นวิธีที่นิยมใช้ในงานวิจัยฟิสิกส์ศึกษาที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดย Hake, R.R. นักฟิสิกส์แห่ง University of Indiana ได้เสนอวิธีการประเมินผลการโดยคำนึงถึง floor and ceiling effect (โอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่า 0 เปอร์เซ็นต์ และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์) เรียกว่า normalized gain โดยหาได้จาก อัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (maximum possible gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (Hake, R.R., 1998)

$$< g > = \frac{(\%\text{posttest}) - (\%\text{pretest})}{(100\%) - (\%\text{pretest})} \qquad (2.1)$$

โดยที่ <g> คือ ค่า normalized gain

% Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นร้อยละ (%)

% Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยนของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นร้อยละ (%)

จากสมการแปลความได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียน (Actual gain = (% post-test)-(% Pre-test)) คิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain = (100%)-(% Pre-test)) ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0–1.0 สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกเป็นกลุ่มได้เป็น 3 ระดับ คือ "High gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $\langle g \rangle \geq 0.7$ "Medium gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.7 \leq \langle g \rangle \geq 0.3$ และ "Low gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.0 \leq \langle g \rangle > 0.3$

สำหรับการพิจารณา Normalized gain เพื่อศึกษาว่านักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างไร ทั้งในระดับห้อง ระดับแต่ละหลักการ (Concepts) แต่ละรายบุคคล หรือแม้กระทั่งรายข้อนั้นเราจะได้แยกแยะให้เห็นว่าสามารถทำได้อย่างไร แบ่งประเภทของ Normalized gain ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ (อภิสิทธิ์ ธงชัย และคณะ, 2551)

(1) Class normalized gain (หรือ Class average normalized gain) หมายถึง การพิจารณาว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นนั้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ โดยดูได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้น ทั้งก่อนและหลังเรียน

การพิจารณาผลการเรียนของนักเรียนในลักษณะนี้ใช้เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นนั้นมีพัฒนาการขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งโดยทั่วไปนักวิจัยจะอ้างถึงเนื่องจากสามารถบอกเป็นภาพรวมของทั้งชั้น อย่างไรก็ตามในการคิดคำนวณเพื่อหาค่า Normalized gain นี้ อาจใช้การนับคะแนนหรือนับจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้อง เพื่อมาเข้าสูตรการคำนวณ ผลการคำนวณที่ได้จะเป็นการบอกภาพรวมของทั้งชั้นว่ามีผลการเรียนดีขึ้นมากน้อยเพียงใด แต่ถ้าหากต้องการดูว่านักเรียนแต่ละคนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นอย่างไรไม่อาจสรุปได้ด้วยวิธีการนี้ แต่เราจะดูได้ด้วยวิธีการที่จะได้กล่าวในวิธีต่อไปนี้

(2) Single student normalized gain หมายถึง การพิจารณาว่านักเรียนแต่ละคนมีพัฒนาการการเรียนรู้เป็นอย่างไร โดยดูได้จากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

สำหรับการหาค่า $\langle g \rangle$ ของนักเรียนแต่ละคนทั้งชั้นแล้วมาหาค่าเฉลี่ย (Average of the single student normalized gain) หรืออาจจะเรียกว่าเป็นค่าเฉลี่ย $\langle g \rangle$ ของนักเรียนห้องนี้ ซึ่งควรจะเป็นค่าเดียวกันกับ Class normalized gain แต่ค่าที่ได้จากวิธีนี้จะพบว่ามีค่าไม่เท่ากันโดยค่าที่ได้ด้วยวิธีนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง ±5% ของ Class normalized gain โดยที่จำนวนประกรที่ทดสอบต้องมีค่าตั้งแต่ 20 คนขึ้นไป

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเราอาจจะทำได้ลำบากสำหรับการที่จะดู $\langle g \rangle$ ของนักเรียนแต่ละคนเนื่องจากต้องใช้เวลามากถ้านักเรียนมีจำนวนมาก แต่สำหรับชั้นเรียนที่มีนักเรียนจำนวนน้อยเรา

สามารถดูได้ และจะเป็นการดี เนื่องจากทำให้ครูสามารถดูพัฒนาการของนักเรียนแต่ละคนได้เป็นอย่างดี อันจะเป็นแนวทางในการช่วยเสริมให้กับนักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่ต่ำได้ หรืออาจให้นักเรียนที่ผลการเรียนที่ดีอยู่แล้วมาช่วยเหลือเพื่อนได้ การพิจารณาในลักษณะนี้เป็นการพิจารณารายคน แต่หากต้องการดูว่าข้อสอบแต่ละข้อนักเรียนตอบได้มากน้อยเพียงใด หรือมีพัฒนาการต่อข้อสอบข้อนั้นอย่างไรต้องดูด้วยวิธีต่อไปนี้

(3) Single test item normalized gain หมายถึง การพิจารณาว่าจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดของข้อสอบข้อที่เรากำลังพิจารณา ในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การพิจารณาในลักษณะนี้มีข้อดีคือทำให้บอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจต่อข้อสอบข้อนั้นๆ เป็นอย่างไร ซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการเรียนการสอนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบข้อนั้นๆ ได้เป็นอย่างดี สำหรับข้อสอบชุดหนึ่งๆ โดยเฉพาะข้อสอบที่เป็น Conceptual test จะมีการแบ่งหมวดหมู่ของข้อสอบออกเป็นกลุ่มตามแนวความคิดรวบยอด (Concept) ที่ผู้สร้างแบบทดสอบได้ตั้งไว้ตั้งแต่ตอนแรก ดังนั้นจึงนิยมที่จะพิจารณาผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนต่อกลุ่มข้อสอบกลุ่มนั้น ๆ อันจะทำให้บอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจต่อแนวความคิดรวบยอดนั้นๆ เป็นอย่างไร สำหรับการพิจารณาในลักษณะนี้สามารถทำได้ด้วยวิธีที่จะได้กล่าวต่อไปนี้

(4) Conceptual dimensional normalized gain เป็นการดูว่าพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีต่อ Concept หนึ่งๆ เป็นอย่างไร

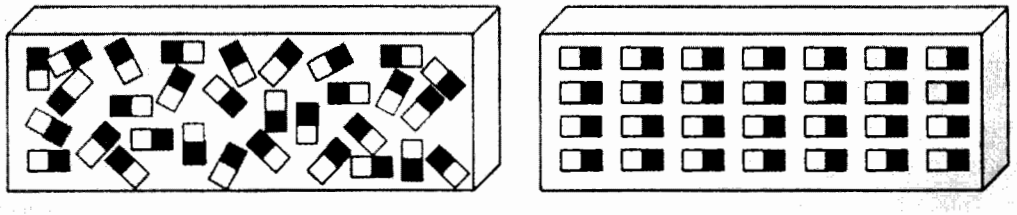
การพิจารณาผลการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะใช้ในกรณีที่ต้องการดูว่านักเรียนมีผลการเรียนหรือมีพัฒนาการต่อการเรียนในหัวข้อนั้นๆ เป็นอย่างไร เนื่องจากการสอบครั้งหนึ่งๆ จะมีการสอบรวบยอดเพื่อที่จะดูผลการเรียนที่นักเรียนสอบได้ต่อข้อสอบชุดนั้นๆ ซึ่งข้อสอบมาตรฐานทั่วไปจะมีการวัดความเข้าใจหลายๆ Concepts อยู่ในข้อสอบชุดเดียวกัน ดังนั้นหากเราดูเฉพาะคะแนนรวมไม่อาจบอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในแต่ละแนวความคิดรวบยอดนั้นมากน้อยเพียงใด จึงเป็นการดีที่เราจะดูได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจผิดในเรื่องใดมากหรือน้อย เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนได้ตรงประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจผิดกันมาก ส่วนประเด็นที่นักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่ดีอยู่แล้วเราก็สามารถนำไปพัฒนาต่อให้ดีขึ้นไปอีกได้เช่นกัน

2.3 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก (Electricity and Magnetism)

2.3.1 แม่เหล็ก (Magnet)

แม่เหล็ก (Magnet) คือ เหล็กที่มีคุณสมบัติพิเศษ สามารถดึงดูดวัตถุธาตุบางชนิดได้ เช่น เหล็ก โครเมียมแมงกานีส นิกเกิล ฯลฯ ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลของแม่เหล็ก เรียกว่า โดเมนแม่เหล็ก (magnetic domain) จะต่างจากเหล็กธรรมดา คือ ในเหล็กธรรมดาโดเมนเหล็ก จะเรียงตัวกันไม่เป็น

ระเบียบชี้ไปทุกทิศทุกทาง ดังภาพที่ 2.1 (ก) แต่ของแม่เหล็กจะเรียงตัวกันเป็นระเบียบ ยิ่งมีการเรียงตัวกันเป็นระเบียบมาก อำนาจในการดึงดูดก็จะมากด้วย ดังภาพที่ 2.1 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะโมเลกุลของเหล็กธรรมดา (ก) และโมเลกุลของแม่เหล็ก (ข)

2.3.2 ขั้วของแม่เหล็ก (Magnet Pole)

แม่เหล็กได้ถูกกำหนดทิศทางของคุณสมบัติเป็นขั้วแม่เหล็กตามการวางตัวของขั้วแม่เหล็กตามทิศในทางภูมิศาสตร์ นั่นคือ มี 2 ขั้ว ขั้วเหนือ (North Pole) นิยมเขียนย่อๆ ด้วย N และ ขั้วใต้ (South Pole) นิยมเขียนย่อๆ ด้วย S ในระหว่างขั้วของแม่เหล็กทั้งสองจะส่งแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดอำนาจแผ่กระจายออกโดยรอบเรียกว่า **"อำนาจแม่เหล็ก"** หรือ **"สนามแม่เหล็ก"** อำนาจแม่เหล็กภายในจะส่งแรงดึงดูดจากขั้วใต้ไปยังขั้วเหนือ และอำนาจแม่เหล็กที่อยู่ภายนอกแท่งแม่เหล็กจะส่งแรงดึงดูดจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้อำนาจแม่เหล็กที่ส่งแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน จะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่บริเวณปลายของขั้ว แม่เหล็กทั้งสองด้าน แต่ถ้านำเอาแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งหันขั้วที่เหมือนกันเข้าหากันแม่เหล็กทั้งสองก็จะผลักดันออกจากกัน ดังภาพที่ 2.2 (ก) แต่ถ้าหันขั้วที่ต่างกันเข้ากันแม่เหล็กทั้งสองก็จะดึงดูดเข้าหากัน ดังภาพที่ 2.2 (ข)

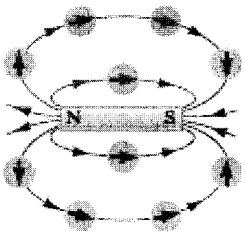
(ก) (ข)

ภาพที่ 2.2 แรงระหว่างแม่เหล็กผลักดันออกจากกัน (ก) และดึงดูดเข้าหากัน (ข)

ที่มา: Young and Freedman (2012: 884)

2.3.3 สนามแม่เหล็ก (Magnetic field)

สนามแม่เหล็ก (Magnetic field) คือ บริเวณที่อำนาจการกระทำที่เกิดจากแม่เหล็ก อำนาจการกระทำที่ส่งออกมาจากแม่เหล็กนี้มีลักษณะเป็นเวกเตอร์ มีสัญลักษณ์เป็น $\vec{B}$ โดยภายนอกแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กจะมีทิศพุ่งออกจากขั้วเหนือ (N) เข้าสู่ขั้วใต้ (S) และภายในแท่งแม่เหล็กเส้นแรงแม่เหล็กจะมีทิศพุ่งออกจากขั้วใต้ (S) เข้าสู่ขั้วเหนือ (N) ดังภาพที่ 2.3

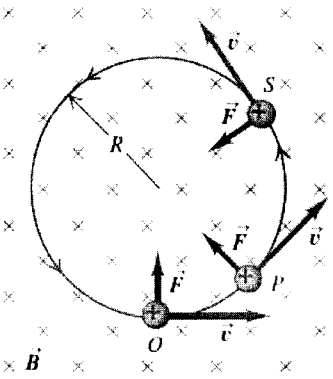


ภาพที่ 2.3 เส้นแรงแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก

ที่มา: Serway and Vuille (2010: 650)

2.3.4 แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณมีสนามแม่เหล็ก

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก ปรากฏว่าทิศทางของอนุภาคนี้จะเปลี่ยนไปจากเดิม แสดงว่ามีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้านี้ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 อนุภาคที่มีประจุ q เคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

ที่มา: Young and Freedman (2012: 893)

เมื่อ × หมายความว่า ทิศของสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ พุ่งตั้งฉากเข้าหาหน้ากระดาษ

● หมายความว่า ทิศของสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ พุ่งตั้งฉากออกจากหน้ากระดาษ

กำหนดให้อนุภาคมวล m มีประจุไฟฟ้า q เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{v}$ เข้าไปในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ปรากฏว่าเกิดแรง $\vec{F}$ กระทำต่อประจุเนื่องจากสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจหาความสัมพันธ์ได้จาก

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})\sin\theta \qquad (2.2)$$

จากการ cross vector ได้ว่า

$$F = qvB\sin\theta \qquad (2.3)$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำต่อประจุ q มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

q คือ ประจุไฟฟ้าบนอนุภาคที่เคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (C)

v คือ ความเร็วของอนุภาค มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

B คือ สนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เทสลา (T)

θ คือ มุมระหว่าง $\vec{v}$ กับ $\vec{B}$

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก อาจแบ่งแนวการเคลื่อนที่ได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1) เมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ตามทิศสนามแม่เหล็กหรือสวนทางกลับสนามแม่เหล็ก ($\theta = 0^\circ$ หรือ $\theta = 180^\circ$) จะไม่เกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนี้ ($\vec{F} = 0$) ดังภาพที่ 2.5 ทางเดินของอนุภาคเป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ ดังสมการต่อไปนี้

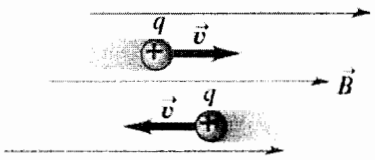
จาก $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})\sin\theta$

จะได้ว่า $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})\sin 0^\circ$ ($\sin 0^\circ = 0$)

$\therefore \vec{F} = 0$

หรือ $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})\sin 180^\circ$ ($\sin 180^\circ = 0$)

$\therefore \vec{F} = 0$



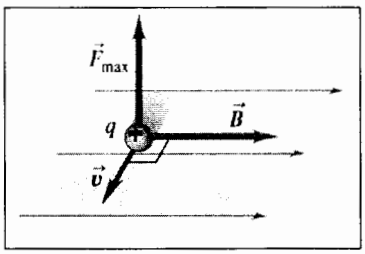
ภาพที่ 2.5 แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในทิศขนานกับสนามแม่เหล็ก
ที่มา: Young and Freedman (2012: 886)

2) เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ($\theta = 90^{\circ}$) แรงกระทำจะมีค่าสูงสุดและทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะมีทิศตั้งฉากกับกับทิศการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ดังภาพที่ 2.6 มีผลให้อนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนหนึ่งของวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่

จาก $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})\sin\theta$

จะได้ว่า $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})\sin 90^{\circ}$, เมื่อ $(\sin 90^{\circ} = 1)$

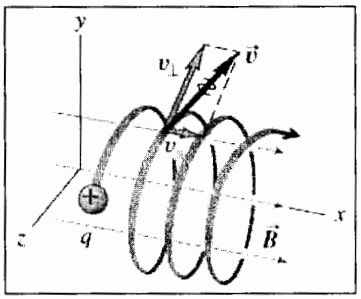
$\therefore$ $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$



ภาพที่ 2.6 แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าผ่านสนามแม่เหล็กในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก
ที่มา: Young and Freedman (2012: 886)

3) เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก จะได้ $F = qvB\sin\theta$ โดยเกิดแรงที่กระทำต่ออนุภาคมีมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุเป็นผลให้ การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุจะเป็นเกลียว ดังภาพที่ 2.7

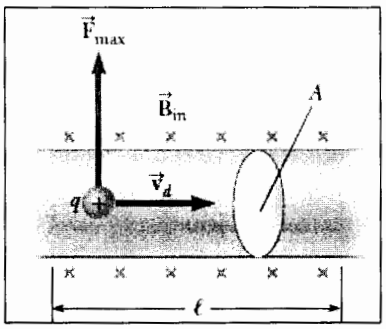
สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



ภาพที่ 2.7 แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าผ่านสนามแม่เหล็กในทิศทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก
ที่มา: Young and Freedman (2012: 893)

2.3.5 แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อวางอยู่ในบริเวณมีสนามแม่เหล็ก

จากความรู้ที่ว่า เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำกับอนุภาคนั้น และจากความรู้ที่ว่ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนอิสระด้วยความเร็วลอยเลื่อน ดังนั้น ถ้าวางเส้นลวดตัวนำในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แล้วผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเส้นลวดตัวนำนั้น ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ส่วนของเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กสนาม
ที่มา: Serway and Vuille (2010: 656)

จากภาพที่ 2.8 เมื่อนำลวด AB ยาว $\vec{l}$ วางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ โดยมีกระแสไฟฟ้าผ่านจาก A ไป B หรือมีกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จาก B ไป A ดังนั้นจึงมีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนหรือกระทำต่อลวด AB นั่นเองในทิศทางพุ่งขึ้น จะได้แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อกระแสไฟฟ้า I ในลวดตัวนำยาว $\vec{l}$ ที่วางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ มีขนาด

$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B}) \qquad (2.4)$$

ถ้ากระแสไฟฟ้า I ในลวดตัวนำยาว $\vec{l}$ วางทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ แรงแม่เหล็กมีขนาด

$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})\sin\theta \qquad (2.5)$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำนั้น มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

l คือ ความยาวของลวดตัวนำส่วนที่อยู่ในสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็น เมตร (m)

B คือ สนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เทสลา (T)

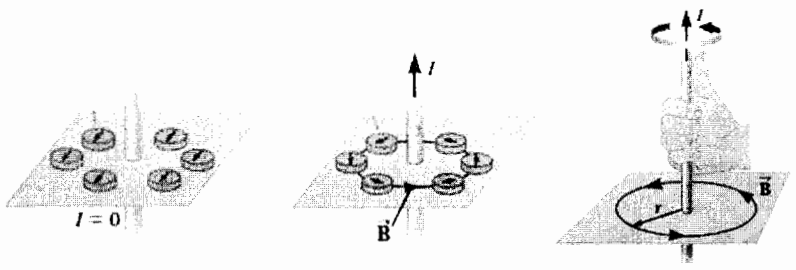
θ คือ มุมระหว่าง $\vec{l}$ กับ $\vec{B}$

2.3.6 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ

ในปี พ.ศ. 2363 Hans Christian Oersted นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์กพบว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านในลวดตัวนำ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ ลวดตัวนำนั้น ซึ่งแยกพิจารณาตามลักษณะของลวดตัวนำดังนี้

2.3.6.1 สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านในลวดตรงยาว

เมื่อนำเข็มทิศไปวางใกล้ลวดตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน พบว่า แนวเข็มทิศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากแนวเหนือ-ใต้เดิม แสดงว่ารอบๆ ลวดมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นดังภาพที่ 2.9 (ข) การหาทิศของสนามแม่เหล็กรอบลวดตรงหาได้โดยใช้กฎมือขวา ซึ่งทำได้โดยใช้มือขวากำรอบเส้นลวดตัวนำในลักษณะให้นิ้วหัวแม่มือชี้ตามทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศทางการวนของปลายทั้งสี่จะแสดงทิศของสนามแม่เหล็กรอบๆ ลวดตัวนำนั้น ดังภาพที่ 2.9 (ค)



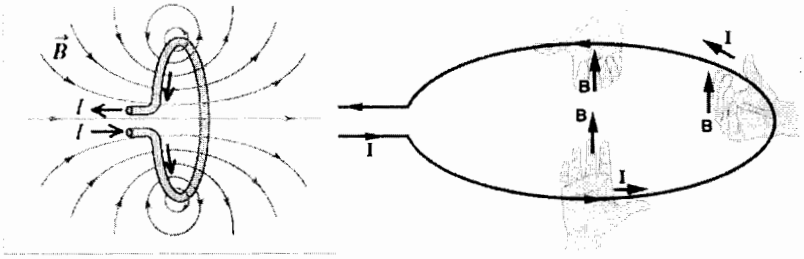
(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2.9 ลวดตรงที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (ก) ลวดตรงที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (ข) และการใช้กฎมือขวาหาทิศของสนามแม่เหล็ก (ค)

ที่มา: Serway and Vuille (2010: 664)

2.3.6.2 สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านในขดลวดวงกลม

เมื่อนำเส้นลวดมาขดเป็นวงกลม แล้วผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดนั้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก ดังภาพที่ 2.10 (ก) จากการตรวจสอบทิศของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าพบว่าเป็นไปตามกฎมือขวา โดยทิศทางของกระแสไฟฟ้าตามแนวโค้งของเส้นลวดแทนด้วยนิ้วหัวแม่มือ แล้วนิ้วทั้งสี่แทนทิศของขั้วเหนือหรือแนวเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ดังภาพที่ 2.10 (ข)



(ก) (ข)

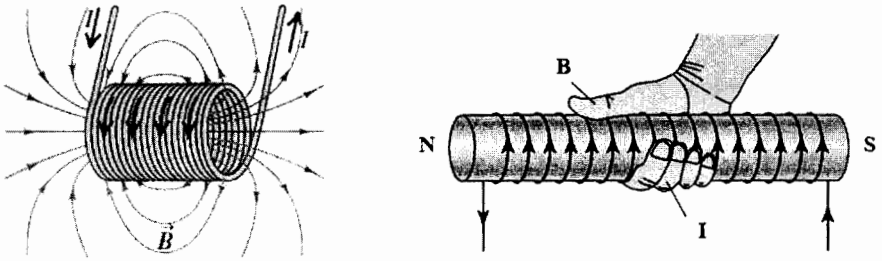
ภาพที่ 2.10 สนามแม่เหล็กของขดลวดวงกลม (ก) และการใช้กฎมือขวาหาทิศของสนามแม่เหล็ก (ข)

ที่มา: Young and Freedman (2012: 890)

2.3.6.3 สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านในโซเลนอยด์

โซเลนอยด์ คือ ลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มหรือสายไฟ เมื่อนำมาพันเป็นขดลวดวงกลมที่มีรัศมีคงตัว เรียงซ้อนกัน ที่ขดเป็นรูปร่างคล้ายสปริง ดังภาพที่ 2.11 (ก)

จากการศึกษาพบว่า เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดโซเลนอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ โซเลนอยด์ คล้ายกับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก การหาทิศสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดโซเลนอยด์ใช้กฎมือขวา โดยใช้ มือขวากำรอบลวดโซเลนอยด์โดยให้นิ้วมือทั้งสี่วนไปตามทิศของกระแสไฟฟ้าในขดลวด นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศเส้นแรงแม่เหล็กหรือชี้ไปทางขั้วเหนือที่เกิดขึ้น ดังภาพที่ 2.11 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.11 สนามแม่เหล็กขดลวดโซเลนอยด์ (ก) และการใช้กฎมือขวาหาทิศสนามแม่เหล็ก (ข)
ที่มา: Young and Freedman (2012: 890)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างชุดกิจกรรมการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้เห็นจริงและลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากยิ่งขึ้น ช่วยให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นและมีความพึงพอใจต่อการเรียนสูงขึ้น จึงจะถือว่าชุดกิจกรรมการทดลองนั้นมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของชัยยุทธ ศศิธร (2554) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง มีประสิทธิภาพ 79.08/78.30 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (75/75) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนนักเรียนกลุ่มคะแนนสูง กลุ่มคะแนนปานกลาง กลุ่มคะแนนต่ำ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูงทั้งสามกลุ่ม มีค่า <g> เท่ากับ 0.70 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้อยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับปิยะ เกียนประโคน (2554) ได้พัฒนาชุดทดลองสำหรับการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนต์แม่เหล็กคู่ควบโดยใช้ชุดทดลองแกลแวนอมิเตอร์อย่างง่าย พบว่า ชุดทดลองแกลแวนอมิเตอร์อย่างง่ายมีประสิทธิภาพ 80.47/80.83 ชุดดังกล่าวเมื่อใช้ประกอบการการเรียนรู้แล้วพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และนภัสวรรณ ลำดวน (2553) ได้พัฒนาชุดการทดลอง เรื่อง การเลี้ยวเบนของแสง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ประสิทธิภาพจากการสร้างชุดทดลองด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับ 82.30/81.20 ความก้าวหน้าทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 0.71 อยู่ในระดับ high gain และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยชุดการทดลองอยู่ในระดับมากที่สุด และมาฆะ ทองมูล (2554) ได้พัฒนาชุดทดลองอย่างง่าย เรื่อง การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อการ

เรียนเรื่องการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดอยู่ในระดับมาก คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับกลางมีค่า <g> เท่ากับ 0.42 และ Roth, W.M. (1994) ศึกษาการใช้กิจกรรมการทดลองในโรงเรียนมัธยม จากการวิจัยของ Wolff แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีส่วนร่วมในการเรียนโดยการทำกิจกรรมการทดลองจะมีประสิทธิภาพในการเรียนเพิ่มมากขึ้น เพราะการทดลองเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากได้เห็นและลงมือปฏิบัติการด้วยตนเอง

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การเรียนการสอนด้วยชุดการทดลองที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ช่วยให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นและมีความพึงพอใจต่อการเรียนสูงขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้เห็นจริงและลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากยิ่งขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

3.1 แบบแผนการวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design เป็นการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design

E	T_1	X	T_2
กลุ่มตัวอย่าง	Pre-test	จัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการสอนแบบ POE	Post-test

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

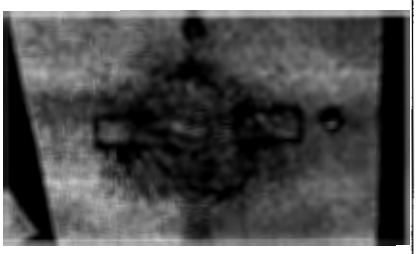
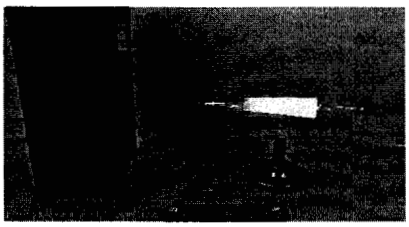
ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขลุงรัชดาภิเษก ตำบลวันยาว อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 17 โดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

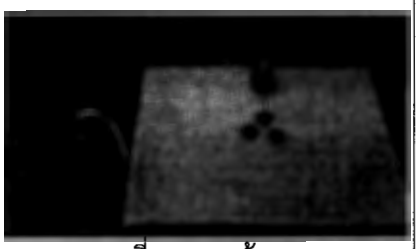
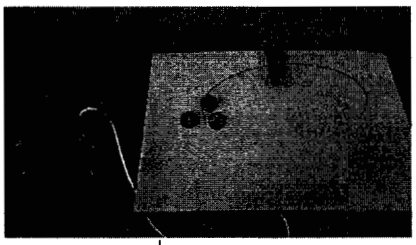
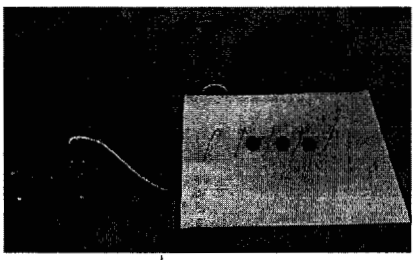
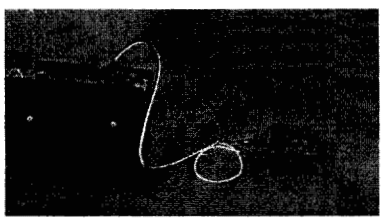
3.3.1 ชุดกิจกรรมการทดลอง

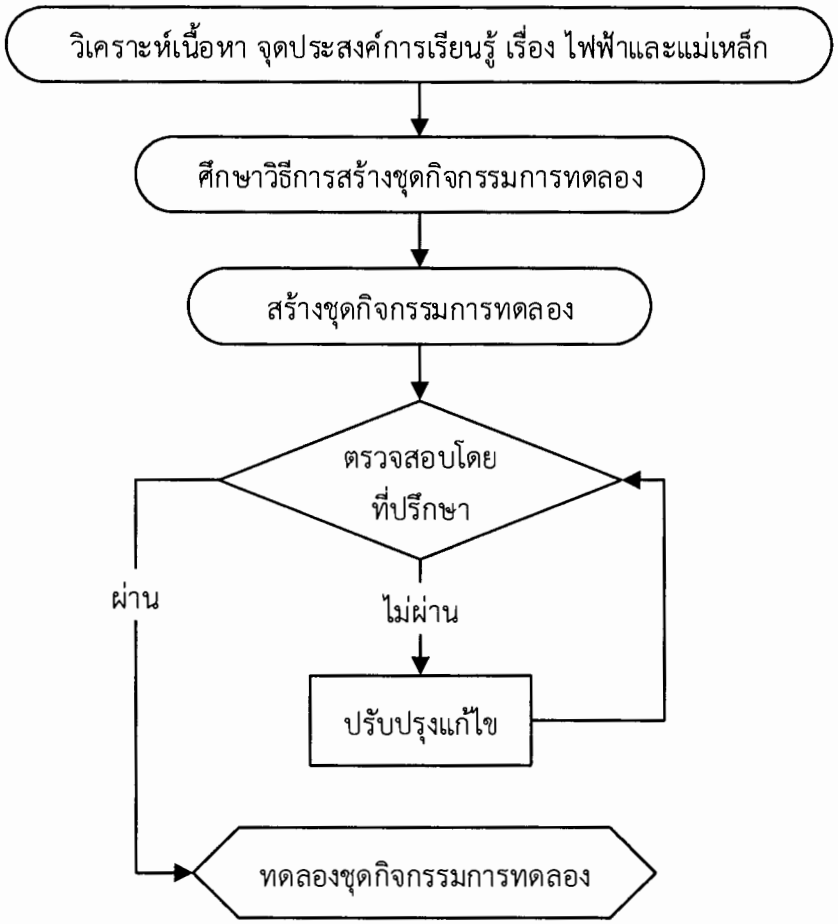
ผู้วิจัยสร้างชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก แบ่งเนื้อหาชุดกิจกรรมการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังตารางที่ 3.2 ซึ่งแต่ละชุดกิจกรรมประกอบไปด้วย จุดประสงค์ วัสดุอุปกรณ์ วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง สรุปผลทดลอง และคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้อง ความครอบคลุมของเนื้อหา และความเหมาะสมของกิจกรรมต่อเวลาที่ใช้ เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้เกิดความเหมาะสมยิ่งขึ้น จากนั้นนำไปใช้จัดการเรียนรู้ ดังภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 ชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

ชุดการทดลอง	จุดประสงค์	ภาพชุดการทดลอง
1. แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก	1. อธิบายความหมายของสนามแม่เหล็ก เส้นสนามแม่เหล็ก และจุดสะเทินได้ 2. บอกลักษณะเส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันและต่างกันได้	
2. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก	1. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็กได้	

ตารางที่ 3.2 ชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก (ต่อ)

ชุดการทดลอง	จุดประสงค์	ภาพชุดการทดลอง
3. สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	1. เพื่อศึกษาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำตรง ลวดวงกลม และโซเลนอยด์	 ตอนที่ 1 ลวดเส้นตรง  ตอนที่ 2 ลวดวงกลม  ตอนที่ 3 โซเลนอยด์
4. แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	1. เพื่อให้นักเรียนบอกได้ว่าทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ จะขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	



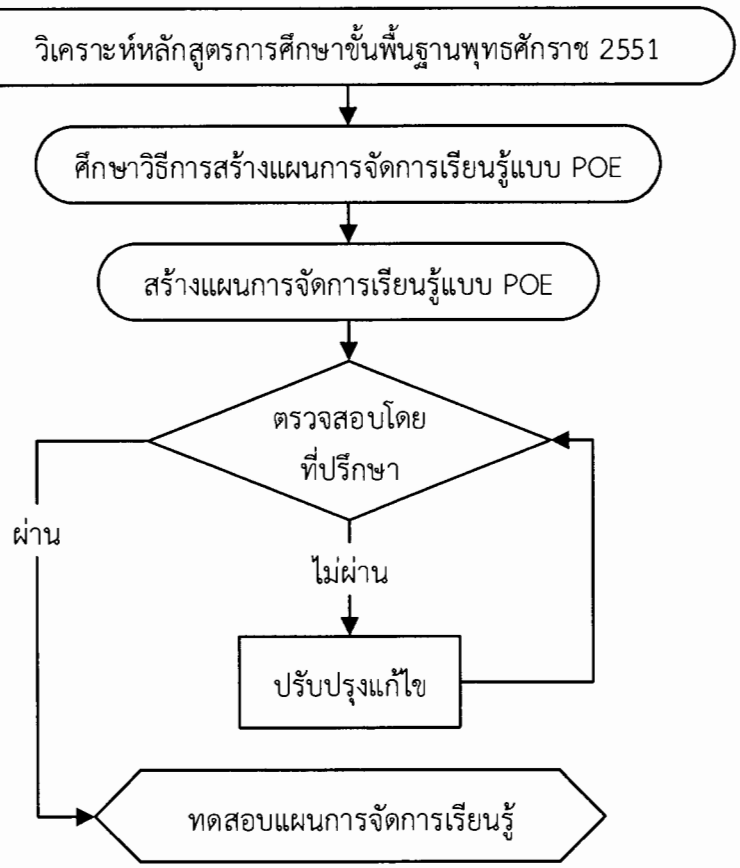
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการทดลอง

3.3.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE)

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 แผน รวม 9 ชั่วโมง ดังตารางที่ 3.3 ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นทำนาย (Predict) นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้พร้อมให้เหตุผล ขั้นสังเกต (Observe) นักเรียนทำการทดลองสังเกตการทำกิจกรรม เพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ และขั้นอธิบาย (Explain) นักเรียนอธิบายผลและวิเคราะห์ผลพร้อมเปรียบเทียบผลกับการทำนายว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องในเนื้อหา ความครอบคลุมของเนื้อหา และความเหมาะสมของกระบวนการเรียนรู้ต่อเวลาที่ใช้ เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้เกิดความเหมาะสมยิ่งขึ้น และนำไปจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง ดังภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.3 จำนวนชั่วโมงต่อแผนการจัดการเรียนรู้

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ชั่วโมง
1	แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก	2
2	การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก	2
3	สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	3
4	แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

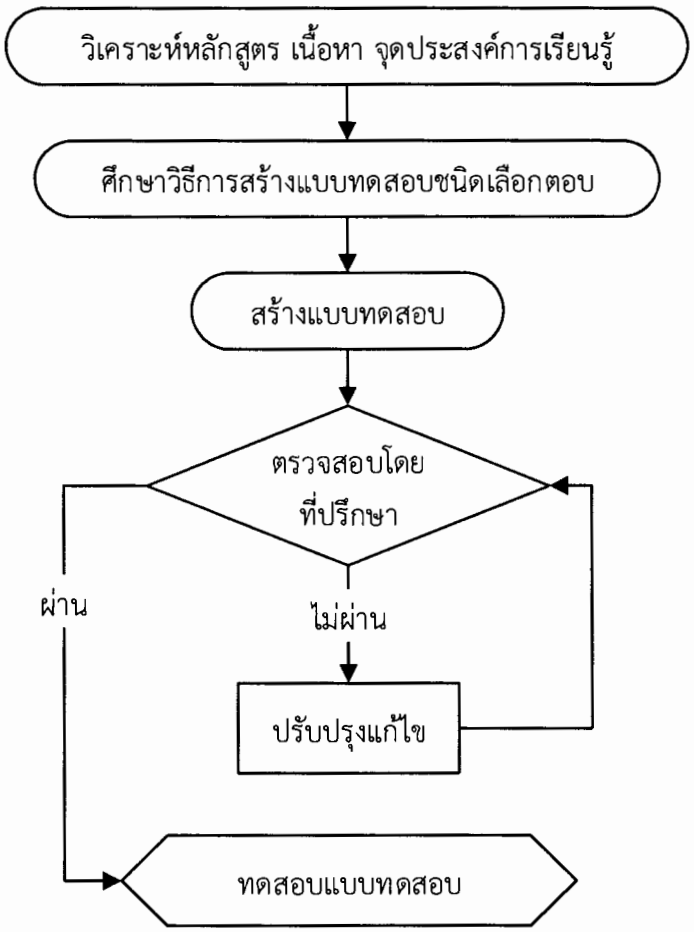
3.3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก จำนวน 20 ข้อ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.37-0.71 และค่าอำนาจจำแนก 0.21-0.72 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.81 มีจำนวนข้อสอบแต่ละรายเนื้อหา ดังตารางที่ 3.4 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้อง ความครอบคลุมของเนื้อหา เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้เกิดความเหมาะสมยิ่งขึ้น จากนั้นนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีจำนวนข้อต่อเนื้อหา ดังภาพที่ 3.3

ตารางที่ 3.4 จำนวนข้อสอบแต่ละรายเนื้อหา

ที่	เนื้อหา	ข้อที่
1	แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก	1, 2, 3, 4, 5, 6
2	การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก	7, 8, 9, 10, 11
3	สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	12, 13, 14, 15
4	แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	16, 17, 18 , 19, 20



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ทำการทดสอบก่อนเรียน (pretest) กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 20 ข้อ พร้อมตรวจและเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล

3.4.2 แบ่งนักเรียนออกเป็น 9 กลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน โดยคละความสามารถของนักเรียนให้มีเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์เทอมที่ผ่านมา

3.4.3 ดำเนินการทดลองโดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.4.3.1 ขั้นทำนายผล (Predict: P) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหากำหนด

3.4.3.2 ขั้นสังเกต (Observe: O) เป็นขั้นตอนการหาคำตอบโดยการทำการทดลองการสังเกตการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูลและวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำ ตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น

3.4.3.3 ขั้นอธิบายผล (Explain: E) เป็นขั้นตอนการอธิบายผลจากขั้นตอนการทำนายและการหาคำตอบว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

3.4.4 ทำการทดสอบหลังเรียน (posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 4 ตัวเลือก ฉบับเดียวกันกับที่สอบก่อนเรียนจำนวน 20 ข้อ

3.4.5 นำผลที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างไปทำการตรวจวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.5.1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลองโดยหาจากความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายกิจกรรมทดลองกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยคิดเป็นร้อยละแล้วนำผลมาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

3.5.2 วิเคราะห์ค่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่าทางสถิติ t-test

3.5.3 วิเคราะห์ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีผลการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

4.1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

4.1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ประเด็น คือ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) โดยคิดจากคะแนนคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) คิดจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)	40	31.31	78.29
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	20	15.23	76.14
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง (E_1/E_2) = 78.29/76.14			

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากคะแนนคำถามท้ายกิจกรรมการทดลองแต่ละชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 31.31 คิดเป็นร้อยละ 78.29 แสดงว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ชุดกิจกรรมการทดลอง มีค่าเท่ากับ 78.29 และคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 15.23 คิดเป็นร้อยละ 76.14 แสดงว่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ชุดกิจกรรมการทดลอง มีค่าเท่ากับ 76.14 ดังนั้น ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก มีค่าเท่ากับ 78.29/76.14 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ที่ตั้งไว้

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ในงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) โดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก แบบปรนัย มี 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ คิดเป็น 20 คะแนน จำนวนนักเรียน 35 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t
ก่อนเรียน	35	5.51	27.57	1.77	29.72*
หลังเรียน	35	15.23	76.14	1.40	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนเท่ากับ 5.51 คิดเป็นร้อยละ 27.57 ของคะแนนเต็ม และหลังเรียนเท่ากับ 15.23 คิดเป็นร้อยละ 76.14 ของคะแนนเต็ม เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 29.72) แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง ช่วยเพิ่มพูนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้จริง

4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

ในการวิจัยพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน 3 ด้าน โดยพิจารณาคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังนี้

4.3.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้น

พิจารณาผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นทั้งก่อนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 4.3

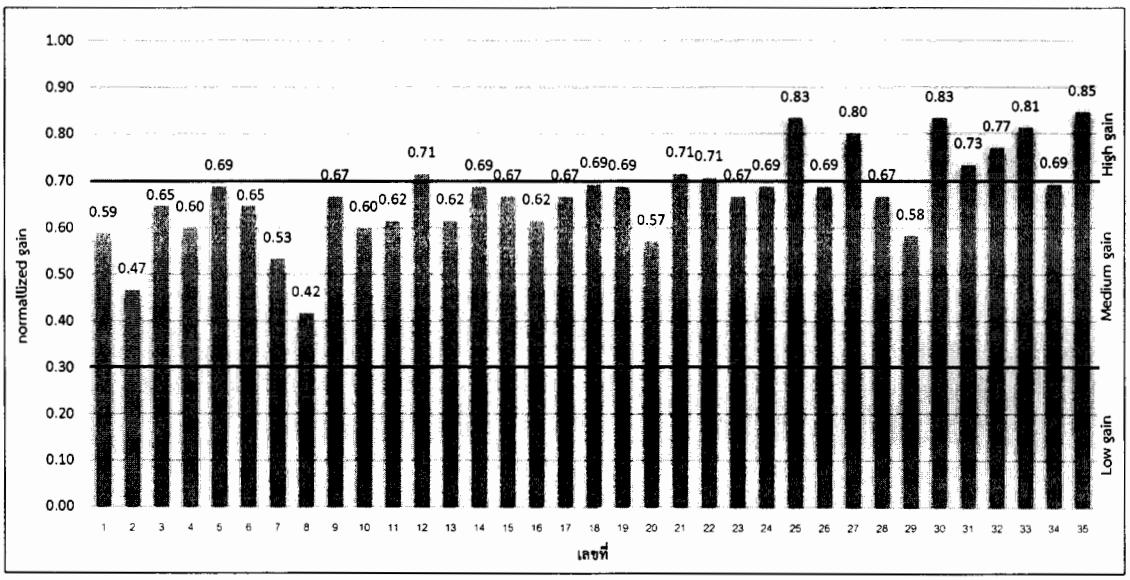
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียน

%pretest	%posttest	Actual gain (%pre-%post)	Maximum possible gain (100-%pre)	Class normalized gain <g>
27.57	76.14	48.57	72.43	0.67 (medium gain)

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) คิดเป็นร้อยละ 48.57 ผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (Maximum possible gain) คิดเป็นร้อยละ 72.43 และผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงเท่ากับ 0.67 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain)

4.3.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล

พิจารณาพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน โดยเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน ได้ผลดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล

จากภาพที่ 4.1 พิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล โดยพิจารณาจากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 71.43 และอยู่ในระดับสูง (high gain) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 28.57 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุดคือเลขที่ 35 เท่ากับ 0.85 ส่วนนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุดคือเลขที่ 8 เท่ากับ 0.42

4.3.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายเนื้อหา

พิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีต่อแนวคิดนั้นๆ โดยเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทั้ง 4 แนวคิด ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายเนื้อหา

ที่	เนื้อหา	การทดสอบ (ร้อยละ)		normalize gain <g>
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1	แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก	37.62	90.00	0.84 (high gain)
2	การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก	25.71	72.57	0.63 (medium gain)
3	สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ	32.14	75.00	0.63 (medium gain)
4	แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	13.71	64.00	0.58 (medium gain)
เฉลี่ย		**27.30**	**75.39**	**0.67 (medium gain)**

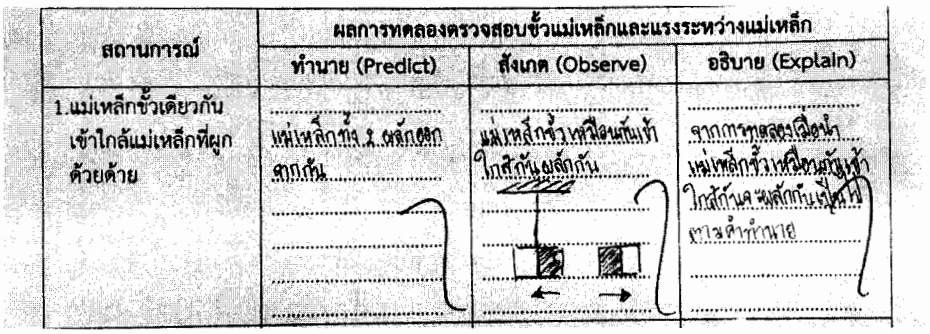
จากตารางที่ 4.4 พิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหาจากคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า เนื้อหานักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด คือ เรื่องแม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง เท่ากับ 0.84 และเนื้อหาที่นักเรียนมีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุด คือ เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 0.58 แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังมีความคลาดเคลื่อนในเรื่องแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

4.4 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE)

ในการวิจัยพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้ออกแบบชุดกิจกรรมการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

4.3.4 ชุดกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

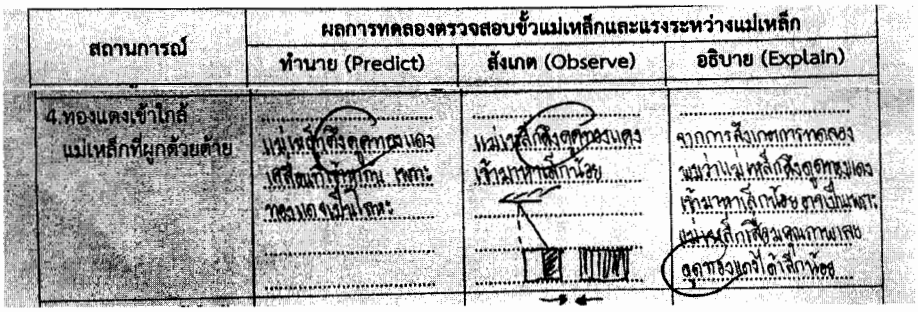
เมื่อพิจารณาผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ศึกษาขั้วแม่เหล็กและแรงระหว่างแม่เหล็ก พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่าเมื่อนำขั้วแม่เหล็กของแม่เหล็กสองแท่งเข้าใกล้กัน ขั้วชนิดเดียวกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดูดกัน และทั้งขั้วเหนือขั้วใต้จะดูดวัตถุที่เป็นสารแม่เหล็กแต่ไม่สามารถดูดวัตถุที่ไม่มีสารแม่เหล็ก ดังภาพที่ 4.2



สถานการณ์	ผลการทดลองตรวจสอบขั้วแม่เหล็กและแรงระหว่างแม่เหล็ก		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
1.แม่เหล็กขั้วเดียวกันเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย	แท่งเหล็กทั้ง 2 ผลักออกจากกัน	แม่เหล็กขั้วเหมือนกันเข้าใกล้กันแล้วผลักกัน	จากการทดลองเมื่อนำแม่เหล็กขั้วเหมือนกันเข้าใกล้กันจะผลักกันเช่นกัน ตามคำทำนาย

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างผลการทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ในกิจกรรมการทดลองที่ 1

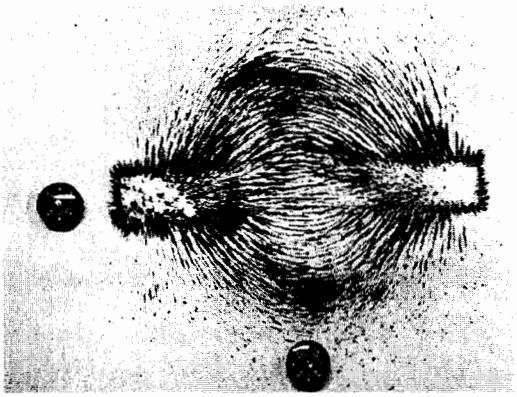
สถานการณ์ที่ 4 นำทองแดงเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย จากการพิจารณาขั้นอธิบาย (Explain) ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนได้อธิบายความแตกต่างจากขั้นสังเกต (Observe) เทียบกับขั้นทำนาย (Predict) ตอนแรก พบว่า ยังมีนักเรียนกลุ่มน้อยที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแม่เหล็กสามารถดูดทองแดงได้ จากการสอบถามนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจเรื่องดังกล่าว นักเรียนให้เหตุผลว่าแม่เหล็กสามารถดูดวัตถุทุกชนิดที่เป็นโลหะ และไม่ดูดวัตถุที่เป็นอโลหะซึ่งนักเรียนไม่ได้คำนึงถึงวัตถุนั้นต้องมีสารแม่เหล็ก ดังภาพที่ 4.3



สถานการณ์	ผลการทดลองตรวจสอบขั้วแม่เหล็กและแรงระหว่างแม่เหล็ก		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
4.ทองแดงเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย	แม่เหล็กถูกดึงดูดทองแดงเล็กน้อย เพราะทองแดงเป็นโลหะ	แม่เหล็กดึงดูดทองแดงเข้ามาหาได้เล็กน้อย	จากการสังเกตการทดลองจะเห็นว่าแม่เหล็กดึงดูดทองแดงเข้ามาหาได้เล็กน้อย เพราะแม่เหล็กมีสมบัติดึงดูดโลหะบางชนิดได้

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนในกิจกรรมการทดลองที่ 1

ตอนที่ 2 ศึกษาเส้นสนามแม่เหล็ก นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่าเมื่อวางเข็มทิศที่ตำแหน่งต่างๆ ในบริเวณรอบๆ แท่งแม่เหล็ก โดยกำหนดให้ทิศของเส้นสนามแม่เหล็กไปทางเดียวกันกับทิศขั้วเหนือของเข็มทิศชี้ไปจะได้ว่า เส้นสนามแม่เหล็กมีทิศจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก และนักเรียนสามารถบอกได้ว่าบริเวณใดมีพงตะใบเหล็กมาก บริเวณนั้นสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูง ซึ่งได้แก่ บริเวณขั้วทั้งสองของแม่เหล็ก ดังภาพที่ 4.4

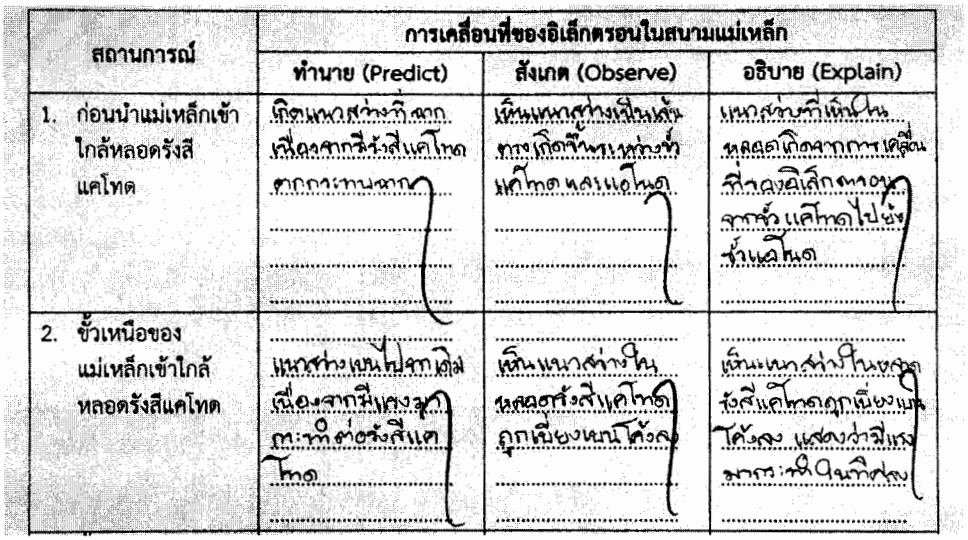


ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการทดลองของนักเรียนเรื่องเส้นสนามแม่เหล็ก

4.3.5 ชุดกิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก

เมื่อพิจารณาผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก จากการพิจารณาขั้นอธิบาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่าเมื่อนำขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าใกล้แนวสว่าง ทำให้แนวสว่างเบนไปจากแนวเดิม และถ้าสลับขั้วเป็นขั้วใต้แนวสว่างก็จะเบนเช่นกัน แต่จะเบนในทิศทางตรงข้ามกัน ดังภาพที่ 4.5 และจากการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนด้วยคำถาม “การที่ตำแหน่งของแนวสว่างเปลี่ยนไปเกิดจากอะไร” คำตอบของนักเรียนโดยส่วนใหญ่บอกว่า “มีแรงมากระทำต่อแนวสว่างซึ่งมีเป็นลำอิเล็กตรอนจึงทำให้แนวสว่างเบนไปจากเดิม

การที่ลำอิเล็กตรอนเบนโค้งลง แสดงว่ามีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศทางลง และการที่ลำอิเล็กตรอนเบนโค้งขึ้น แสดงว่ามีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศทางขึ้น”

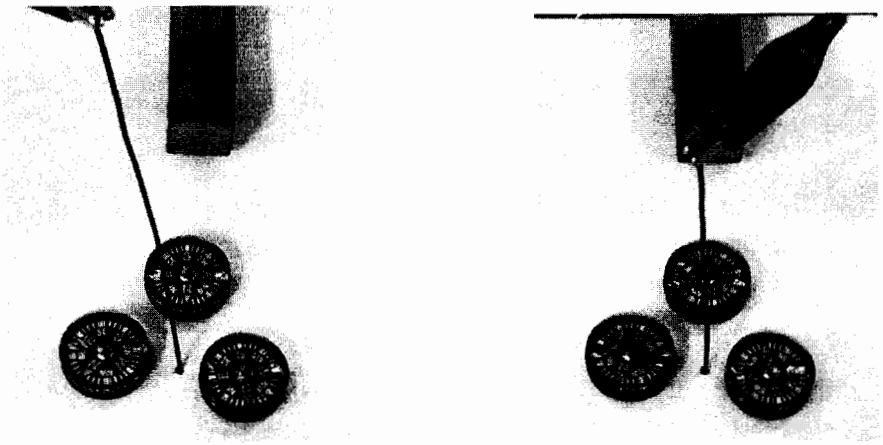


สถานการณ์	การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
1. ก่อนนำแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด	เกิดแนวลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนด	เห็นแนวลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนด	แนวลำอิเล็กตรอนที่เห็นในหลอดเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนด
2. ขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด	แนวลำอิเล็กตรอนเบนไปจากเดิมเนื่องจากมีแรงกระทำต่อรังสีแคโทด	เห็นแนวลำอิเล็กตรอนในหลอดรังสีแคโทดถูกเบี่ยงเบนโค้งลง	เห็นแนวลำอิเล็กตรอนในหลอดรังสีแคโทดถูกเบี่ยงเบนโค้งลง แสดงว่ามีแรงมากระทำในทิศลง

ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างผลการทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ในกิจกรรมการทดลองที่ 2

4.3.6 ชุดกิจกรรมการทดลองที่ 3 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ

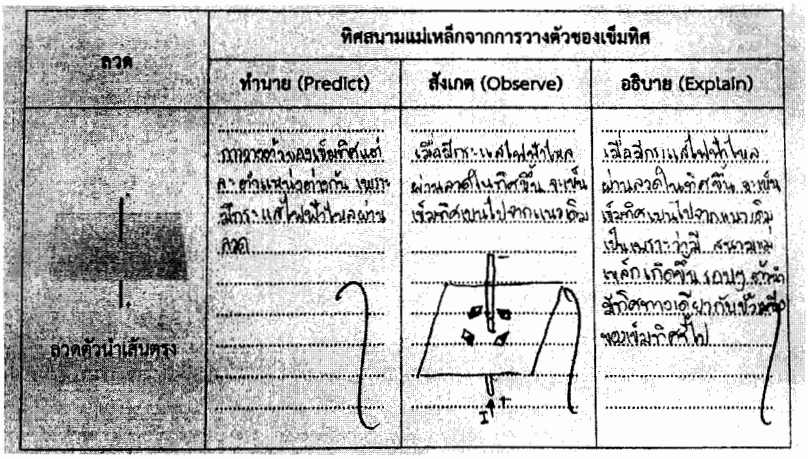
เมื่อพิจารณาผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 3 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ จากการศึกษาลวดตัวนำทั้ง 3 ชนิด คือ ลวดตัวนำตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่าเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เข็มทิศ ณ ตำแหน่งต่างๆ วางอยู่ในแนวทิศเหนือและทิศใต้ ดังภาพที่ 4.6 (ก) และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำจะเห็นเข็มทิศเบนจากแนวเดิม ดังภาพที่ 4.6 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการทดลองเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ (ก) และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ (ข)

จากการพิจารณาความเข้าใจของนักเรียนต่อทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ พบว่านักเรียนโดยส่วนใหญ่ตอบไปในทางเดียวกันคือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบๆ ตัวนำนั้น โดยทิศของสนามแม่เหล็กเป็นทิศทางเดียวกับทิศทางที่ขั้วเหนือของเข็มทิศชี้ไปซึ่งเป็นไปตามกฎมือขวา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านด้วย ดังภาพที่ 4.7 แต่ก็ยังมีนักเรียนกลุ่มน้อยที่ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการหาทิศสนามแม่เหล็กของขดลวดโซเลนอยด์จากกฎมือขวา จากการสอบถามนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจเรื่องดังกล่าว พบว่าเมื่อมีจำนวนขดลวดเพิ่มขึ้นทำให้มีความซับซ้อนต่อการพิจารณาการไหลของกระไฟฟ้า

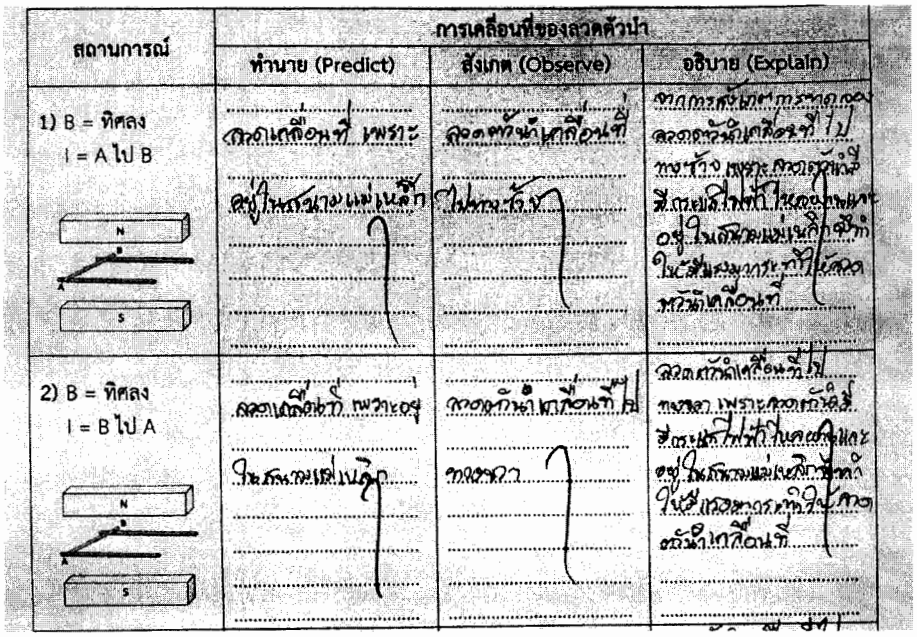


ลวด	ทิศสนามแม่เหล็กจากการวางตัวของเข็มทิศ		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
ลวดตัวนำเส้นตรง			

ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างผลการทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) ในกิจกรรมการทดลองที่ 3

4.3.7 ชุดกิจกรรมการทดลองที่ 4 เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

เมื่อพิจารณาผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 4 เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากการพิจารณาขั้นอธิบาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบไปในทางเดียวกันคือ ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ ทั้งนี้การเคลื่อนที่จะอยู่ในทิศทางใดขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังภาพที่ 4.8



สถานการณ์	การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
1) B = ทิศลง I = A ไป B N S	ลวดเคลื่อนที่ เพราะ อยู่ในสนามแม่เหล็ก	ลวดตัวนำเคลื่อนที่ ในทางซ้าย	จากการสังเกตการทดลอง ลวดตัวนำเคลื่อนที่ไปทางซ้าย เพราะลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กซึ่งทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่
2) B = ทิศลง I = B ไป A N S	ลวดเคลื่อนที่ เพราะอยู่ในสนามแม่เหล็ก	ลวดตัวนำเคลื่อนที่ ทางขวา	ลวดตัวนำเคลื่อนที่ไปทางขวา เพราะลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กซึ่งทำให้เกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำเคลื่อนที่

ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างผลการทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ในกิจกรรมการทดลองที่ 4

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งสามารถสรุปผลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75

ตอบสมมติฐาน จากการทดสอบชุดกิจกรรมการทดลอง พบว่าชุดกิจกรรมการทดลองมีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 78.29 ของคะแนนเต็ม และชุดกิจกรรมการทดลองมีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 76.14 ของคะแนนเต็ม ดังนั้น ชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.29/76.14 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ที่ตั้งไว้

สมมติฐานข้อที่ 2 ความเข้าใจทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ตอบสมมติฐาน จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 76.14 ของคะแนนเต็ม สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 27.57 ของคะแนนเต็ม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 12.72$) แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง ช่วยเพิ่มพูนความเข้าใจทางการเรียนของนักเรียนได้จริง

สมมติฐานข้อที่ 3 ความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain)

ตอบสมมติฐาน จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน (class normalized gain) อยู่ในระดับ medium gain (<<g>> = 0.67) แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง โดยภาพรวมของทั้งชั้นเรียนมีพัฒนาการขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อภิปรายผลการวิจัยดังนี้

5.2.1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง

คะแนนเฉลี่ยจากคะแนนคำถามท้ายกิจกรรมการทดลองแต่ละชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 31.31 คิดเป็นร้อยละ 78.29 แสดงว่า ชุดกิจกรรมการทดลองนี้มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 78.29 และคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 15.23 คิดเป็นร้อยละ 76.14 แสดงว่า ชุดกิจกรรมการทดลองนี้มีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 76.14 ดังนั้น ชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็กที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.29/76.14 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ที่ตั้งไว้ เป็นเพราะว่านักเรียนร่วมกันตรวจสอบคำตอบในขั้นการสังเกต ช่วยให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์จริงเกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็กได้อย่างชัดเจนสอดคล้องกับงานวิจัยของชาญชัย ทำสะอาด (2553) ได้พัฒนาอุปกรณ์สาธิตอย่างง่ายสำหรับศึกษาปรากฏการณ์ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่า อุปกรณ์สาธิตมีประสิทธิภาพ 89/81 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีความก้าวหน้าทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 0.69 อยู่ในระดับปานกลางและนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด เช่นเดียวกันกับประภัสสร บุญเถิง (2555) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง พลศาสตร์ของไหลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง พลศาสตร์ของไหล มีค่าเท่ากับ 78.33 และ 75.92 ตามลำดับ และโชคชัย แจวิจารณ์ (2553) ได้พัฒนาชุดปฏิบัติการนอกห้องเรียนเรื่อง สมบัติของคลื่น พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดปฏิบัติการนอกห้องเรียนนี้มีประสิทธิภาพ 81.23/88.80 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยการปฏิบัติการนอกห้องเรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมบัติของคลื่นของนักเรียนสูงขึ้น จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ช่วยให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นและมีความพึงพอใจต่อการเรียนสูงขึ้น

5.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลองเรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็กร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนเท่ากับ 5.51 คิดเป็นร้อยละ 27.57 ของคะแนนเต็ม และหลังเรียนเท่ากับ 15.23 คิดเป็นร้อยละ 76.14 ของคะแนนเต็ม เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 29.72$) แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) ด้วยชุดกิจกรรมการทดลอง ช่วยเพิ่มพูนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนค้นพบเหตุการณ์จริงด้วยตนเองตามชุดกิจกรรมการทดลองสอดคล้องกับศักดิ์ชาย สิงห์ทอง (2553) ใช้พัฒนาชุดปฏิบัติการร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้ร่วมกัน เรื่อง ของไหล พบว่า นักเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่อยากจะเรียนรู้มากขึ้น เพราะกิจกรรมที่ได้ทำนายผลก่อนล่วงหน้า จากนั้นนักเรียนเป็นผู้หาคำตอบโดยการทดลองแล้วมีการสรุปผลคำตอบด้วยตนเอง สอดคล้องกับ ศราวุธ นาเสงี่ยม (2554) ศึกษาการสอนแบบทำนาย สังเกต อธิบาย เพื่อความเข้าใจแนวคิด เรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง พบว่า การสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย สามารถเพิ่มความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนค้นพบเหตุการณ์ได้จริงตามกิจกรรมการทดลอง เช่นเดียวกับชลิตา ทักษิณกานนท์ (2555) ศึกษาการเพิ่มพูนความเข้าใจเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธี ทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ ทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียน และทองคูณ จันทสิงห์ (2558) ได้พัฒนาชุดการทดลองเรื่อง สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง ร่วมกับเทคนิคการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) สามารถพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนค้นพบเหตุการณ์จริงด้วยตนเองตามชุดกิจกรรมการทดลอง ช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากยิ่งขึ้น สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นและมีความพึงพอใจต่อการเรียนสูงขึ้น

5.2.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้น โดยพิจารณาได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นจากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) คิดเป็นร้อยละ 48.57 ผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (maximum possible gain) คิดเป็นร้อยละ 72.43 และผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงเท่ากับ 0.67 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้น อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากนักเรียนได้ทดสอบความรู้เดิมในขั้นทำนาย ได้ทดลองจริงตรวจสอบแนวคิดในขั้นสังเกต และได้ลงข้อสรุปจากการเปรียบผลการทดลองกับการทำนายในขั้นอธิบาย ช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของรุจิระ การิสุข (2554) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ร่วมกับการเรียนแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง เช่นเดียวกับยศธร บันเทิง (2556) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) เรื่อง ของไหลสถิต พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.73 จัดอยู่ในระดับสูง และอเนก หงษ์ทอง (2557) ได้พัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) เรื่อง แรงเสียดทาน พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 ซึ่งอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล โดยพิจารณาจากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 71.43 และอยู่ในระดับสูง จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 28.57 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุดคือเลขที่ 35 เท่ากับ 0.85 ส่วนนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุดคือเลขที่ 8 เท่ากับ 0.42 เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายแนวคิด โดยพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแบบรายแนวคิดใน 4 แนวคิด พบว่า แนวคิดที่นักเรียนมีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด คือ แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูงเท่ากับ 0.84 และแนวคิดที่นักเรียนมีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุด คือ แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 0.58 แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่เข้าใจเรื่องแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการทดลองร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE) สามารถพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเพิ่มขึ้นได้จริง เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือ

ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงขึ้นและมีความพึงพอใจต่อการเรียนสูงขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.3.1.1 ผู้สอนต้องเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองให้เพียงพอต่อกลุ่ม มีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือก่อน และควรทำการทดลองมาก่อนเพื่อจะได้ทราบปัญหาและแนวทางแก้ไข

5.3.1.2 เนื่องจากชุดกิจกรรมการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ อุปกรณ์ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ดังนั้นควรให้คำแนะนำก่อนการทดลองให้ชัดเจน และขณะที่นักเรียนกำลังศึกษาและปฏิบัติการทดลองผู้สอนต้องคอยดูแลให้คำปรึกษา

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ควรศึกษาและเปรียบเทียบผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างห้องที่สอนปกติกับห้องที่ทดลองใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง เรื่อง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE)

5.2.2.2 ควรมีการเปรียบเทียบการสอนที่ใช้ชุดการทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก กับเทคนิคการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบต่างๆ

5.2.2.3 ควรทำการศึกษาตัวแปรอื่นที่มีผลต่อการเรียน เช่น ความคงทนต่อการเรียน

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว, 2551.

น้ำค้าง จันเสริม. **ผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain: POE.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

ชาญชัย ทำสะอาด. **ได้พัฒนาอุปกรณ์สาธิตอย่างง่ายสำหรับศึกษาปรากฏการณ์ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

โชคชัย แจวิจารณ์. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาเรื่องสมบัติของคลื่นด้วยการปฏิบัติการนอกห้องเรียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

ชัยยุทธ ศศิธร. **พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

ชลิตา ทักษิณกานนท์. **การเพิ่มพูนความเข้าใจเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain: POE.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.

ทองคูณ จันทสิงห์. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้วยชุดการทดลอง เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของของแข็งร่วมกับเทคนิคการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

นัชชา แดงงาม. **ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบายร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายต่อความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

นภัสวรรณ ลำดวน. **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยชุดการทดลอง เรื่อง การเลี้ยวเบนของแสง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ประภัสสร บุญเถิง. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลศาสตร์ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.

ปิยะ เกียนประโคน. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนต์แม่เหล็กคู่ควบโดยใช้ชุดทดลองแกลแวนอมิเตอร์อย่างง่าย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

มาฆะ ทองมูล. **การเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงโดยชุดทดลองอย่างง่าย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

ยศธร บันเทิง. **การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของไหลสถิต ได้ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain: POE.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

รัตนาภรณ์ กลางมะณี. **การพัฒนาเมตาคอกนิชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แรงและความดัน โดยใช้วิธี Predict-Observe- Explain (POE).** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

รุจิระ การิสุข. **การพัฒนาความเข้าใจเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

วนิชา ประยูรพันธุ์. **รูปแบบการทำความเข้าใจบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE).** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

ศราวุธ นาเสงี่ยม. **การสอนแบบทำนาย สังเกต อธิบาย เพื่อความเข้าใจแนวคิด เรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

ศักดิ์ชาย สิงห์ทอง. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ชุดปฏิบัติการร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้ร่วมกัน เรื่อง ของไหล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. “ผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานต่อพฤติกรรมการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย”, ใน **การสัมมนาวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 3**. น.55-63. เชียงใหม่: โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว, 2551.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียน.** 2556; 4(1): 55-63.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. **การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551.

อเนก หงส์ทอง. **การพัฒนามโนมติ เรื่อง แรงเสียดทานด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.

Hake R.R. “Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses”, **American Journal of Physics.** 66(1): 64–74; Winter, 1998.

Roth, W.M. “Experimenting in a constructivist high school physics laboratory”, **Journal of research in science teaching.** 31(2): 197; February, 1994.

Serway, R. and Vuille, C. **college physics**. MA: charles hartford, 2010.

Young and Freedman, D. **university physics**. MA: addision-wesley, 2012.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

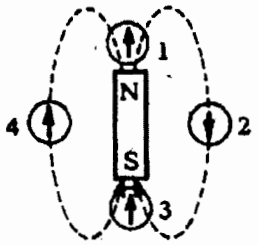
คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

---

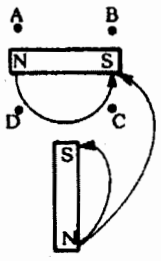
1. บริเวณใดของแท่งแม่เหล็กมีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากที่สุด
   ก. ปลายทั้งสองของแท่งแม่เหล็ก
   ข. ตรงกลางแท่งแม่เหล็ก
   ค. รอบๆ แท่งแม่เหล็ก
   ง. จากกึ่งกลางถึงปลายแต่ละข้าง

2. ข้อใดเป็นทิศของเส้นแรงแม่เหล็ก
   ก. ภายนอกพุ่งออกจากขั้วใต้ไปยังขั้วเหนือ
   ข. ภายนอกพุ่งออกจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้
   ค. ภายในพุ่งออกจากกึ่งกลางไปยังปลายทั้งสอง
   ง. ภายในพุ่งออกจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้

3. เมื่อนำเข็มทิศเล็กๆ มาวางที่ตำแหน่งหมายเลข 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งอยู่ใกล้แท่งแม่เหล็ก ดังรูป ปลายเหนือของเข็มทิศควรชี้ตามรูปใด
   ก. 1, 2 และ 3
   ข. 1 และ 3
   ค. 2 และ 4
   ง. 4 เท่านั้น

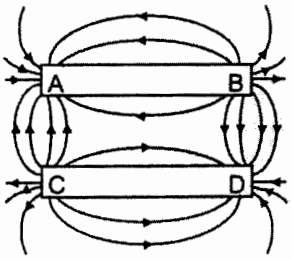


4. พิจารณาจากรูปจุดใดเป็นจุดสะเทิน
   ก. A
   ข. B
   ค. C
   ง. D



5. ขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กยาวมากแท่งหนึ่งมีฟลักซ์แม่เหล็ก 10 Wb ออกมาโดยรอบ ความเข้มของสนามแม่เหล็กบนพื้นที่ ที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านตั้งฉาก $2x10^3$ cm^2 มีค่าตามข้อใด
   ก. 0.5 เทสลา
   ข. 50.0 เทสลา
   ค. 1.5 เทสลา
   ง. 150 เทสลา

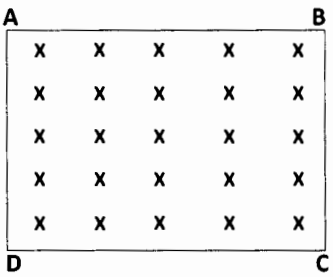
6. จากแผนภาพแสดงลักษณะของเส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กสองแท่งข้อใดบอกถึงขั้วแม่เหล็กที่ตำแหน่ง A , B , C และ D ได้ถูกต้อง



   ก. A และ C เป็นขั้วเหนือ B และ D เป็นขั้วใต้
   ข. A และ D เป็นขั้วเหนือ B และ C เป็นขั้วใต้
   ค. B และ C เป็นขั้วเหนือ A และ D เป็นขั้วใต้
   ง. B และ D เป็นขั้วเหนือ A และ C เป็นขั้วใต้

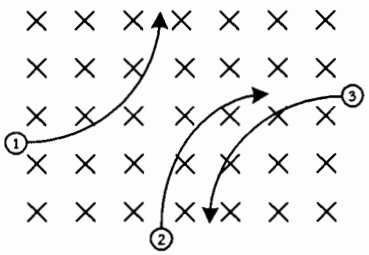
7. อนุภาคโปรตอนเคลื่อนที่เข้าไปในทิศขนานกับสนามแม่เหล็กซึ่งมีทิศพุ่งเข้ากระดาษ แนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคโปรตอนเป็นอย่างไร
   ก. วิ่งต่อไปเป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว
   ข. เบนไปทางขวา
   ค. เบนไปทางซ้าย
   ง. วิ่งต่อไปเป็นส้นตรงและถอยหลังกลับ

8. บริเวณพื้นที่สี่เหลี่ยม ABCD เป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอซึ่งมีทิศพุ่งเข้าตั้งฉากกับกระดาษดังรูป ข้อใดต่อไปนี้ที่ทำให้อนุภาคโปรตอนเคลื่อนที่เบนเข้าหาด้าน AB ได้



   ก. ยิงอนุภาคโปรตอนเข้าไปในบริเวณ จากทางด้าน AD ในทิศตั้งฉากกับเส้น AD
   ข. ยิงอนุภาคโปรตอนเข้าไปในบริเวณ จากทางด้าน BC ในทิศตั้งฉากกับเส้น BC
   ค. ยิงอนุภาคโปรตอนเข้าไปในบริเวณ จากทางด้าน AD ในทิศตั้งฉากกับเส้น AC
   ง. ยิงอนุภาคโปรตอนเข้าไปในบริเวณ จากทางด้าน DC ในทิศตั้งฉากกับเส้น DB

9. อนุภาค 1, 2 และ 3 เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดังรูป อนุภาคทั้งสามมีประจุชนิดใดตามลำดับ



ก. บวก, บวก, ลบ

ข. ลบ, ลบ, บวก

ค. บวก, ลบ, บวก

ง. ลบ, บวก, ลบ

10. อิเล็กตรอนวิ่งขนานไปกับสนามแม่เหล็ก ลักษณะการวิ่งของอิเล็กตรอนจะเป็นอย่างไร

ก. วิ่งไปทางโค้งของวงกลม

ข. วิ่งเร็วขึ้น

ค. วิ่งช้าลง

ง. วิ่งด้วยความเร็วคงที่

11. กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กที่สม่ำเสมอในแนวตั้งฉาก ขนาดของแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กบนอิเล็กตรอนแต่ละตัวขึ้นอยู่กับตัวแปรใด

ก. สนามไฟฟ้า

ข. สนามแม่เหล็ก

ค. อัตราเร็ว

ง. ทิศของความเร็ว

12. เส้นแรงแม่เหล็กบริเวณใกล้ๆ เส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะมีทิศทางอย่างไร

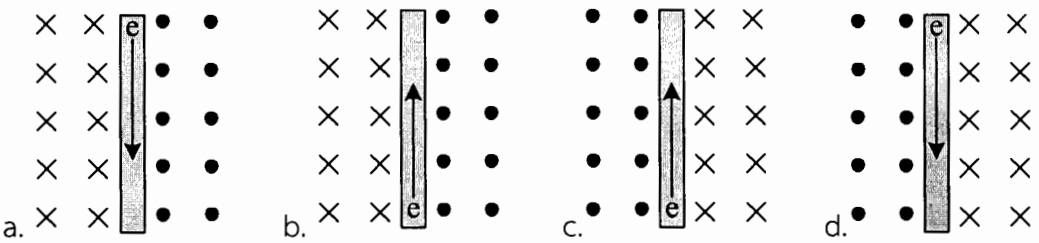
ก. ขนานกับเส้นลวด

ข. เป็นเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นลวด

ค. เป็นวงกลมมีระนาบตั้งฉากกับเส้นลวด

ง. เป็นวงกลมมีระนาบขนานกับเส้นลวด

13. จากรูปแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆ ลวดตัวนำ ที่มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่าน



ข้อใดถูกต้อง

ก. a และ d ถูก
ข. b และ c ถูก
ค. a และ c ถูก
ง. b และ d ถูก

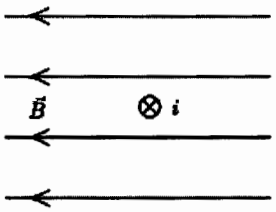
14. แรงที่กระทำบนลวดมีค่ามากที่สุด ลวดจะต้องวางตัวทำมุมกับสนามแม่เหล็กเท่าไร

ก. 0 องศา
ข. 90 องศา
ค. 180 องศา
ง. ก และ ค ถูกต้อง

15. ความสัมพันธ์ตามข้อใดไม่ได้เป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง

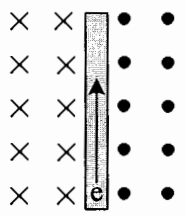
ก. นิ้วหัวแม่มือ = ทิศของแรงที่เกิด
ข. นิ้วชี้ = ทิศของกระแสไฟฟ้า
ค. นิ้วกลาง = ทิศของสนามแม่เหล็ก
ง. นิ้วหัวแม่มือ = ทิศของสนามแม่เหล็ก

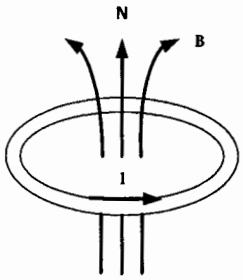
16. จากรูปข้างล่างนี้แสดงสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ B มีทิศทางไปทางซ้ายและเส้นลวดนำกระแสเข้าสู่หน้ากระดาษ แล้ว แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดจะมีทิศทางไปทางไหน

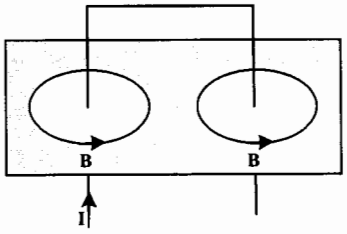


ก. ไปสู่ด้านบนของกระดาษ
ข. ไปสู่ด้านล่างของกระดาษ
ค. ไปทางซ้าย
ง. ไปทางขวา

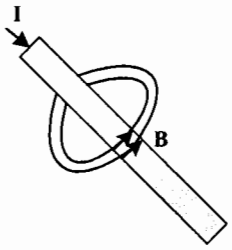
17. จากรูป เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำในลักษณะต่างๆ กัน รูปในข้อใดแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กได้อย่างถูกต้อง

ก. 

ข. 

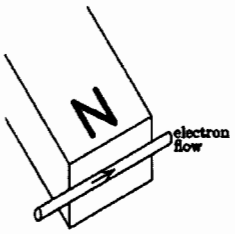


ค.



ง.

18. จากรูปข้างล่างนี้แสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในเส้นลวดซึ่งอยู่ใกล้กับขั้วเหนือของแม่เหล็ก เส้นลวดจะถูกผลักไปทางไหน



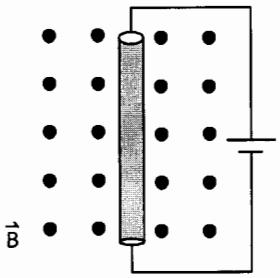
ก. เข้าหาแม่เหล็ก

ข. ออกจากแม่เหล็ก

ค. ลงข้างล่าง

ง. ขึ้นข้างบน

19. ลวดตัวนำยาว 4 เซนติเมตร วางตัวในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีขนาดสม่ำเสมอ 0.5 เทสลา และทิศทางดังรูป เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเส้นลวด 5 แอมแปร์ จงหาขนาดและทิศของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวด



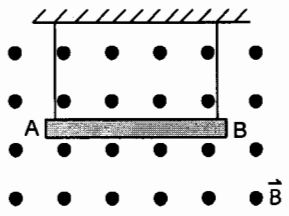
ก. 0.1 N ทิศของแรงไปทางซ้าย

ข. 10 N ทิศของแรงไปทางซ้าย

ค. 0.1 N ทิศของแรงไปทางขวา

ง. 10 N ทิศของแรงไปทางขวา

20. ลวด AB ยาว 10 เซนติเมตร มวล 0.5 กิโลกรัม ถูกแขวนในแนวดิ่ง ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดจาก A ไป B ขนาด 5 แอมแปร์ ในสนามแม่เหล็ก 6 เทสลา แรงดึงเชือกแต่ละเส้นเป็นเท่าไร



ก. 2 N

ข. 4 N

ค. 8 N

ง. 12 N

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

ข้อที่	เฉลย
1	ก
2	ข
3	ก
4	ค
5	ข
6	ค
7	ก
8	ก
9	ค
10	ง
11	ข
12	ค
13	ง
14	ข
15	ง
16	ก
17	ข
18	ง
19	ก
20	ข

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 : เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

รายวิชา ฟิสิกส์ 4 (ว 33204) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก **เวลา 2 ชั่วโมง**

ผู้สอน นายธีรวัฒน์ ดวงสิน **วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

2. สาระสำคัญ

แม่เหล็ก (Magnet) คือ วัตถุที่สามารถดูดสารแม่เหล็กบางชนิดได้ แม่เหล็กเป็นสารประกอบของเหล็กและออกซิเจน ซึ่งมีแรงกระทำระหว่างขั้วแม่เหล็ก มี 2 แบบ คือ แรงดูดกัน เกิดจากการนำขั้วแม่เหล็กต่างชนิดกันมาวางใกล้กัน และแรงผลักกัน เกิดจากการนำขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันมาวางใกล้กัน ส่วนบริเวณที่แท่งแม่เหล็กส่งอำนาจการดึงดูดไปถึง เรียกว่า **สนามแม่เหล็ก** (Magnetic Field) เส้นสมมติเสมือนว่าแท่งแม่เหล็กส่งอำนาจการ เรียกว่า **เส้นแรงแม่เหล็ก** (Magnetic Lines of Force) มีลักษณะดังนี้ ภายนอกแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กจะมีทิศพุ่งออกจากขั้วเหนือ (N) เข้าสู่ขั้วใต้ (S) ส่วนภายในแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กจะมีทิศพุ่งออกจากขั้วใต้ (S) เข้าสู่ขั้วเหนือ (N)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) บอกความหมายของแม่เหล็ก สารแม่เหล็ก ขั้วแม่เหล็ก และแรงระหว่างขั้วแม่เหล็ก
2) อธิบายความหมายของสนามแม่เหล็ก เส้นสนามแม่เหล็ก และจุดสะเทินได้
3) บอกลักษณะเส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันและต่างกันได้

4. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ตามกระบวนการ POE)

4.1. ขั้นทำนาย (Predict: P) (30 นาที)

1) ก่อนนำเข้าสู่บทเรียน ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน
2) นำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้
    a. นำแท่งแม่เหล็กที่ไม่ระบุขั้ว แท่งเหล็ก ทองแดง ไม้ และแผ่นอัลคาลิก ให้นักเรียนดู แล้วถามนักเรียนว่าสิ่งใดเป็นแม่เหล็ก ทราบได้อย่างไร
    b. นักเรียนจะมีวิธีทดสอบอย่างไรว่า แม่เหล็กมีขั้วหรือไม่ และเป็นขั้วชนิดใด

c. แม่เหล็กที่แขวนไว้จะมีการวางตัวอย่างไร เพราะเหตุใด

3) ครูนำเสนอสถานการณ์ จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำนายผลลงในใบกิจกรรมการทดลองที่ 1

4) นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายผลการทำนายหน้าชั้นเรียน

4.2. ขั้นสังเกต (Observe: O) (50 นาที)

1) แจกอุปกรณ์การทดลอง พร้อมกับให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจวิธีการทดลอง

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามใบกิจกรรมการทดลองที่ 1 พร้อมกับบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ

4.3. ขั้นอธิบาย (Explain: E) (40 นาที)

1) นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันเปรียบเทียบผลการทดลองและผลการทำนายของกลุ่มตนเองว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

2) นักเรียนและครูร่วมกันอธิบายจนได้ข้อสรุป ดังนี้

a. แม่เหล็กมี 2 ขั้ว คือ ขั้วเหนือ (north pole “N”) และขั้วใต้ (south pole “S”)

b. แรงกระทำระหว่างขั้วแม่เหล็กมี 2 แรง คือ แรงดูดกับแรงผลัก

c. ภายนอกแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กจะมีทิศพุ่งออกจากขั้วเหนือ (N) เข้าสู่ขั้วใต้ (S) และภายในแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กจะมีทิศพุ่งออกจากขั้วใต้ (S) เข้าสู่ขั้วเหนือ (N)

3) นักเรียนตอบคำถามลงในใบงานที่ 1

5. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้

1) ใบกิจกรรมการทดลองที่ 1

2) ใบงานที่ 1

3) ด้ายเย็บผ้า

4) แม่เหล็ก

5) เหล็ก

6) ทองแดง

7) ไม้

8) อัลคาลิก

9) ผงตะไบเหล็ก

10) เข็มทิศ

6. การวัดผลประเมินผล

รายการวัดผลและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์ผ่าน
1. การวัดผลคุณธรรม จิตพิสัย	สังเกตพฤติกรรมนักเรียน	-
2. การประเมินผลจากสภาพจริง	ตรวจใบกิจกรรมการทดลองที่ 1 ตรวจใบงานที่ 1	ร้อยละ 50 ขึ้นไป
3. การวัดผลหลังเรียน	แบบทดสอบหลังเรียน	ร้อยละ 50 ขึ้นไป

7. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

7.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายธีรวัฒน์ ดวงสิน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

กิจกรรมการทดลองที่ 1

เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

ชื่อกลุ่ม.....

1. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....

ทดลอง วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของแม่เหล็ก สารแม่เหล็ก ขั้วแม่เหล็ก และแรงระหว่างขั้วแม่เหล็ก
2. อธิบายความหมายของสนามแม่เหล็ก เส้นสนามแม่เหล็ก และจุดสะเทินได้
3. บอกลักษณะเส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันและต่างกันได้

วัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม(5 คน)
1.	ด้ายเย็บผ้า	50 cm
2.	แม่เหล็ก	2 แท่ง
3.	เหล็ก	1 แท่ง
4.	ทองแดง	1 แท่ง
5.	ไม้	1 แท่ง
6.	อัลคาลิก	1 แผ่น
7.	ผงตะไบเหล็ก	10 g
8.	เข็มทิศ	1 อัน

ตอนที่ 1 แม่เหล็ก

วิธีการทดลอง

1. นำแม่เหล็ก 1 แท่ง ผูกด้วยด้ายแล้วแขวนแม่เหล็กให้วางตัวในแนวราบ
2. นำแม่เหล็กที่เหลืออีก 1 แท่ง ใช้ขั้วเดียวกันและสลับเป็นขั้วต่างกันเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย
3. ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2 โดยใช้วัสดุอีก 3 ชนิด คือ เหล็ก ทองแดง และไม้ พร้อมบันทึกผลการสังเกตลงในตารางที่ 1

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองตรวจสอบขั้วแม่เหล็กและแรงระหว่างแม่เหล็ก

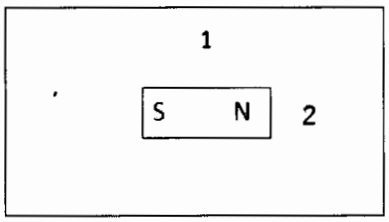
สถานการณ์	ผลการทดลองตรวจสอบขั้วแม่เหล็กและแรงระหว่างแม่เหล็ก		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
1. แม่เหล็กขั้วเดียวกันเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย	.....	.....	.....
2. แม่เหล็กต่างขั้วกันเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย	.....	.....	.....
3. เหล็กเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย	.....	.....	.....
4. ทองแดงเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย	.....	.....	.....

สถานการณ์	ผลการทดลองตรวจสอบขั้วแม่เหล็กและแรงระหว่างแม่เหล็ก		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
5. แผ่นอัลคาลิกเข้าใกล้แม่เหล็กที่ผูกด้วยด้าย	....	....	....

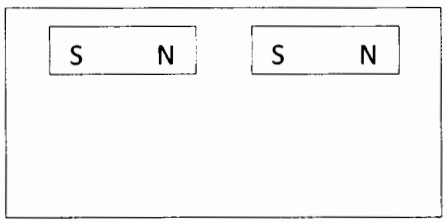
ตอนที่ 2 สนามแม่เหล็ก

วิธีการทดลอง

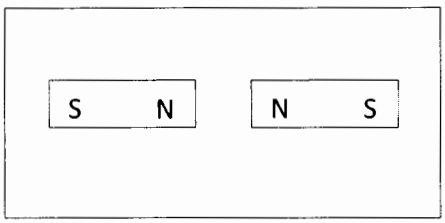
สถานการณ์ที่ 1 นำแผ่นใสวางทับบนแม่เหล็ก 1 แท่ง ดังรูป โรยผงเหล็กบนแผ่นใส นำเข็มทิศวางตำแหน่งที่ 1 และ 2 สงเกตผลที่เกิดขึ้นแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



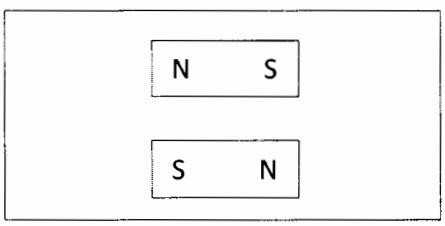
สถานการณ์ที่ 2 นำแผ่นใสวางทับบนแม่เหล็ก 2 แท่ง ดังรูป โรยผงเหล็กบนแผ่นใส สงเกตผลที่เกิดขึ้นแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



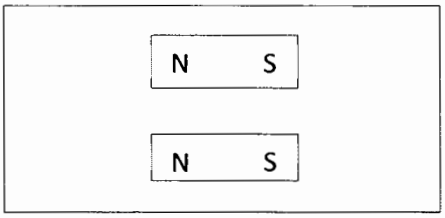
สถานการณ์ที่ 3 นำแผ่นใสวางทับบนแม่เหล็ก 2 แท่ง ดังรูป โรยผงเหล็กบนแผ่นใส สงเกตผลที่เกิดขึ้นแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



สถานการณ์ที่ 4 นำแผ่นใสวางทับบนแม่เหล็ก 2 แท่ง ดังรูป โรยผงเหล็กบนแผ่นใส สงเกตผลที่เกิดขึ้นแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



สถานการณ์ที่ 5 นำแผ่นใสวางทับบนแม่เหล็ก 2 แท่ง ดังรูป โรยผงเหล็กบนแผ่นใส สงเกตผลที่เกิดขึ้น แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะเส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันและต่างกัน

สถานการณ์ที่	เส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็ก		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
1	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....
3	.....	.....	.....

สถานการณ์ที่	เส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็ก		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
4	.....	.....	.....
5	.....	.....	.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เมื่อนำแม่เหล็กผูกด้วยด้ายแล้วแขวนแม่เหล็กให้วางตัวในแนวราบ แม่เหล็กจะมีการวางตัวอย่างไร เพราะเหตุใด.....

2. แท่งโลหะกับแท่งแม่เหล็กที่มีรูปทรงเหมือนกันทุกประการ จะทราบอย่างไรว่าแท่งใดเป็นแม่เหล็ก

3. แม่เหล็กมีกี่ขั้ว อะไรบ้าง.....

4. แรงระหว่างแม่เหล็กมีกี่แรง อะไรบ้าง.....

5. สนามแม่เหล็กคืออะไร.....

6. บริเวณใดมีอำนาจแม่เหล็กมากที่สุด สังเกตได้จากอะไร.....

.....

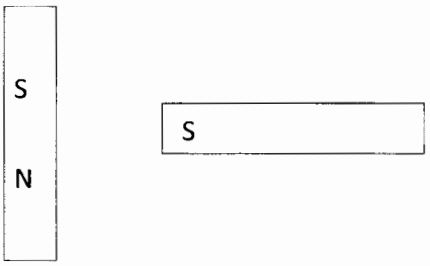
7. สนามแม่เหล็กโลกวางตัวอย่างไร และมีหน้าที่อย่างไร.....

.....

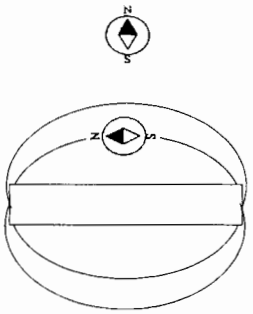
8. จุดสะเทินคืออะไร.....

.....

9. จากรูป จงเขียนเส้นสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ที่เหมือนกันทุกประการและวางทำมุมฉากกัน



10. เข็มทิศปกติซึ่งวางตัวอยู่นอกสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กจะวางตัวดังรูปบน แต่เมื่อนำเข็มทิศไปวางในสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กแนวการวางตัวของเข็มทิศเป็นดังรูปล่าง ให้เขียนขนิดของขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก แล้วใส่ลูกศรกำหนดทิศทางของเส้นสนามแม่เหล็กในรูปให้สมบูรณ์



ใบงานที่ 1

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 4 รหัสวิชา ว 33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....ชั้น ม.6 /..... คะแนนที่ได้.....

---

1. ถ้ามีแท่งแม่เหล็กอันหนึ่งเราจะมีวิธีทดสอบอย่างไรว่าขั้วใดเป็นขั้วเหนือ ขั้วใดเป็นขั้วใต้ จงอธิบาย

.....

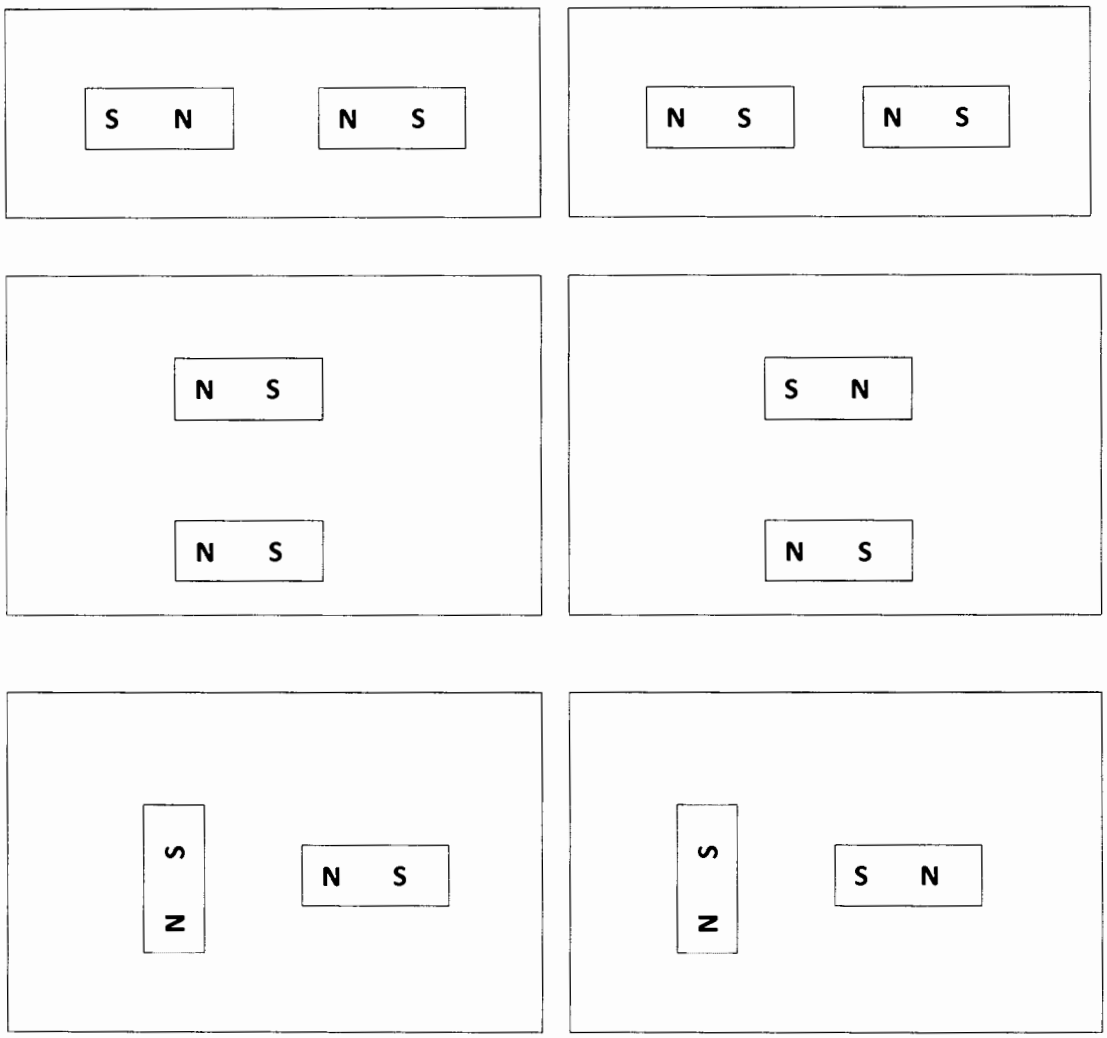
.....

.....

.....

.....

2. จากรูป ให้นักเรียนวาดเส้นแรงแม่เหล็กและกำหนดจุดสะเทินที่เกิดขึ้น



3. จากการวัดฟลักซ์แม่เหล็กที่ตกกระทบพื้นที่ 4 ตารางเมตร ในแนวตั้งฉากได้ 20 เวเบอร์ อยากทราบว่าสนามแม่เหล็กบนพื้นที่นี้มีค่ากี่เทสลา

วิเคราะห์โจทย์.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. มีสนามแม่เหล็กขนาด 4×10^{-2} เทสลา พุ่งลงบนโต๊ะสี่เหลี่ยมกว้าง 50 ซม. ยาว 60 ซม. ในแนวทำมุม 60° กับแนวดิ่ง จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านโต๊ะตัวนี้มีค่าเท่าใด

วิเคราะห์โจทย์.....

.....

.....

.....

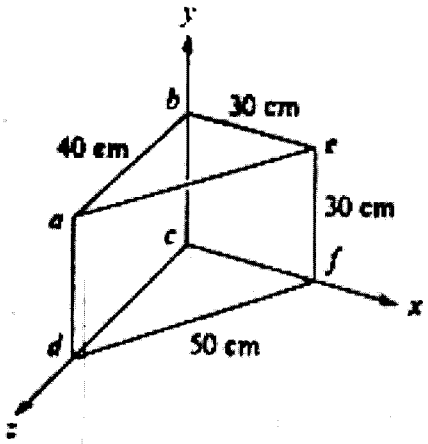
.....

.....

.....

5. กล่องอันหนึ่งวางในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 2 T มีทิศตามแกน x ดังรูป จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผิว a) abcd b) aefd

วิเคราะห์โจทย์.....



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 : เรื่อง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก

รายวิชา ฟิสิกส์ 4 (ว 33204) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก **เวลา 2 ชั่วโมง**

ผู้สอน นายธีรวัฒน์ ดวงสิน **วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

2. สาระสำคัญ

เมื่ออิเล็กตรอนซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ เคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีทิศพุ่งเข้าและตั้งฉากกับกระดาษ แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเบนโค้งลง แสดงว่ามีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศลง เมื่อกลับทิศของสนามแม่เหล็กแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเบนโค้งขึ้น แสดงว่ามีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศขึ้น แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เรียกว่า **แรงแม่เหล็ก** ในการหาทิศของแรงที่กระทำต่ออิเล็กตรอนซึ่งเป็นอนุภาคประจุไฟฟ้าลบ ใช้มือขวา โดยหันนิ้วทั้งสี่ไปทางทิศของความเร็ว วนนิ้วทั้งสี่ไปหาสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปทางทิศตรงข้ามกับทิศของแรง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็กได้

4. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ตามกระบวนการ POE)

4.1. ขั้นทำนาย (Predict: P) (30 นาที)

1) ก่อนนำเข้าสู่บทเรียน ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน
2) นำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้
   a. ครูให้นักเรียนทบทวนความรู้เกี่ยวกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้าจะเกิดแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคนั้น แต่ถ้าอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้านั้นเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็กแทนที่จะเป็นสนามไฟฟ้า จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นหรือไม่

3) ครูนำเสนอสถานการณ์ จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำนายผลลงในใบกิจกรรมการทดลองที่ 2
4) นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายผลการทำนายหน้าชั้นเรียน

4.2. ขั้นสังเกต (Observe: O) (50 นาที)

1) แจกอุปกรณ์การทดลอง พร้อมกับให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจวิธีการทดลอง
2) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามใบกิจกรรมการทดลองที่ 2 พร้อมกับบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ

4.3. ขั้นอธิบาย (Explain: E) (40 นาที)

1) นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันเปรียบเทียบผลการทดลองและผลการทำนายของกลุ่มตนเองว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
2) นักเรียนและครูร่วมกันอธิบายจนได้ข้อสรุป ดังนี้
    a. การที่ตำแหน่งของแนวสว่างที่เปลี่ยนไป เนื่องจากมีแรงกระทำต่อลำอิเล็กตรอน จึงทำให้ลำอิเล็กตรอนเบนไปจากเดิม โดยแรงนี้เกิดจากสนามแม่เหล็ก เรียกว่า แรงแม่เหล็ก การที่ลำอิเล็กตรอนเบนโค้งลง แสดงว่ามีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศทางลง และการที่การที่ลำอิเล็กตรอนเบนโค้งขึ้น แสดงว่ามีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศทางขึ้น
    b. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุ หาได้จากสมการ $F = qvB$ โดยทิศทางของแรงหาได้จากกฎมือขวา
3) นักเรียนตอบคำถามใบงานที่ 2

5. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้

1) ใบกิจกรรมการทดลองที่ 2
2) ใบงานที่ 2
3) หลอดรังสีแคโทด
4) แหล่งจ่ายไฟ
5) สายไฟ
6) แม่เหล็ก

6. การวัดผลประเมินผล

รายการวัดผลและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์ผ่าน
1. การวัดผลคุณธรรม จิตพิสัย	สังเกตพฤติกรรมนักเรียน	-
2. การประเมินผลจากสภาพจริง	ตรวจใบกิจกรรมการทดลองที่ 2 ตรวจใบงานที่ 2	ร้อยละ 50 ขึ้นไป
3. การวัดผลหลังเรียน	แบบทดสอบหลังเรียน	ร้อยละ 50 ขึ้นไป

7. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

7.1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

7.2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

7.3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายธีรวัฒน์ ดวงสิน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

กิจกรรมการทดลองที่ 2

เรื่อง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก

ชื่อกลุ่ม.....

1. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....

ทดลอง วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

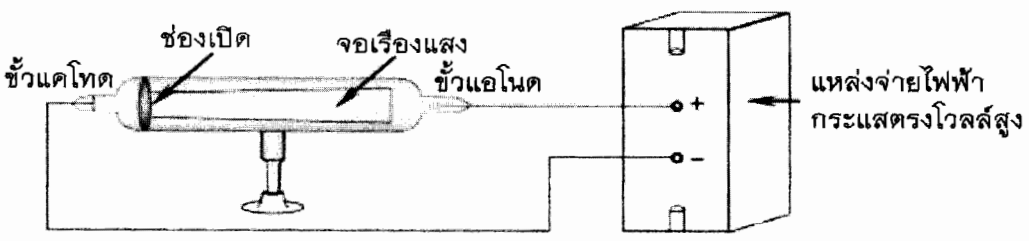
1. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็กได้

วัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม(5 คน)
1.	หลอดรังสีแคโทด	1 หลอด
2.	แหล่งจ่ายไฟ	1 เครื่อง
3.	สายไฟ	2 เส้น
4.	แม่เหล็ก	1 แท่ง

วิธีการทดลอง

1. ต่อขั้วแอโนดและขั้วแคโทดของหลอดรังสีแคโทดเข้ากับขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงและขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง ดังรูป สังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น



2. นำขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด จากนั้นสลับขั้วของแม่เหล็กโดยนำขั้วใต้ของแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด สังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้ง 2 เหตุการณ์ พร้อมบันทึกผลการสังเกตลงในตารางที่ 1

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก

สถานการณ์	การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
1. ก่อนนำแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด	.....	.....	.....
2. ขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด	.....	.....	.....
3. ขั้วใต้ของแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด	.....	.....	.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การที่ตำแหน่งแนวสว่างเปลี่ยนไปเกิดจาดจากอะไร

.....

.....

2. ทิศของแรงที่กระทำต่ออิเล็คตรอนขึ้นกับทิศของสนามแม่เหล็กหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

3. ทิศทางของความเร็วและทิศทางของสนามแม่เหล็กมีผลต่อแรงที่กระทำต่ออนุภาคหรือไม่

.....

.....

4. อนุภาคที่ไม่มีประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กแล้วแนวการเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไร

.....

.....

5. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเมื่ออยู่นิ่งในสนามแม่เหล็กแล้วการเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไร

.....

.....

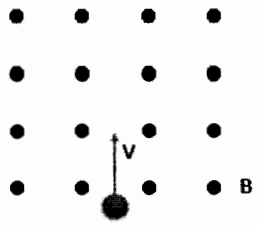
ใบงานที่ 2

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 4 รหัสวิชา ว 33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

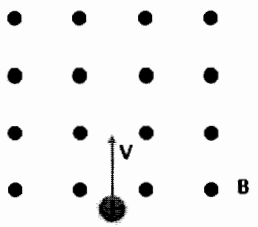
ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....ชั้น ม.6 /..... คะแนนที่ได้.....

---

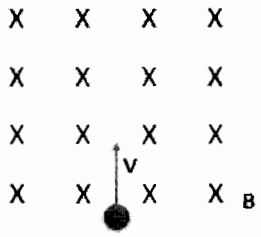
1. จากรูป อนุภาคประจุจะมีแรงกระทำหรือไม่ ในทิศทางใด



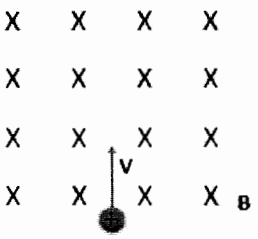
(a)



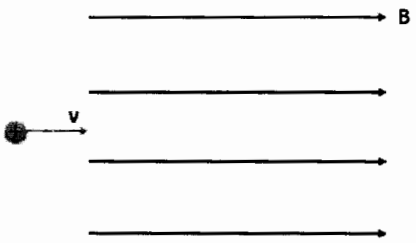
(b)



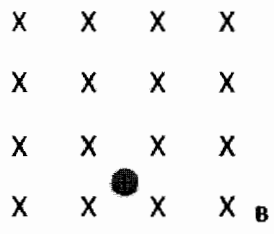
(c)



(d)



(e)



(f)

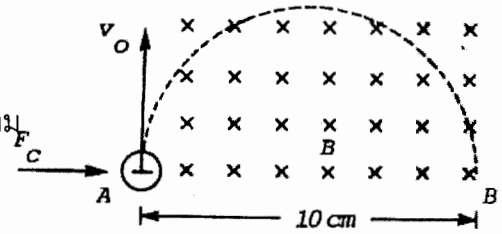
2. อิเล็กตรอนวิ่งด้วยความเร็ว 10^6 m/s ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 10^{-2} T **จงหา**
   a) แรงที่สนามแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอน
   b) รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน
   c) คาบเวลาการเคลื่อนที่ครบรอบอิเล็กตรอน
   d) ความถี่ของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน
   e) อัตราเร็วเชิงมุม

วิเคราะห์โจทย์

3. อิเล็กตรอนที่จุด A มีความเร็ว $V_0 = 10^7$ m/s **จงหา**

   a) ขนาดและทิศทางของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ จาก A ไป B ตามทางโค้งรูปวงกลม

   b) เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จาก A ไป B



วิเคราะห์โจทย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 : เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ

รายวิชา ฟิสิกส์ 4 (ว 33204) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก **เวลา 3 ชั่วโมง**

ผู้สอน นายธีรวัฒน์ ดวงสิน **วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

2. สาระสำคัญ

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำในลักษณะดังนี้

กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรง จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ หาทิศทางของสนามแม่เหล็กได้จากกฎมือขวาโดยกำมือรอบลวดตัวนำตรง และให้นิ้วหัวแม่มือชี้ไปทางทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่จะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก

กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำวงกลมและโซเลนอยด์ จะเกิดสนามแม่เหล็กที่มีลักษณะคล้ายกับสนามของแท่งแม่เหล็ก การหาทิศทางใช้กฎมือขวาโดยกำมือให้นิ้วทั้งสี่ชี้ทิศของกระแสไฟฟ้าและนิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) เพื่อศึกษาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำตรง ลวดวงกลมและโซเลนอยด์

4. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ตามกระบวนการ POE)

4.1. ขั้นทำนาย (Predict: P) (40 นาที)

1) ก่อนนำเข้าสู่บทเรียน ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน
2) นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการทบทวนความรู้เรื่องกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ขณะมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ เมื่อนำลวดตัวนำมาพันตะปู โดยตั้งคำถามว่า
   a. เหตุใดตะปูจึงดึงดูดลวดเสียบกระดาษได้ และถ้าต้องการจะตรวจสอบทิศทางของสนามแม่เหล็กทำได้อย่างไร

3) ครูนำเสนอสถานการณ์ จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำนายผลลงในใบกิจกรรมการทดลองที่ 3

4) นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายผลการทำนายหน้าชั้นเรียน

4.2. ขั้นสังเกต (Observe: O) (80 นาที)

1) แจกอุปกรณ์การทดลอง พร้อมกับให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจวิธีการทดลอง

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามใบกิจกรรมการทดลองที่ 3 พร้อมกับบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ

4.3. ขั้นอธิบาย (Explain: E) (60 นาที)

1) นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันเปรียบเทียบผลการทดลองและผลการทำนายของกลุ่มตนเองว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

2) นักเรียนและครูร่วมกันอธิบายจนได้ข้อสรุป ดังนี้

a. เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำตรง วงกลม และโซเลนอยด์ จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบๆ ลวดตัวนำ โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กเป็นไปตามกฎมือขวา

3) นักเรียนตอบคำถามใบงานที่ 3

5. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้

1) ใบกิจกรรมการทดลองที่ 3

2) ใบงานที่ 3

3) ชุดทดลองลวดเส้นตรง

4) ชุดทดลองลวดวงกลม

5) ชุดทดลองโซเลนอยด์

6) สายไฟ

7) แหล่งจ่ายไฟ

8) เข็มทิศ

6. การวัดผลประเมินผล

รายการวัดผลและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์ผ่าน
1. การวัดผลคุณธรรม จิตพิสัย	สังเกตพฤติกรรมนักเรียน	-
2. การประเมินผลจากสภาพจริง	ตรวจใบกิจกรรมการทดลองที่ 3 ตรวจใบงานที่ 3	ร้อยละ 50 ขึ้นไป
3. การวัดผลหลังเรียน	แบบทดสอบหลังเรียน	ร้อยละ 50 ขึ้นไป

7. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

7.1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

7.2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

7.3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายธีรวัฒน์ ดวงสิน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

กิจกรรมการทดลองที่ 3

เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ

ชื่อกลุ่ม.....

1. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....

ทดลอง วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

จุดประสงค์

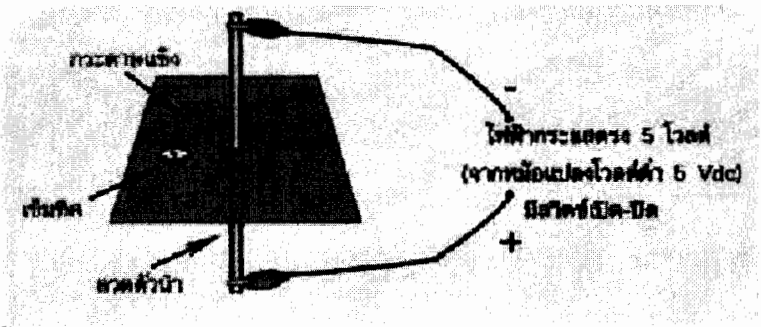
1. เพื่อศึกษาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำตรง ลวดวงกลม และโซเลนอยด์

วัสดุอุปกรณ์

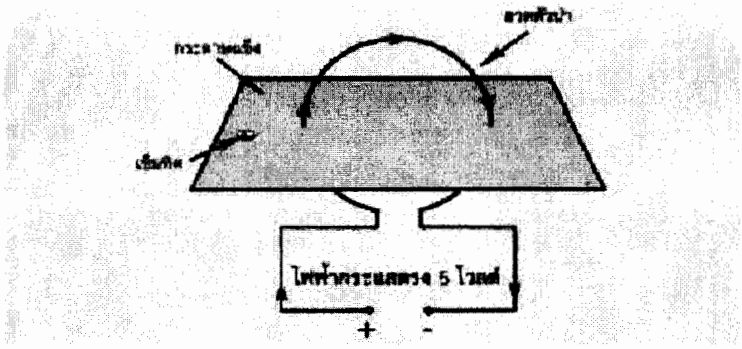
ลำดับ	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม(4 คน)
1.	ชุดทดลองลวดเส้นตรง	1 ชุด
2.	ชุดทดลองลวดวงกลม	1 ชุด
3.	ชุดทดลองโซเลนอยด์	1 ชุด
4.	สายไฟ	2 เส้น
5.	แหล่งจ่ายไฟ	1 เครื่อง
6.	เข็มทิศ	1 อัน

วิธีการทดลอง

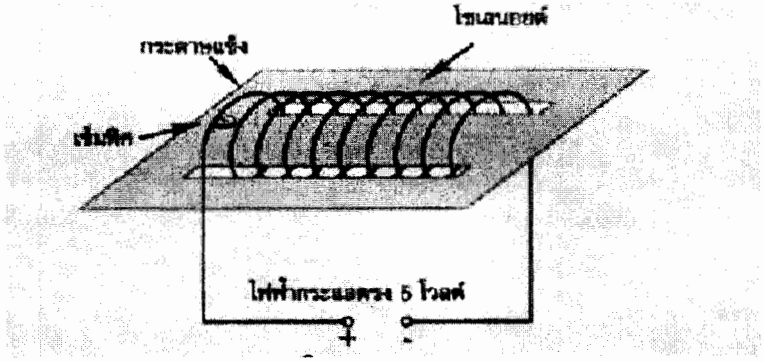
1. ต่อปลายทั้งสองของลวดตัวนำเส้นตรงกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 V ดังรูป วางเข็มทิศบนกระดาษแข็ง ณ ตำแหน่งต่างๆ เปิดสวิตช์ สังเกตการณ์วางตัวของเข็มทิศ ปิดสวิตช์ แล้วทดลองซ้ำโดยกลับทิศของกระแสไฟฟ้า สังเกตการวางตัวของเข็มทิศ



2. ทดลองซ้ำตามข้อ 1 แต่เปลี่ยนลวดตัวนำเส้นตรงเป็นลวดตัวนำวงกลม ดังรูป

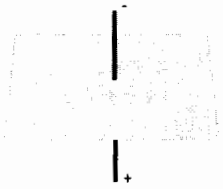
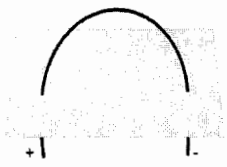


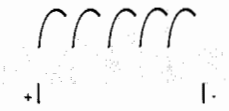
3. ทดลองซ้ำตามข้อ 1 แต่เปลี่ยนลวดตัวนำเส้นตรงเป็นโซเลนอยด์ ดังรูป



ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำตรง ลวดวงกลม และโซเลนอยด์

ลวด	ทิศสนามแม่เหล็กจากการวางตัวของเข็มทิศ		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
 ลวดตัวนำเส้นตรง	.....	.....	.....
 ลวดตัวนำวงกลม	.....	.....	.....

ลวด	ทิศสนามแม่เหล็กจากการวางตัวของเข็มทิศ		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
 โซเลนอยด์	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
			.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ขณะไม่มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับเมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ การวางตัวของเข็มทิศต่างกันหรือไม่ อย่างไร.....

   .....

2. เมื่อกลับทิศของกระแสไฟฟ้า เข็มทิศเปลี่ยนแปลงการวางตัวหรือไม่ อย่างไร.....

   .....

   .....

3. การวางตัวของเข็มทิศในลวดเส้นตรงทั้ง 2 กรณี เหมือนหรือต่างกันอย่างไร.....

   .....

   .....

4. ถ้าต้องการให้สนามแม่เหล็กของโซเลนอยด์มีค่าเพิ่มขึ้น จะต้องทำอย่างไร.....

   .....

   .....

5. ถ้าใส่แท่งเหล็กอ่อนไว้ที่แกนกลางของโซเลนอยด์แล้วเปิดสวิตช์ โซเลนอยด์จะมีคุณสมบัติเป็นเป็นอย่างไร.....

   .....

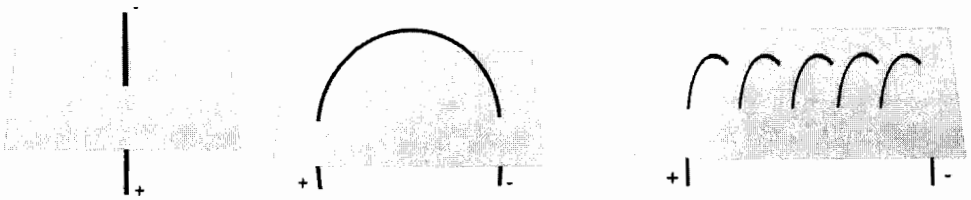
ใบงานที่ 3

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 4 รหัสวิชา ว 33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....ชั้น ม.6 /..... คะแนนที่ได้.....

---

1. จากรูป จงเขียนทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ



2. จากข้อ 1 เมื่อกลับทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศสนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

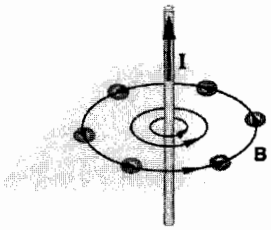
.....

.....

.....

.....

3. จากรูป จงอธิบายทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำโดยใช้กฎมือขวา



.....

.....

.....

.....

.....

4. ขณะไม่มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับเมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ การวางตัวของเข็มทิศต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

5. จงคำนวณหาความเข้มของสนามแม่เหล็กในอากาศ ซึ่งอยู่ห่าง 10 cm จากเส้นลวดตรงยาว 5 cm ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 20 A และบอกทิศของสนามแม่เหล็กด้วย

วิเคราะห์โจทย์.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 : เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

รายวิชา ฟิสิกส์ 4 (ว 33204) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก **เวลา 2 ชั่วโมง**

ผู้สอน นายธีรวัฒน์ ดวงสิน **วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

2. สาระสำคัญ

เมื่อลวดตัวนำตรงยาว l ที่มีกระแสไฟฟ้า I ผ่านขณะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก B จะเกิดแรงกระทำด้วยขนาด F = IlB โดยทิศทางของแรงหาได้จากการกำมือขวาโดยวนนิ้วทั้งสี่จากทิศทางของกระแสไฟฟ้าไปหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1. บอกได้ว่าลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าผ่าน และวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำให้เกิดการเคลื่อนที่

4. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ตามกระบวนการ POE)

4.1 ขั้นทำนาย (Predict : P) (30 นาที)

1) ก่อนนำเข้าสู่บทเรียน ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน
2) นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการทบทวนเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในลวดตัวนำเป็นกระแสไฟฟ้า โดยตั้งคำถามว่า
   a. เมื่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไปไว้ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะเกิดอะไรขึ้น
3) ครูนำเสนอสถานการณ์ จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำนายผลลงในใบกิจกรรมการทดลองที่ 4
4) นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายผลการทำนายหน้าชั้นเรียน

4.2 ขั้นสังเกต (Observe: O) (50 นาที)

1) แจกอุปกรณ์การทดลอง พร้อมกับให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจวิธีการทดลอง
2) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามใบกิจกรรมการทดลองที่ 4 พร้อมกับบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ

4.3 ขั้นอธิบาย (Explain: E) (40 นาที)

1) นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันเปรียบเทียบผลการทดลองและผลการทำนายของกลุ่มตนเองว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
2) นักเรียนและครูร่วมกันอธิบายจนได้ข้อสรุป ดังนี้
   a. ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่จะอยู่ในทิศทางใดขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและทิศทางของสนามแม่เหล็ก
   b. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง หาได้จากสมการ $F = IlB$ โดยทิศทางของแรงหาได้จากกฎมือขวา
3) นักเรียนตอบคำถามใบงานที่ 4

5. วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้

1) ใบกิจกรรมการทดลองที่ 4
2) ใบงานที่ 4
3) แม่เหล็ก
4) ลวดตัวนำ
5) แหล่งจ่ายไฟ
6) สายไฟ
7) ฐานรองรับลวดตัวนำ

6. การวัดผลประเมินผล

รายการวัดผลและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์ผ่าน
1. การวัดผลคุณธรรม จิตพิสัย	สังเกตพฤติกรรมนักเรียน	-
2. การประเมินผลจากสภาพจริง	ตรวจใบกิจกรรมการทดลองที่ 4 ตรวจใบงานที่ 4	ร้อยละ 50 ขึ้นไป
3. การวัดผลหลังเรียน	แบบทดสอบหลังเรียน	ร้อยละ 50 ขึ้นไป

7. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

7.1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายธีรวัฒน์ ดวงสิน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

กิจกรรมการทดลองที่ 4

เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่านและลวดอยู่ในสนามแม่เหล็ก

ชื่อกลุ่ม.....

1. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....ชั้น...../.....เลขที่.....

ทดลอง วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

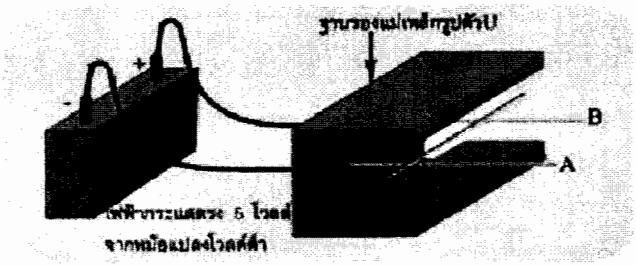
1. บอกได้ว่าลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าผ่าน และวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำให้เกิดการเคลื่อนที่

วัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม (4 คน)
1.	แม่เหล็ก	2 แท่ง
2.	ลวดตัวนำ	1 ชุด
3.	แหล่งจ่ายไฟ	1 เครื่อง
4.	สายไฟ	2 เส้น
5.	ฐานรองรับลวดตัวนำ	1 อัน

วิธีการทดลอง

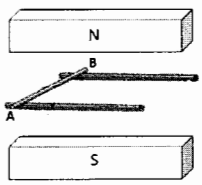
1. วางลวดตัวนำเส้นตรงบนฐานรองรับ A และ B แล้วต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ เข้ากับฐานรองรับ ดังรูป

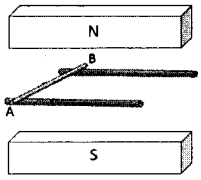
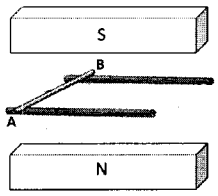


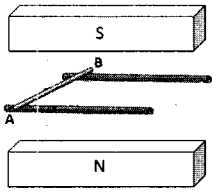
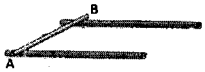
2. จัดลวดตัวนำเส้นตรงให้อยู่ระหว่างขั้วทั้งสองของแม่เหล็กในฐานรองแม่เหล็กและให้ลวดตัวนำตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โดยให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวดิ่ง จากนั้นเปิดสวิตช์แล้วสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของลวดตัวนำ แล้วปิดสวิตช์
3. ทดลองซ้ำตามข้อ 1-2 แต่กลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า
4. ทดลองซ้ำตามข้อ 1-2 แต่กลับขั้วของแม่เหล็กในฐานรองแม่เหล็ก

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่านและลวดอยู่ในสนามแม่เหล็ก

สถานการณ์	การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
 B = ทิศลง I = A ไป B	....	....	....

สถานการณ์	การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
 B = ทิศลง I = B ไป A	....	....	....
 B = ทิศขึ้น I = A ไป B	....	....	....

สถานการณ์	การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
 B = ทิศขึ้น I = B ไป A	....	....	....
 B = ไม่มี I = A ไป B	....	....	....
 B = ไม่มี I = B ไป A	....	....	....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เมื่อนักเรียนนำลวดตัวนำวางบนรางลวดภายในสนามแม่เหล็ก แต่ยังไม่เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟ เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลวดตัวนำหรือไม่ อย่างไร.....

.....

.....

2. สนามแม่เหล็กมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

3. เหตุใดลวดตัวนำจึงเคลื่อนที่ได้.....

.....

4. ในแต่ละกรณี ลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศที่ตั้งฉากกับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็กหรือไม่ อย่างไร.....

.....

5. การสลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟมีผลต่อทิศการเคลื่อนที่ของลวดหรือไม่ อย่างไร.....

.....

.....

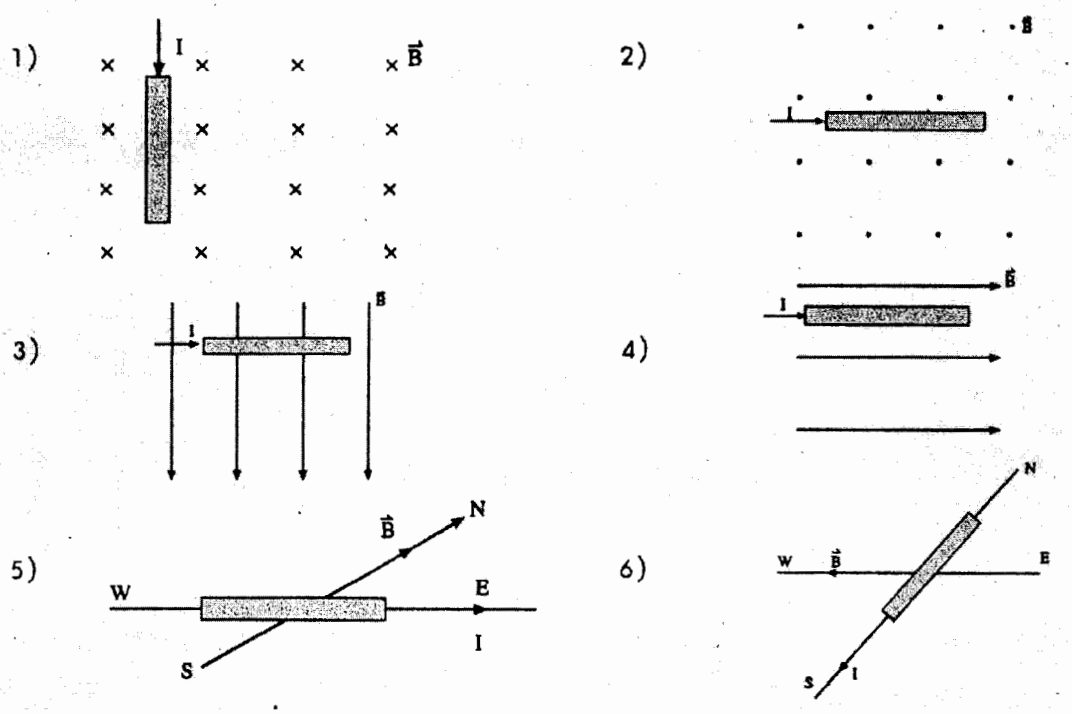
ใบงานที่ 4

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 4 รหัสวิชา ว 33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....ชั้น ม.6 /..... คะแนนที่ได้.....

---

1. จากรูป เส้นลวดจะมีแรงกระทำหรือไม่ ในทิศทางใด



2. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งยาว 40 cm วางในแนวเหนือใต้ มีกระแสไฟฟ้าผ่านจากทิศใต้ไปทิศเหนืออย่างสม่ำเสมอ 10 A ถ้ามีสนามแม่เหล็กตกกระทบลวดในทิศพุ่งลงในแนวดิ่งขนาด 0.1 เทสลา **จงหา** ขนาดและทิศทางของแรงที่เกิดบนลวดเส้นนี้

วิเคราะห์โจทย์.....

.....

.....

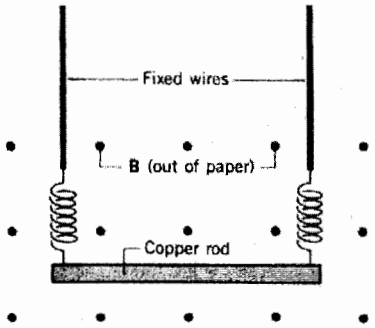
.....

.....

.....

.....

3. ลวดทองแดงยาว 0.5 m วางอยู่บนพื้นราบไม่มีแรงเสียดทาน ปลายติดกับสปริงที่ถูกตรึงให้อยู่กับที่ ดังรูป ค่านิจของสปริงเท่ากับ 75 N/m อยู่ในสนามแม่เหล็กขนาด 0.5 T ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดทองแดง 14 A **จงหา**ทิศของกระแสไฟฟ้าและระยะยืดของสปริง



วิเคราะห์โจทย์.....

.....

.....

.....

.....

.....

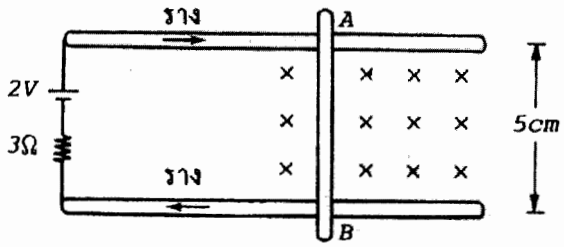
.....

.....

.....

4. ลวดเส้นตรง พาดอยู่บนรางดังรูป ถ้า AB อยู่ในสนามแม่เหล็กขนาด 0.30 T ทิศดังรูป
   a) จะเกิดแรงต่อเส้นลวดในทิศใดและขนาดเท่าใด
   b) ถ้าลวดมีมวลเท่ากับ 5 g ลวดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าใด
   c) ถ้าลวดเคลื่อนที่ได้เป็นระยะ 4 cm จงหาความเร็ว ณ ตำแหน่งนั้น

วิเคราะห์โจทย์.....



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ ค.1 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	แปลผล	อำนาจจำแนก (r)	แปลผล	แปลผลคุณภาพข้อสอบ	ข้อสอบฉบับใหม่
1	0.77	ใช้ได้	0.22	ใช้ได้	ใช้ได้	-
2	0.83	ทิ้ง	-0.01	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง	-
3	0.71	ใช้ได้	0.21	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 1
4	0.49	ใช้ได้	0.43	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 2
5	0.60	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 3
6	0.49	ใช้ได้	0.43	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 4
7	0.40	ใช้ได้	0.02	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง	-
8	0.37	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 5
9	0.37	ใช้ได้	0.31	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 6
10	0.43	ใช้ได้	0.31	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 7
11	0.60	ใช้ได้	0.32	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 8
12	0.49	ใช้ได้	0.43	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 9
13	0.43	ใช้ได้	0.31	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 10
14	0.71	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 11
15	0.63	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 12
16	0.51	ใช้ได้	0.72	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 13
17	0.51	ใช้ได้	-0.31	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง	-
18	0.43	ใช้ได้	0.31	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 14
19	0.51	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 15
20	0.57	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 16
21	0.57	ใช้ได้	0.72	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 17
22	0.57	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 18
23	0.11	ทิ้ง	0.01	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง	-
24	0.49	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 19
25	0.63	ใช้ได้	0.72	ใช้ได้	ใช้ได้	ข้อ 20

*ค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบทั้งฉบับ = 0.81

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง

คนที่	คะแนนชุดกิจกรรมการทดลอง				รวม (40)	คะแนนหลังเรียน (20)
	การทดลองที่ 1 (10)	การทดลองที่ 2 (10)	การทดลองที่ 3 (10)	การทดลองที่ 4 (10)		
1	9	7	8	8	32	13
2	8	8	8	8	32	12
3	9	8	8	9	34	14
4	7	8	8	7	30	14
5	8	7	8	8	31	15
6	9	9	8	7	33	14
7	8	8	8	8	32	13
8	6	8	7	7	28	13
9	8	6	7	8	29	15
10	9	7	8	8	32	14
11	8	8	8	8	32	15
12	9	8	8	9	34	16
13	7	8	8	7	30	15
14	8	7	8	8	31	15
15	9	9	8	7	33	16
16	8	8	8	8	32	15
17	6	8	7	7	28	15
18	8	6	7	8	29	16
19	9	7	8	8	32	15
20	8	8	8	8	32	14
21	9	8	8	9	34	16
22	7	8	8	7	30	15
23	8	7	8	8	31	16
24	9	9	8	7	33	15
25	8	8	8	8	32	17
26	6	8	7	7	28	15

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการทดลอง (ต่อ)

คนที่	คะแนนชุดกิจกรรมการทดลอง				รวม (40)	คะแนนหลังเรียน (20)
	การทดลองที่ 1 (10)	การทดลองที่ 2 (10)	การทดลองที่ 3 (10)	การทดลองที่ 4 (10)		
27	8	6	7	8	29	17
28	9	7	8	8	32	16
29	8	8	8	8	32	15
30	9	8	8	9	34	18
31	7	8	8	7	30	16
32	8	7	8	8	31	17
33	9	9	8	7	33	17
34	8	8	8	8	32	16
35	8	6	7	8	29	18
$\bar{X}$	8.06	7.66	7.80	7.80	31.31	15.23
ร้อยละ	80.57	76.57	78.00	78.00	313.14	76.14
					78.29	76.14
					E_1	E_2

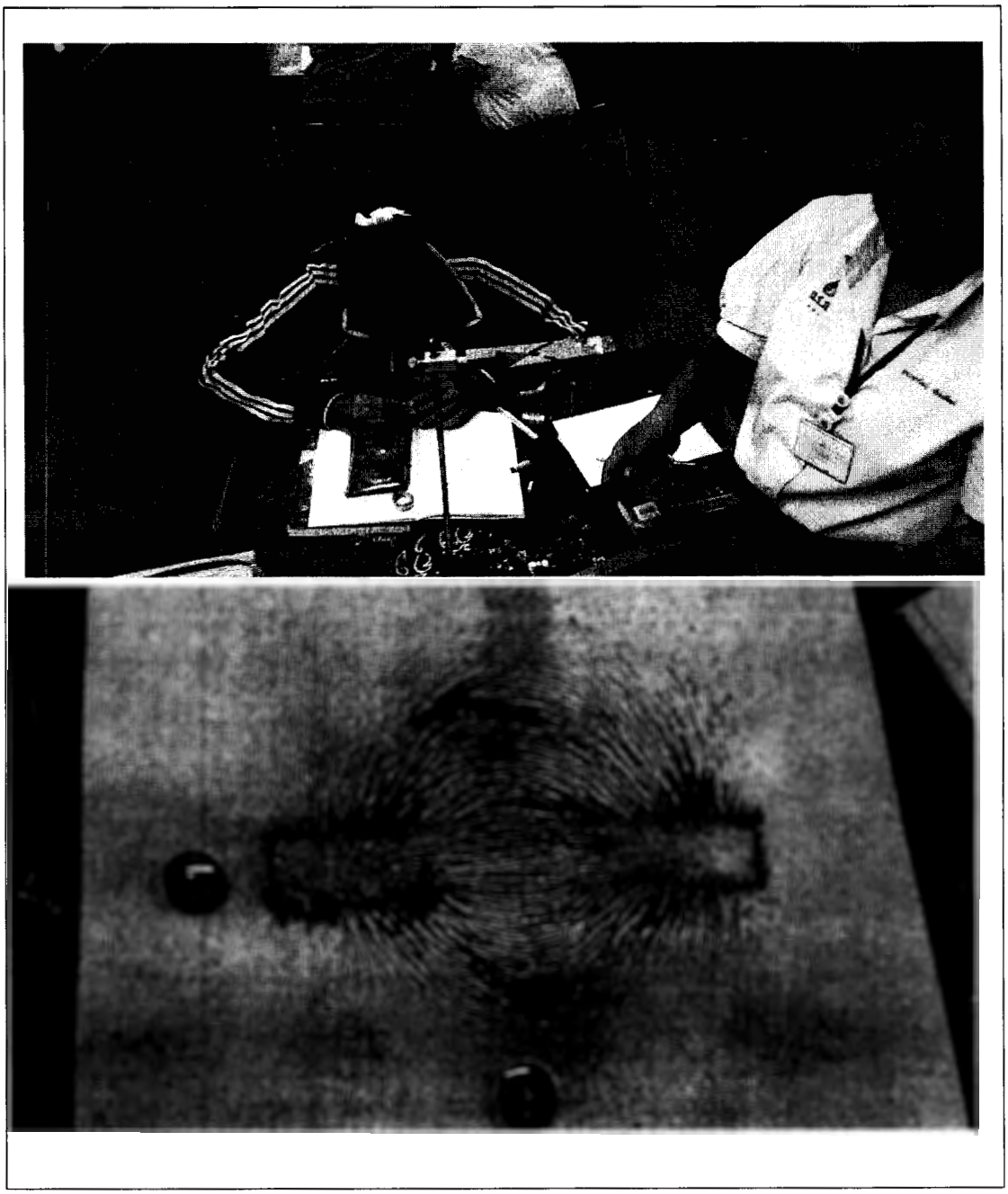
ตารางที่ ค.3 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล (Single student normalized gain) และรายชั้นเรียน (Class normalized gain)

คนที่	Pre-test	Post-test	%Pre-test	%Post-test	%pre-%post	100-%pre	<g>	แปรผล
1	3	13	15	65	50	85	0.59	Medium gain
2	5	12	25	60	35	75	0.47	Medium gain
3	3	14	15	70	55	85	0.65	Medium gain
4	5	14	25	70	45	75	0.60	Medium gain
5	4	15	20	75	55	80	0.69	Medium gain
6	3	14	15	70	55	85	0.65	Medium gain
7	5	13	25	65	40	75	0.53	Medium gain
8	8	13	40	65	25	60	0.42	Medium gain
9	5	15	25	75	50	75	0.67	Medium gain
10	5	14	25	70	45	75	0.60	Medium gain
11	7	15	35	75	40	65	0.62	Medium gain
12	6	16	30	80	50	70	0.71	High gain
13	7	15	35	75	40	65	0.62	Medium gain
14	4	15	20	75	55	80	0.69	Medium gain
15	8	16	40	80	40	60	0.67	Medium gain
16	7	15	35	75	40	65	0.62	Medium gain
17	5	15	25	75	50	75	0.67	Medium gain
18	7	16	35	80	45	65	0.69	Medium gain
19	4	15	20	75	55	80	0.69	Medium gain
20	6	14	30	70	40	70	0.57	Medium gain
21	6	16	30	80	50	70	0.71	High gain
22	3	15	15	75	60	85	0.71	High gain
23	8	16	40	80	40	60	0.67	Medium gain
24	4	15	20	75	55	80	0.69	Medium gain
25	2	17	10	85	75	90	0.83	High gain
26	4	15	20	75	55	80	0.69	Medium gain
27	5	17	25	85	60	75	0.80	High gain
28	8	16	40	80	40	60	0.67	Medium gain

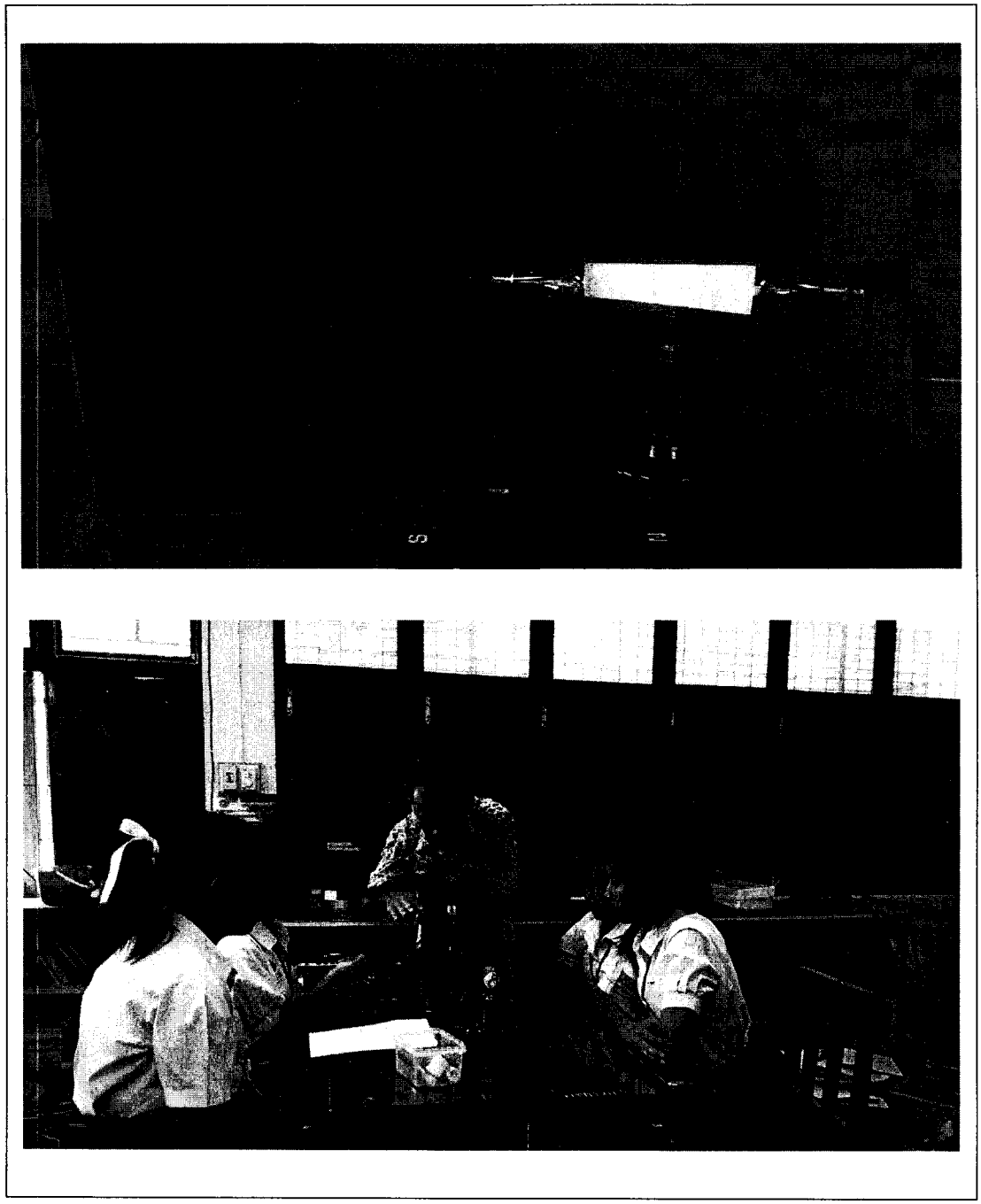
ตารางที่ ค.3 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล (Single student normalized gain) และรายชั้นเรียน (Class normalized gain) (ต่อ)

คนที่	Pre-test	Post-test	%Pre-test	%Post-test	%pre-%post	100-%pre	<g>	แปรผล
29	8	15	40	75	35	60	0.58	Medium gain
30	8	18	40	90	50	60	0.83	High gain
31	5	16	25	80	55	75	0.73	High gain
32	7	17	35	85	50	65	0.77	High gain
33	4	17	20	85	65	80	0.81	High gain
34	7	16	35	80	45	65	0.69	Medium gain
35	7	18	35	90	55	65	0.85	High gain
□	**5.51**	**15.23**	**27.57**	**76.14**	**48.57**	**72.43**	**0.67**	**Medium gain**

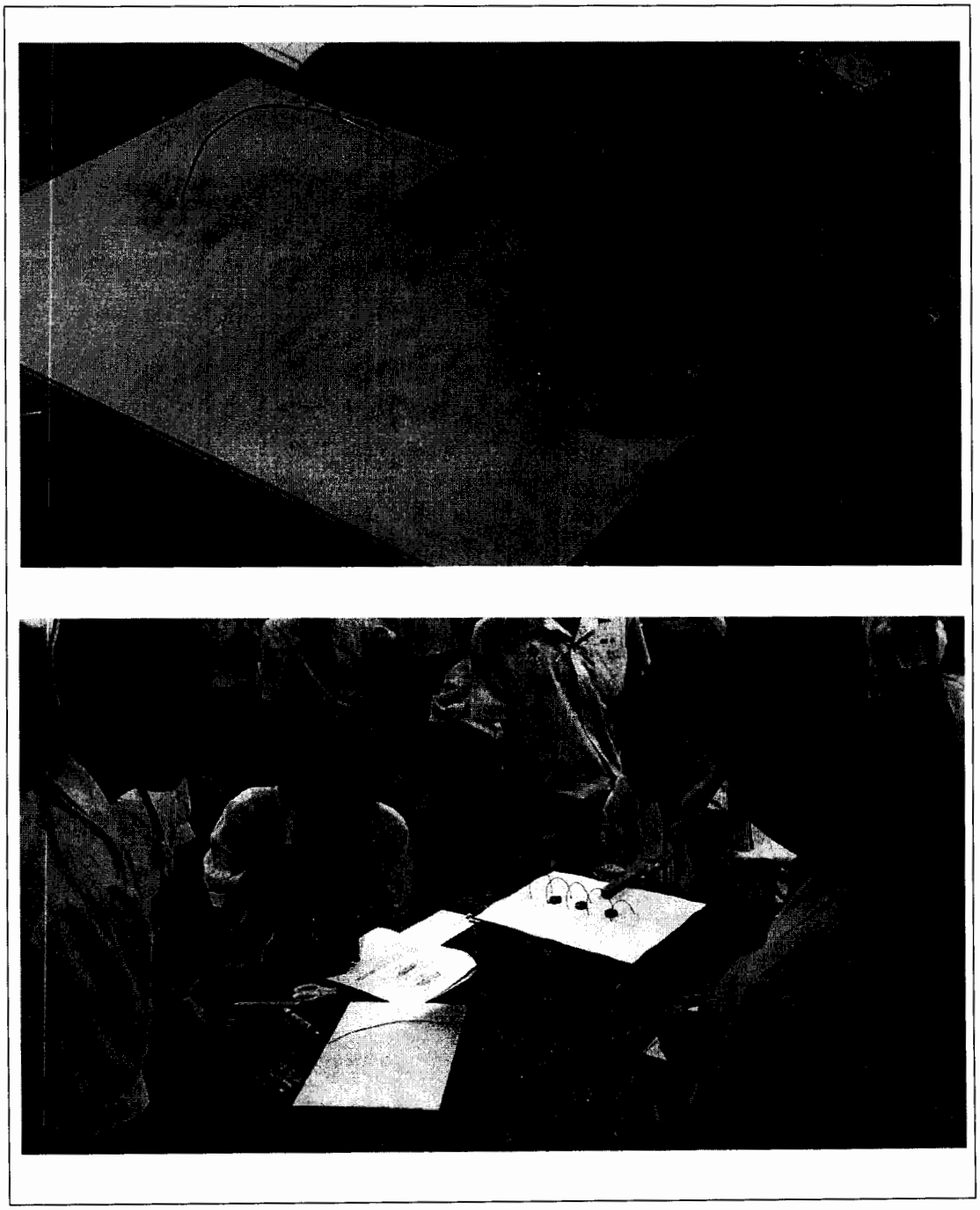
ภาคผนวก ง
ภาพประกอบการทำกิจกรรม



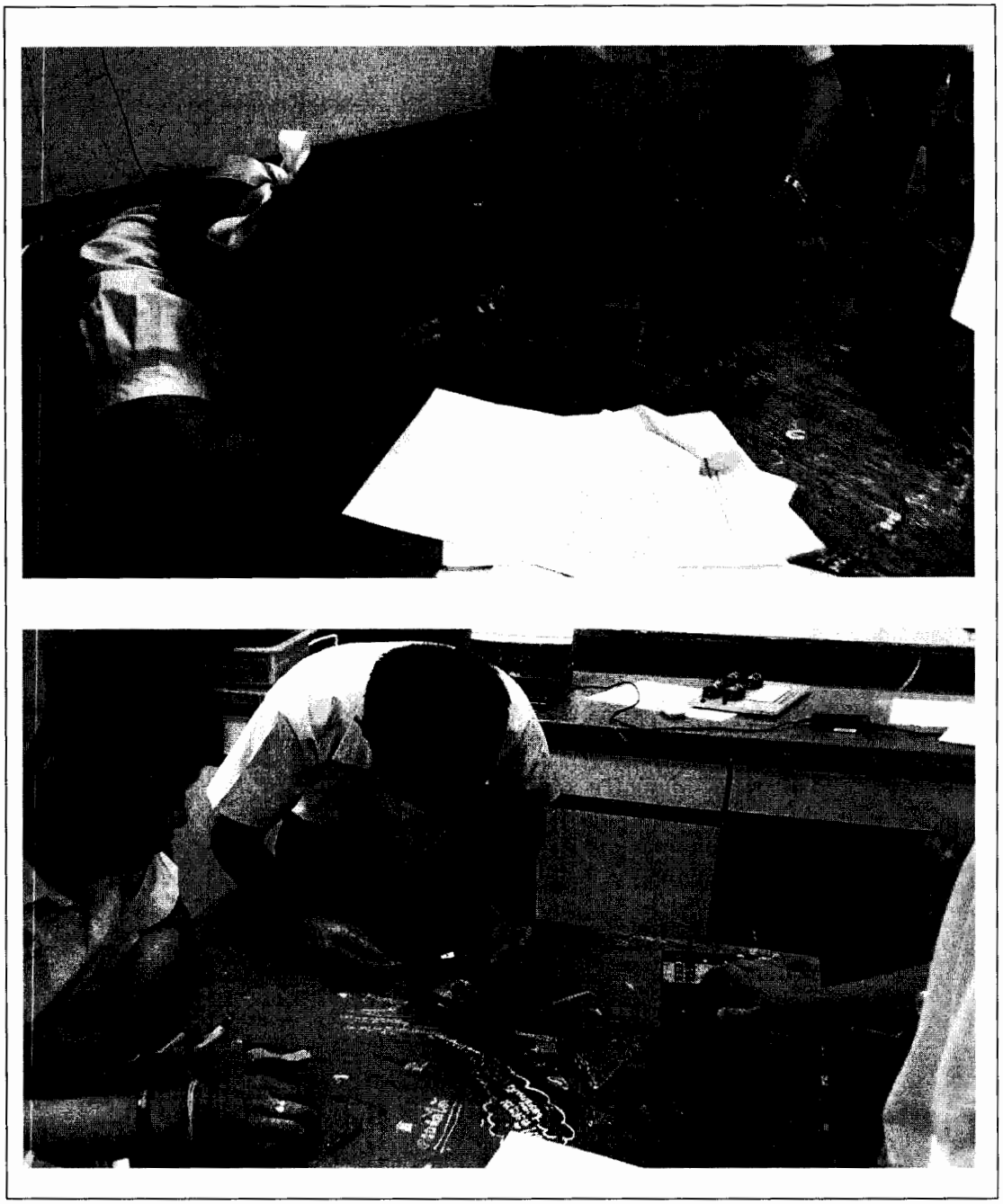
ภาพที่ ง.1 นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก



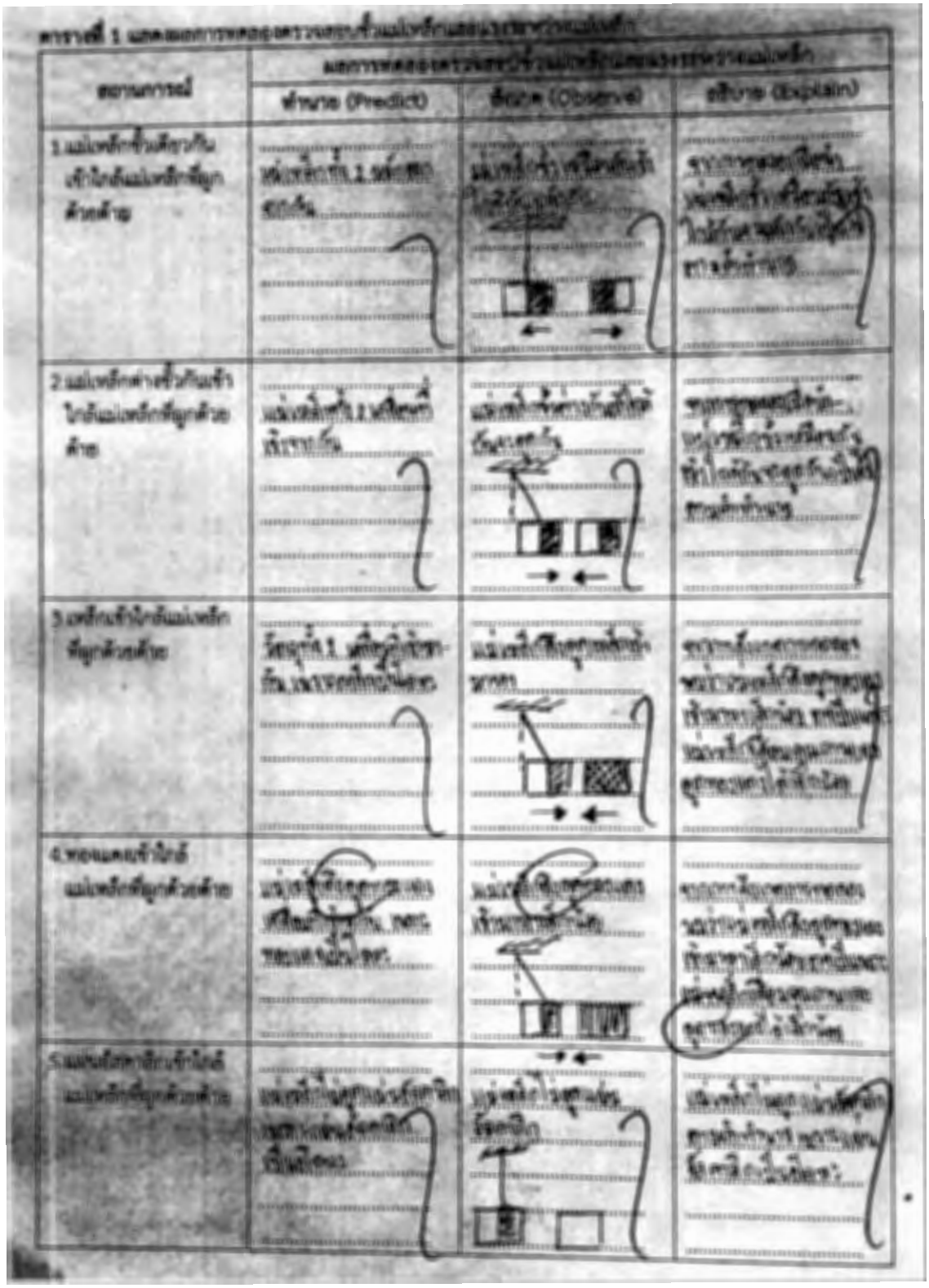
ภาพที่ ง.2 นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก



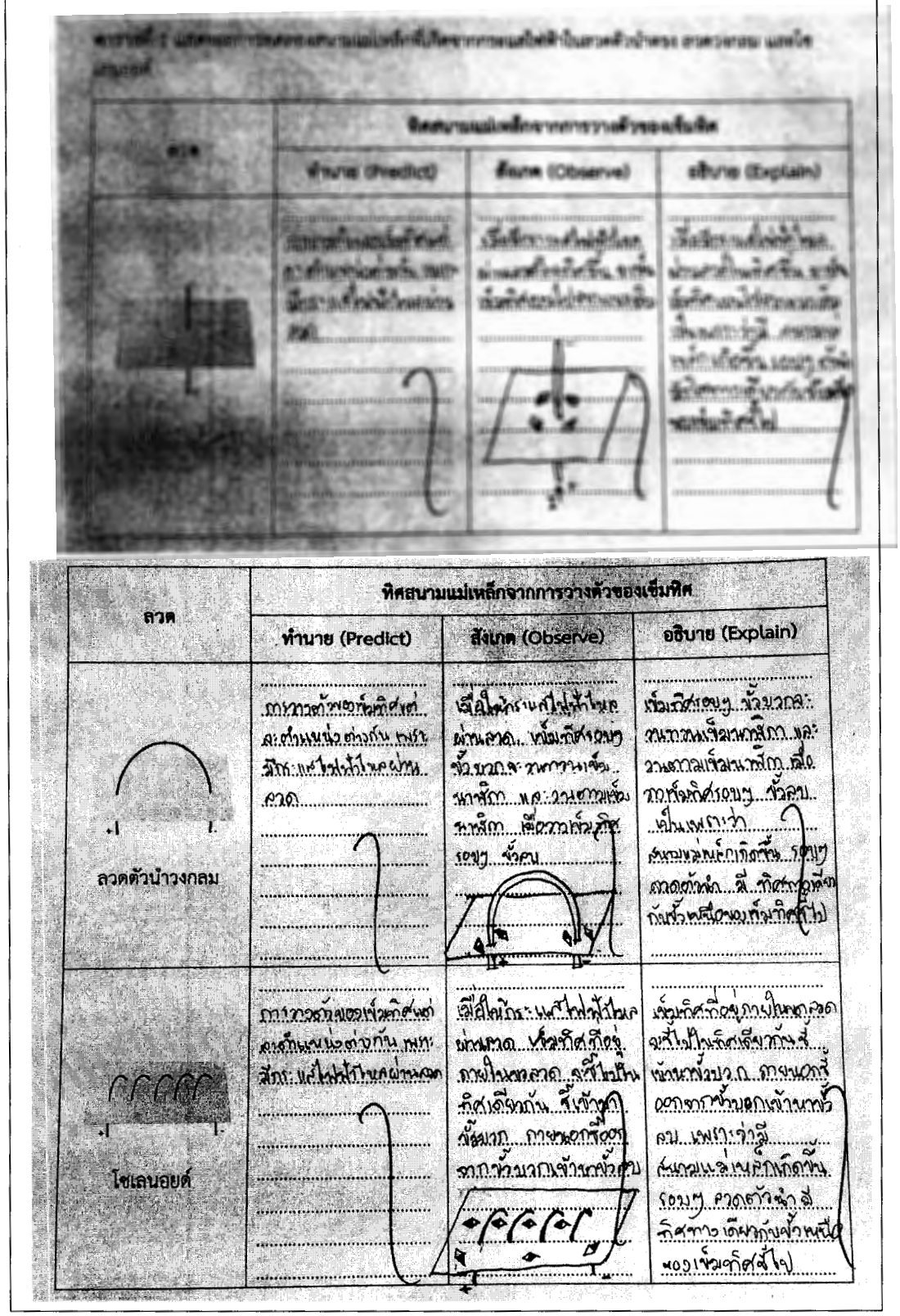
ภาพที่ ง.3 นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 3 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ



ภาพที่ ง.4 นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 4 เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขณะมีกระแสไฟฟ้าและอยู่ในสนามแม่เหล็ก



ภาพที่ ง.5 ตัวอย่างผลการทดลองกิจกรรมของนักเรียน (การทดลองที่ 1)



ลวด	ทิศสนามแม่เหล็กจากการวางตัวของเข็มทิศ		
	ทำนาย (Predict)	สังเกต (Observe)	อธิบาย (Explain)
ลวดตัวนำวงกลม	.....	.....	.....
โซเลนอยด์	.....	.....	.....

ภาพที่ ง.6 ตัวอย่างผลการทดลองกิจกรรมของนักเรียน (การทดลองที่ 3)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายธีรวัฒน์ ดวงสิน
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, พ.ศ. 2548 – 2552
	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, พ.ศ. 2553
	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2554 – ปัจจุบัน
	โรงเรียนขลุงรัชดาภิเษก
	อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนขลุงรัชดาภิเษก
ปัจจุบัน	อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี
	อีเมล์ sci.krp@gmail.com