

การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4  
จังหวัดนครปฐม

ปริญญาณิพนธ์  
ของ  
พรพรรณรัตน์ อภรณ์พิศาล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
เมษายน 2548  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4  
จังหวัดนครปฐม

บทคัดย่อ  
ของ  
พรพรรณรัตน์ อามรณ์พิศาล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
เมษายน 2548

พรรณรัตน์ อารณพิศาล. (2548). การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน,รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) สร้างและพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ให้มีประสิทธิภาพด้านการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80 / 80 2) ศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นตรวจสอบจากผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก การหาคุณภาพของชุดทดลองโดยการตรวจพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และการหาประสิทธิภาพทางการศึกษา ตามเกณฑ์ 80 / 80

การทดลองสอนใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม จำนวน 30 คน โดยใช้เวลาในการสอน 12 คาบ คาบละ 60 นาที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
2. ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางการศึกษา 82.65 / 80.18
3. นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่สูงกว่าระดับดี

THE DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL SET ON MOTION IN MAGNETIC FIELD  
FOR THE FORTH KEY STAGE STUDENTS IN CHANGWAT NAKHONPATHOM

AN ABSTRACT  
BY  
PANNARAT ARPHONPISAN

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

April 2005

Pannarat Arphonpisan. ( 2005 ). *The Development of an Experimental Set on Motion in Magnetic Field for the Forth Key Stage Students in Changwat Nakhonpathom*. Master thesis, M.Ed.(Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Sanong Thongpan, Assoc. Prof. Dr. Natthapong Charoenpit.

The objectives of this study were to construct and develop experimental kit sets on "Motion in Magnetic Field" to meet the 80/80 education efficiency and secondly, to study students' knowledge, practical skills and attitude towards the kit.

The developing kit was achieved through five experts' determination, along with preliminary screening by the 80 / 80 efficiency index.

Instructional experimentation of 12 sixty-minute periods was conducted employing thirty MS V students, of Nakhonpathom Rajabhat University's Demonstration School in Nakhonpathom province, as its sample.

The findings were as follows :

1. The developing set functioned efficiently and scientifically in lue of the "very good" level of quality.
2. The developing set demonstrated educational efficiency of 82.65/80.18
3. Students' posttest scores on knowledge, practical skills and attitude towards the kits were higher than their pretest and were better than the "good" level.

ปริญญาบัตร

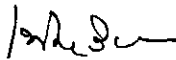
เรื่อง

การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4  
จังหวัดนครปฐม

ของ

นางสาวพรรณรัตน์ อภรณ์พิศาล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดมหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

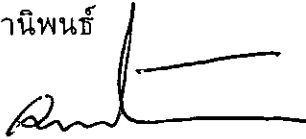


คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชกุล )

วันที่ ๕ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2548

คณะกรรมการสอบปริญญาบัตร



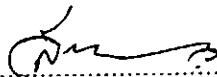
ประธาน

( อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน )



กรรมการ

( รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ )



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

( อาจารย์ ดร.สมปราวณา วงศ์บุญหนัก )



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดา เพชรมีศรี )

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร. สอน ทองปาน ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ณีฎฐพงษ์ เจริญพิทย์ กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาอุทิศเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำ วิจัยตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนักและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริดา เพชรมีศรี ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรชัย ศรีวิสิรัตน์ อาจารย์ราม ทิวารี อาจารย์มาโนชญ์ เหมมณี และอาจารย์ไซแลนค์ วงษ์นาป่า ที่กรุณาให้ คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัด นครปฐม ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทุกคนที่ให้ความอนุเคราะห์ในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัยและการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณอรุณ อัฐเมือง คุณสยาม หาบ้านแท่น และคุณสถิต สนาม ที่ช่วยเหลือในการดำเนินการสร้างชุดทดลองในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว “อารมณ์พิศาล” ที่ได้ให้กำลังใจและ ช่วยเหลือ อย่างดีตลอดเวลาที่ศึกษาและทำวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ธานีินทร์ ปัญญาวัฒนากุล อาจารย์พรทิพย์ วงษ์นาป่า ตลอดจนพี่ๆ นิสิตระดับปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ให้ คำแนะนำ ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึก ซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศแด่ ผู้ช่วย ศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ ผู้ล่วงลับเป็นกรณีพิเศษและขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของ แผ่นดิน บิดามารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พรรณรัตน์ อารมณ์พิศาล

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ .....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย .....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของ ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก.....	4
ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก.....	4
ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยใช้เกณฑ์ 80/80.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	5
สมมติฐานการวิจัย .....	7
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	9
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก .....	10
แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก .....	10
ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุ ไฟฟ้า.....	11
ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแส ไฟฟ้าผ่าน.....	13
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน.....	15
ความหมายของสื่อการสอน.....	15
ประโยชน์และคุณค่าของสื่อการสอน.....	16
ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี .....	18
การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์.....	19
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....	21
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำการทดลอง.....	23

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ) เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อชุดทดลอง .....	26
ความหมายของเจตคติ.....	26
ประเภทของเจตคติ.....	28
องค์ประกอบของเจตคติ.....	28
เครื่องมือวัดเจตคติต่อชุดทดลอง .....	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาชุดทดลองและ เจตคติต่อชุดทดลอง .....	31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....	34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการ ทำการทดลอง .....	35
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	37
ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของ ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก .....	37
ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง .....	38
ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง .....	41
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	42
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	45
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	46
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	47
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	51
ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของ ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก .....	51
ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง .....	52
ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง .....	53

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 60
	ความมุ่งหมายของการวิจัย..... 60
	สมมติฐานการวิจัย ..... 60
	วิธีดำเนินการวิจัย ..... 61
	การวิเคราะห์ข้อมูล..... 61
	สรุปผลการวิจัย..... 62
	อภิปรายผล ..... 63
	ข้อเสนอแนะ ..... 68
	บรรณานุกรม..... 70
	ภาคผนวก..... 77
	ภาคผนวก ก..... 78
	รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย ..... 79
	ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย ..... 80
	ภาคผนวก ข..... 83
	แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การทดลอง กับเนื้อหาการทดลอง..... 84
	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบ วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ..... 85
	แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง ..... 86
	แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครูและนักเรียน..... 90
	แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ..... 94
	แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความสามารถ ในการทำการทดลอง..... 96
	ภาคผนวก ค..... 102
	แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้..... 103
	แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ... 112

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ค (ต่อ)	
แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง .....	114
ภาคผนวก ง .....	118
ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย).....	119
ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตนัย).....	122
ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความ สามารถในการทำการทดลอง .....	123
ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถาม วัดเจตคติต่อชุดทดลอง .....	128
ภาคผนวก จ .....	130
ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ .....	131
ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองจาก ผู้เชี่ยวชาญ .....	133
ตารางแสดงค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบปรนัย.....	135
ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบอัตนัย .....	138
ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นแบบประเมินความสามารถในการทำการ ทดลองของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียน .....	140
ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียน กลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียน.....	143
ภาคผนวก ฉ.....	145
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน.....	146
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย) ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน .....	147

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ฉ (ต่อ)	
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตนัย) ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน .....	148
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการ ทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน .....	149
ตารางแสดงเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน และหลังเรียน.....	150
ภาคผนวก ช.....	151
คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน .....	152
คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู.....	170
ภาคผนวก ซ .....	175
ภาพประกอบการวิจัย .....	176
ประวัติย่อผู้วิจัย .....	179

## บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องการใช้ชุดทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย 9 คน.....	40
2	แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ของทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศของแรงที่ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่.....	51
3	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก.....	52
4	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของกลุ่มของ ชุดทดลอง.....	52
5	แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน	53
6	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย จากการตอบคำถามท้ายการทดลอง ระหว่างเรียนกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน.....	54
7	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน (ปรนัย).....	55
8	แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้หลังเรียน (ปรนัย).....	55
9	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตนัย) ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	56
10	แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้หลังเรียน (อัตนัย).....	56
11	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการ ทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน.....	57
12	แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการ ทดลองหลังเรียน.....	58
13	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนก่อนเรียนและ หลังเรียน.....	58
14	แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียน.....	59
15	วิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก.....	85
16	การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาที่เกี่ยวข้อง.....	88
17	การประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสาขา ที่เกี่ยวข้อง.....	92

## บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
18	แบบประเมิน แบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย	95
19	แบบประเมิน แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	97
20	แบบบันทึกผลการประเมินผลด้านความสามารถในการทำการทดลอง.....	112
21	แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก.....	115
22	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย) เรื่องการเคลื่อนที่ใน สนามแม่เหล็ก ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	119
23	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	122
24	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความสามารถในการทำการ ทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	123
25	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการ วัดของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	128
26	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ.....	131
27	แสดงผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและครู จากผู้เชี่ยวชาญ.....	133
28	แสดงค่าความยากง่ายค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัย	135
29	แสดงข้อมูลผลการสอบของนักเรียนในการใช้หาความเชื่อมั่นของข้อสอบอัตนัย....	138
30	แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถใน การทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียน.....	140
31	แสดงค่าความเชื่อมั่น แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียน.....	143
32	แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัยและอัตนัย) ของนักเรียน กลุ่มย่อย 15 คน.....	146
33	แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตนัย)ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ก่อนเรียน/หลังเรียน.....	147

## บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
34 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ก่อนเรียน/หลังเรียน.....	148
35 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน/หลังเรียน.....	149
36 แสดงคะแนนเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน/หลังเรียน...	150

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงการวางตัวของเข็มทิศในแนวเส้นสนามแม่เหล็ก.....	11
2	แสดงแรงแม่เหล็กแลแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก..	12
3	แสดงทิศของแรงตามกฎมือขวา.....	13
4	แสดงทิศของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุบวกและประจุลบ.....	13
5	แสดงกรณีที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำตรงเส้นหนึ่ง.....	14

# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัวหรือเป็นเรื่องไกลตัวก็ตาม รวมถึงเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้ใน ชีวิตประจำวันล้วนเป็นสิ่งที่เป็ผลผลิตผลทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี ขณะเดียวกันเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญที่จะทำให้มีการศึกษาทาง วิทยาศาสตร์อย่างไม่หยุดยั้ง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545 : 1) ดังนั้นการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเยาวชนให้มีความรู้ ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ แต่สภาพปัญหาการพัฒนาเยาวชนทางด้านวิทยาศาสตร์ใน ปัจจุบัน พบว่า นักเรียนขาดทักษะในการคิดเชิงวิเคราะห์วิจารณ์ หรือขาดทักษะ กระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2541 : 43) สภาพ ปัญหาดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่า นักเรียนขาดการฝึกฝนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทุก ด้านซึ่งสาเหตุปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นจากระบบการศึกษา และการจัดกระบวนการเรียนรู้ภายใน โรงเรียน ไม่เกิดแรงกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ หรือเกิดแรงจูงใจให้นักเรียนสนใจการ เรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว ในการพัฒนาการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องปฏิรูป กระบวนการเรียนรู้ โดยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการเรียนการสอนทั้งครูผู้สอนและนักเรียน ครู จำเป็นต้องเป็นผู้จัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่นักเรียน เป็นผู้แนะนำแหล่งข้อมูล ให้ คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาด้านกระบวนการเรียนรู้และให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา ทางการเรียนที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (ปอนด์ เกิดภักดี. 2544 : 3-4) การเรียนการสอนทาง วิทยาศาสตร์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้โดยใช้ สื่อและอุปกรณ์การสอน ที่สามารถเชื่อมโยงให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้ รวมถึงการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นไม่ได้เน้นทางสาขาใดสาขาหนึ่ง ของวิทยาศาสตร์ แต่การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้น กล่าวถึงวิชา วิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกต สืบรวจตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ และนำผลมาจัดระบบ หลักการ แนวคิดและทฤษฎี ดังนั้นการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับนี้จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียน เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ตั้งแต่วัย เริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษา และเมื่อออกไปประกอบอาชีพแล้ว (สถาบัน

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545 : 3) การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้นเป็นการจัดหลักสูตรที่เชื่อมโยงทุกสาขาวิชา ในลักษณะขององค์รวมไม่ได้แยกสาขาวิชาเหมือนการจัดหลักสูตรในระบบเดิม แต่การจัดหลักสูตรจะจัดเป็นกลุ่มสาระย่อยๆ จำนวน 8 สาระด้วยกัน ในส่วนของวิชาฟิสิกส์นั้นเกี่ยวข้องกับสาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 : พลังงาน สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก และสาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งวิชาฟิสิกส์นับว่าเป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นวิชาพื้นฐานของการพัฒนาทางเทคโนโลยี ทางวิศวกรรมศาสตร์ รวมทั้งทางการแพทย์ และยังเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความจริงในธรรมชาติ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจกฎเกณฑ์ในธรรมชาติที่เกิดขึ้น และสามารถค้นหาสาเหตุของปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ จากผลการแข่งขันโอลิมปิกวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนไทยมีจุดอ่อนอยู่ที่การเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นรากฐานของความสามารถในวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่นๆ และมีความสำคัญต่อการส่งเสริมสมรรถภาพทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย และการพัฒนาทางเทคโนโลยีซึ่งจำเป็นต้องรีบดำเนินการแก้ไขโดยเร็ว (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2545 : 9) สภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ไม่แตกต่างจากสาขาวิชาอื่นๆ เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนของครูเน้นที่ผลสุดท้ายของการทำแบบฝึกหัด โดยไม่ได้เน้นกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ (สมนึก บุญพาไสว. 2534 : 19) การเรียนการสอนส่วนใหญ่ครูผู้สอนไม่เน้นการใช้สื่อการสอน หรือใช้สื่อที่มีคุณภาพต่ำ ไม่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ และแสดงผลได้ไม่ชัดเจน ทำให้การเรียนการสอนส่วนใหญ่ครูจึงเน้นการบรรยายโดยไม่ได้ทำการทดลอง จึงประสบปัญหา นักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากสภาพปัญหาดังกล่าวการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน จึงมีบทบาทสำคัญที่จะทำให้ครูสามารถใช้สื่อการสอนที่มีคุณภาพได้ เนื่องจากสื่อการสอนที่มีคุณภาพจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะ และสามารถสร้างองค์ความรู้จากสื่อที่เรียนได้ แต่การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับการปฏิบัติ โดยเฉพาะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจำเป็นต้องได้รับการฝึกปฏิบัติให้มากยิ่งขึ้น(สิปปนนท์ เกตุทัต. 2541 : 15) เนื่องจากการใช้สื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่งผลให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ และเป็นสื่อเชื่อมโยงความเป็นรูปธรรมกับนามธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องราวที่ศึกษาได้ง่ายขึ้น ดังนั้นชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทหนึ่งที่สามารถพัฒนาความรู้ทักษะ และประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ซึ่งประนอม หมอกกระโทก (2545 : 112) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น และมีเจตคติต่อชุดทดลองสูงกว่าก่อนเรียน ในส่วนของสาระการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กนั้น เป็นสาระการเรียนรู้ค่อนข้างยากและไม่เป็นรูปธรรมการเรียนการสอนเรื่อง

ดังกล่าวจึงต้องอาศัยสื่อการเรียนการสอน หรือชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กได้อย่างเข้าใจลึกซึ้งยิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะออกแบบ และสร้างชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยพิจารณาจากสภาพปัญหาการเรียนการสอน และผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในวิชาฟิสิกส์เป็นหลัก และต้องการให้ผู้เรียนมีคุณภาพในด้านความรู้ความคิด ทักษะกระบวนการ และจิตวิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์ และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545 : 8) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการและทฤษฎีของสนามแม่เหล็กและการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ต่อไป

### **ความมุ่งหมายของการวิจัย**

1. เพื่อสร้างและพัฒนาคุณภาพชุดทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กในช่วงชั้นที่ 4
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กในการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80
3. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก
4. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก
5. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

### **ความสำคัญของการวิจัย**

1. การวิจัยครั้งนี้ ทำให้ได้ชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ที่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้สอนเสริมบทเรียนและพัฒนาการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น
2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลอง
3. ทำให้ได้แนวทางการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

## ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีการดำเนินการ 3 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีขอบเขตดังนี้

**ตอนที่ 1** การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กเป็นชุดต้นแบบจำนวน 5 ชุด พร้อมคู่มือการใช้ชุดทดลอง ดังนี้

1. ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สามารถใช้ทดลองและศึกษา การเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามแม่เหล็ก ซึ่งนักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมการทดลองได้จาก คู่มือการใช้ชุดทดลองที่กำหนดให้

2. ชุดทดลองการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้น ได้รับการทดสอบ ประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้น และทำการทดลอง โดยดำเนินการทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง ซึ่งในแต่ละครั้งจะต้องได้ผลการทดลองเป็นไปตาม ทฤษฎีทุกครั้ง จึงจะถือว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์

**ตอนที่ 2** การประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

การประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ในช่วงชั้นที่ 4 จำนวน 2 ท่าน นักวิทยาศาสตร์ศึกษาด้านฟิสิกส์จำนวน 1 ท่าน และ นักวิชาการสาขาวิชาฟิสิกส์ จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวน 2 ท่าน

**ตอนที่ 3** การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยใช้เกณฑ์ 80/80

### 1. แหล่งข้อมูลที่ใช้ทดลอง

1.1 กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ของจังหวัด นครปฐม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียน สาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 30 คน ที่มีระดับความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน

## 2. ตัวแปรที่ใช้ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

2.2.2 ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง

2.2.3 เจตคติต่อชุดทดลอง

## 3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและปริมาณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการทดลองจำนวน 4 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ความยาวของลวดตัวนำที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

การทดลองที่ 2 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

การทดลองที่ 3 แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

การทดลองที่ 4 แรงที่กระทำต่อตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

## 4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทดลองหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกับนักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ คาบละ 60 นาที รวม 12 คาบ

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก หมายถึง ชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีอุปกรณ์ 3 ส่วน คือ 1) แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า 2) ชุดแม่เหล็กถาวร และ 3) ลวดตัวนำ ซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก และใช้สอนวิทยาศาสตร์สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ในช่วงชั้นที่ 4 สาระการเรียนรู้ที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่

2. การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก หมายถึง ความสามารถในการใช้ทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งพิจารณาจากผลการทดลองเบื้องต้นจากชุดทดลองจึงจะเชื่อถือได้ว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์

3. การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง หมายถึง การพิจารณาจากลักษณะ 4 ด้าน คือ 1) ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป 2) ด้านการใช้งาน 3) ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และ 4) ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในช่วงชั้นที่ 4 สาระการเรียนรู้ที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งพิจารณาจากการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสำรวจมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert scale) โดยกำหนดให้มีระดับการประมาณค่า ดังนี้ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง มีคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ เครื่องมือประเมินนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยแนวความคิดตามรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะที่ดีของการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

4. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้สอน หมายถึง เอกสารประกอบการสอนที่มีรายละเอียด และข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วยจุดประสงค์การเรียนรู้ วัตถุประสงค์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง สรุปผลการทดลอง แนวคิดในการตอบคำถาม และความรู้เพิ่มเติม

5. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียน หมายถึง เอกสารประกอบการเรียนที่ช่วยแนะนำรายละเอียดต่างๆ ของชุดทดลอง เพื่อสะดวกในการฝึกปฏิบัติประกอบด้วย ใบความรู้ ชื่อกิจกรรมการทดลอง วัตถุประสงค์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การหาผลสรุป และคำถามท้ายการทดลอง

6. ประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง หมายถึง คะแนนที่ได้จากการสอบของนักเรียนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายการทดลองเทียบกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังจากเรียนด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์ 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองระหว่างเรียนทุกการทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนจบ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 80

7. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ของนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 2 ชุด ได้แก่

7.1 แบบทดสอบที่เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก สร้างโดยครอบคลุมพฤติกรรมกรการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

7.2 แบบทดสอบที่เป็นอัตนัย เป็นแบบทดสอบหลังจากการเรียนรู้ โดยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวของ ฌ็องฟูงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 56 – 57) ซึ่งการตรวจพิจารณาให้คะแนนเป็น 1, 2, 3, 4 หรือ 5 โดยใช้เกณฑ์รูปรีคที่นำมาจาก มาตรฐานวัด 5 ระดับ แจกแจงตามจุดประสงค์การทดลอง

8. ความสามารถในการทำการทดลอง หมายถึง เป็นความสามารถในการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งวัดโดยการประเมินจากการ ปฏิบัติจริงตามแนวของ ฌ็องฟูงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 134–139) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยพิจารณา องค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1) ด้านการวางแผนการทดลอง 2) ด้านปฏิบัติการทดลอง และ 3) ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งการพิจารณาความสามารถให้คะแนนเป็น 1, 2, 3, 4 หรือ 5 โดยใช้เกณฑ์รูปรีคที่นำมาจากมาตรฐานวัด 5 ระดับ

9. เจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก หมายถึง ความคิดเห็น หรือความรู้สึกที่แสดงออกทางใดทางหนึ่งที่มีต่อชุดทดลอง โดยพิจารณาจากความรู้สึกนึกคิด การแสดงออก และการเห็นประโยชน์ของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองดังกล่าว ในการวิจัยครั้งนี้การ วัดเจตคติต่อชุดทดลองวัดด้วยแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 30 ข้อ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert scale) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เป็นข้อความเชิงนิมิตถ้าเป็นข้อความ เชิงนิเสธความหมายของระดับคะแนนจะตรงข้ามกัน

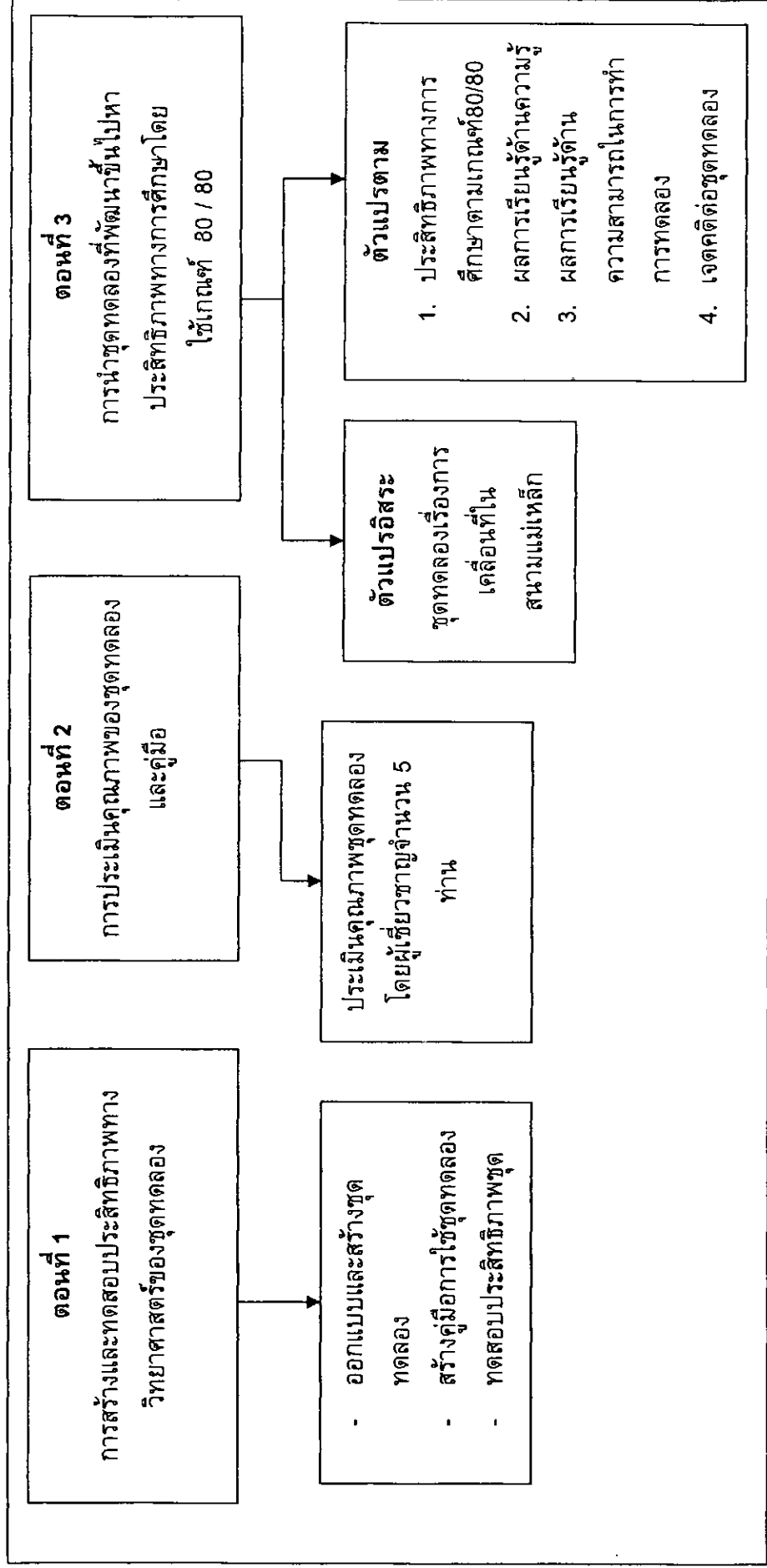
### สมมติฐานการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้
  - 1.1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
  - 1.2 หลังเรียนอยู่ในระดับดี
2. นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง
  - 2.1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
  - 2.2 หลังเรียนอยู่ในระดับดี
3. นักเรียนมีเจตคติต่อชุดทดลอง
  - 3.1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
  - 3.2 หลังเรียนอยู่ในระดับดี

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก
  - 1.1 แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก
  - 1.2 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า
  - 1.3 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน
  - 2.1 ความหมายของสื่อการสอน
  - 2.2 ประโยชน์และคุณค่าของสื่อการสอน
  - 2.3 ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี
  - 2.4 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำการทดลอง
5. เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติต่อชุดทดลอง
  - 5.1 ความหมายของเจตคติ
  - 5.2 องค์ประกอบของเจตคติ
  - 5.3 ประเภทของเจตคติ
  - 5.4 เครื่องมือวัดเจตคติดีชุดทดลอง
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาชุดทดลองและเจตคติต่อชุดทดลอง
  - 6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้
  - 6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง

## 1. เอกสารเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กของ ชำนาญ เต็มเมืองพัก. (2521 : 174-182) ; คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2524 : 50-58) ; กระทรวงศึกษาธิการ. (2544 : 146-164) ; พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ. (2543 : 275-277) ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544 : 27-32) ; สมพงษ์ ใจดี. (2543 : 242-247) ; คณะอนุกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัย. (2543 : 312-313). สรุปได้ดังนี้

### 1.1 แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

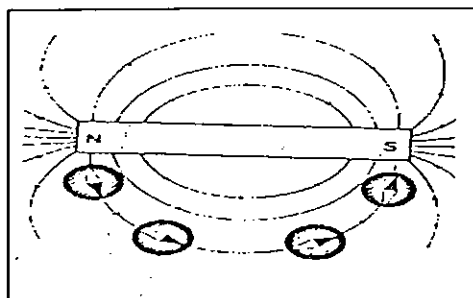
แม่เหล็ก (Magnet) คือ วัตถุที่สามารถดูดหรือผลักกันเองและสามารถดึงดูดแม่เหล็กได้ แม่เหล็กโดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว กล่าวคือ เมื่อนำแท่งแม่เหล็กมาผูกกึ่งกลางด้วยเส้นด้ายแล้วห้อยไว้สักครู่ จะพบว่าแท่งแม่เหล็กจะวางอยู่ในแนวเหนือใต้ เราเรียกปลายที่ชี้ไปทางทิศเหนือว่า ขั้วเหนือ (North Pole) และเรียกปลายที่ชี้ไปทางทิศใต้ว่า ขั้วใต้ (South Pole) และเรียกปลายทั้งสองของแท่งแม่เหล็กว่า ขั้วแม่เหล็ก (Magnetic Pole) ซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้จะมีอำนาจการดึงดูดและผลักกันแรงที่สุด

ในกรณีถ้ามีแท่งแม่เหล็กหลายแท่งแต่ไม่ทราบปลายใดเป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ ทดสอบง่าย ๆ โดยนำแท่งแม่เหล็กที่ทราบขั้วแล้วไปจ่อใกล้ ๆ ปลายแท่งแม่เหล็ก แล้วดูผลที่เกิดขึ้น ถ้าเกิดการดึงดูดกัน แสดงว่าเป็นคนละขั้วกับอันที่นำมาล่อ แต่ถ้าผลักกันจะเป็นขั้วเดียวกันกับอันที่นำมาล่อ

สนามแม่เหล็ก เมื่อนำวัสดุที่ทำด้วยเหล็ก เช่น ลวดหนีบกระดาษหรือเข็มหมุด ไปวางใกล้แม่เหล็ก แม่เหล็กจะดูดวัสดุเหล่านั้นหรือเมื่อนำเข็มทิศมาวาง ก็จะมีแรงมากกระทำให้เข็มทิศเบนไปนอกจากวัสดุที่ทำด้วยเหล็ก แม่เหล็กยังดูดนิเกิล และโคบอลต์ด้วย บริเวณที่มีแรงแม่เหล็กกระทำ เรียกว่า สนามแม่เหล็ก (magnetic field)

แนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก เรียกว่า เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field line) ซึ่งใช้เป็นประจักษ์พยานว่ามีสนามแม่เหล็กในบริเวณนั้น แม้จะมองด้วยตาไม่เห็นบริเวณใดมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กน้อย สนามแม่เหล็กในบริเวณนั้นมีความเข้มน้อย ส่วนบริเวณใดมีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมาก บริเวณนั้นสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูง ได้แก่ บริเวณขั้วทั้งสองของสนามแม่เหล็ก

เมื่อวางเข็มทิศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบริเวณรอบ ๆ แท่งแม่เหล็ก จะได้แนวการวางตัวของเข็มทิศว่าอยู่ในแนวของเส้นสนามแม่เหล็กเช่นกัน ดังภาพประกอบ 1

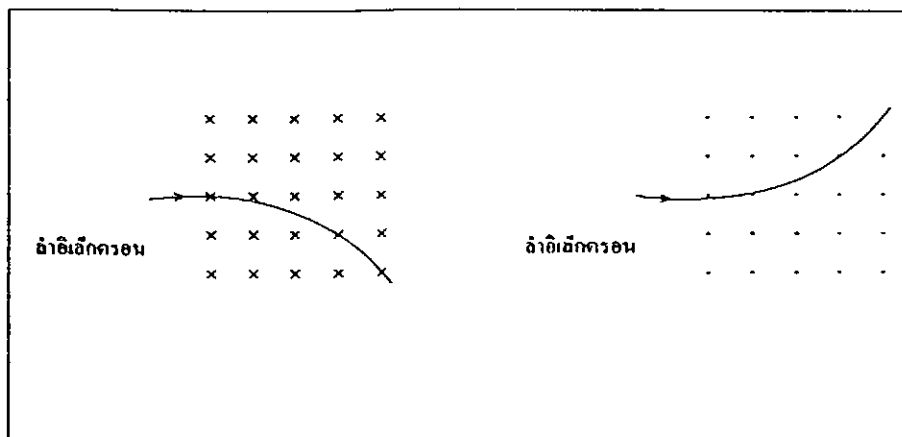


ภาพประกอบ 1 แสดงการวางตัวของเข็มทิศในแนวเส้นสนามแม่เหล็ก  
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). หนังสือเรียนสาระ  
การเรียนรู้พื้นฐานการเคลื่อนที่และพลังงาน

เมื่อกำหนดให้ทิศของเส้นสนามแม่เหล็กไปทางเดียวกับทิศที่ชี้เหนือของเข็มทิศชี้ไป  
จะได้ว่าเส้นสนามแม่เหล็กมีทิศจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก สำหรับการพิจารณา  
สนามแม่เหล็กนั้น จะเริ่มจากผลของสนามแม่เหล็กก่อน ถ้าประจุไฟฟ้าตัวหนึ่ง เคลื่อนที่ด้วย  
ความเร็วค่าหนึ่ง ซึ่งทำมุมกับสนามแม่เหล็กในบริเวณนั้นแล้ว จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำกับ  
ประจุไฟฟ้าตัวนั้น โดยต้องพิจารณาทิศทางของแรงแม่เหล็กด้วย ทั้งนี้เพราะแรงแม่เหล็กเป็น  
เวกเตอร์ต้องพิจารณาทั้งขนาดและทิศทางจึงจะสมบูรณ์

### 1.2 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

สนามแม่เหล็กสามารถดูดและผลักวัสดุขนาดใหญ่ได้ถ้าเป็นกรณีอนุภาคขนาดเล็กที่  
เป็นองค์ประกอบของอะตอม เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะถูกแรง เนื่องจาก  
สนามแม่เหล็ก หรือ แรงแม่เหล็ก (magnetic force) กระทำ ทำให้แนวการเคลื่อนที่เปลี่ยนไป  
ดังภาพประกอบ 2



**เมื่อหันซ้ายเหนือเข้าใกล้หลอด**  
(x แทนสนามแม่เหล็กที่มีทิศพุ่งเข้า  
และตั้งฉากกับกระดาษ)

**เมื่อหันซ้ายได้เข้าใกล้หลอด**  
(. แทนสนามแม่เหล็กที่มีทิศพุ่งออก  
และตั้งฉากกับกระดาษ)

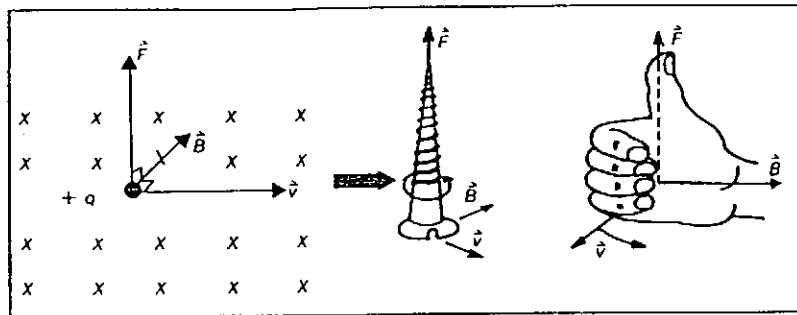
ภาพประกอบ 2 แรงแม่เหล็กและแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก  
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). หนังสือเรียนสาระ  
การเรียนรู้พื้นฐานการเคลื่อนที่และพลังงาน

เมื่อมีประจุไฟฟ้า  $+q$  เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v$  เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก  $B$  โดยทิศทางของความเร็วทำมุม  $90^\circ$  กับทิศทางของสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำเนื่องจากสนามแม่เหล็ก  $B$  ต่อประจุไฟฟ้า  $+q$  ซึ่งขนาดของแรงจะมีค่าเท่ากับ

$$F = qvB$$

เมื่อ  $F$  = แรงที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อประจุไฟฟ้า  
 $q$  = ประจุไฟฟ้า  
 $v$  = ความเร็วของประจุไฟฟ้า  
 $B$  = ความเข้มสนามแม่เหล็ก

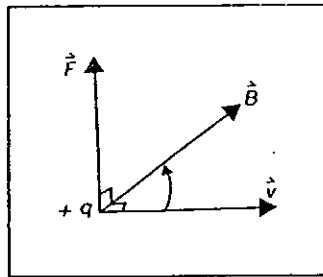
สำหรับทิศของ  $F$ ,  $v$  และ  $B$  จะเป็นไปตามกฎมือขวา กล่าวคือ กำมือขวาโดยปลายนิ้วทั้งสี่ชี้ทิศของ  $v$  หมุนไปหา  $B$  นิ้วหัวแม่มือจะแทนทิศของแรงที่กระทำต่อประจุบวก ดังภาพประกอบ 3



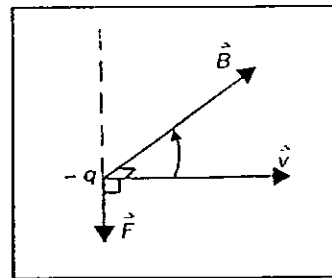
ภาพประกอบ 3 แสดงทิศของแรงตามกฎมือขวา

ที่มา : กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). หนังสือเรียนฟิสิกส์ 4 ว 028 : 151

กำหนดให้ X แทนทิศของ B พุ่งเข้าหาตั้งฉากแผ่นกระดาษ • แทนทิศของ B พุ่งออกจากแผ่นกระดาษ ถ้าเป็นประจุลบ (-q) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ผ่านไปในสนามแม่เหล็ก B ทิศของแรงจะตรงข้ามกับประจุบวกดังภาพประกอบ 4



(ก) ประจุบวก



(ข) ประจุลบ

ภาพประกอบ 4 แสดงทิศของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุบวกและประจุลบ

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานการเคลื่อนที่และพลังงาน : 30

### 1.3 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ในหัวข้อที่ได้ศึกษามาแล้ว จะเห็นว่าเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำ ส่งผลให้แนวทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนไปจากสมการ

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

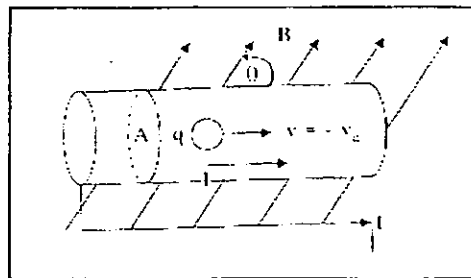
แสดงว่าองค์ประกอบที่ทำให้เกิดแรงแม่เหล็กขึ้นมี 3 อย่างคือ สนามแม่เหล็ก (B) ซึ่งมีอยู่เดิมในบริเวณหนึ่ง อนุภาคประจุซึ่งมีประจุไฟฟ้า q และความเร็ว (v) ของอนุภาคประจุตัวนั้น

สำหรับกรณีที่มีกระแสไหลผ่านตัวนำ เช่น เส้นลวดโลหะ ที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอคงตัว เมื่อกระแสไฟฟ้า ( $I$ ) คือ อัตราของประจุเคลื่อนที่ ดังความสัมพันธ์

$$I = \frac{dq}{dt}$$

จึงควรมีองค์ประกอบหลักที่สอดคล้องกับองค์ประกอบที่กล่าวถึง ด้วยเหตุนี้จึงมีเหตุผลพอที่จะเชื่อว่า น่าจะเกิดแรงแม่เหล็กบนตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านนั้น ในลักษณะที่สนับสนุนกัน สำหรับกรณีที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำตรง ดังภาพประกอบที่ 5

กรณีเส้นลวดตัวนำตรง



ภาพประกอบ 5 แสดงกรณีที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำตรงเส้นหนึ่ง  
ที่มา : สมพงษ์ ใจดี. (2543 : 245)

โดยเราจะสมมติปริมาณต่างๆ ประกอบการพิจารณาดังนี้

สมมติ  $n$  แทนจำนวนพาหะประจุต่อปริมาตร

$\eta = nAl$  แทนจำนวนพาหะประจุซึ่งเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ภาคตัดขวาง  $A$  ของเส้นลวด

ในช่วงความยาว  $l$  กล่าวคือ ในปริมาตร  $Al$

$q$  แทนค่าประจุไฟฟ้าของพาหะประจุแต่ละตัว

$\eta q = nqAl$  แทนค่าประจุไฟฟ้าของประจุ  $\eta$  ตัว

$v_d$  แทนความเร็วลอยเลื่อน ซึ่งเป็นความเร็วของอิเล็กตรอนอิสระ

$I = nqv_d A$  แทนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดตัวนำเส้นนี้

$B$  แทนสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอคงตัวในบริเวณที่พิจารณา โดยมีทิศทางกระทำมุม  $\theta$  กับเส้นลวด

$l$  แทนการกระจัดของพาหะประจุ โดยมีทิศทางตามทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า แต่ตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอน ซึ่งมีทิศทางตามความเร็วลอยเลื่อน

และ  $F$  แทนแรงแม่เหล็กที่กระทำกับลวดเส้นนี้ อันเป็นผลจากการวนการไหลของกระแสไฟฟ้าไปตามเส้นลวด ซึ่งอยู่ในบริเวณของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอคงตัวนั้น

จะได้ว่า

$$\vec{F} = \vec{I}l \times \vec{B}$$

แสดงว่า แรงแม่เหล็ก ( $\vec{F}$ ) มีทิศทางเช่นเดียวกันกับทิศทางของ  $\vec{I} \times \vec{B}$  กล่าวคือ ตามทิศทางที่ตั้งฉากกับระนาบของ  $\vec{I}$  และ  $\vec{B}$

เมื่อ  $\theta$  แทนมุมที่  $l$  กระทำกับ  $B$

และ  $F$  แทนขนาดของแรงแม่เหล็ก จะได้

$$F = IlB \sin \theta$$

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาประเด็นที่เกี่ยวข้องในด้านเนื้อหา ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เพื่อใช้เป็นกรอบในการสร้างชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลองจำนวน 4 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ความยาวของลวดตัวนำที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก การทดลองที่ 2 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก การทดลองที่ 3 แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก และ การทดลองที่ 4 แรงที่กระทำต่อตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

## 2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน

### 2.1 ความหมายของสื่อการสอน

นักการศึกษาได้ให้ความสำคัญกับสื่อการสอนมาเป็นเวลานาน เนื่องจากเห็นความสำคัญของการใช้สื่อการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ได้สมบูรณ์ และนักการศึกษาได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ สรุปได้พอสังเขปดังนี้

สาโรจน์ พงษ์ยัง (2529 : 1) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอนหมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เป็นพาหะของความรู้ที่ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนได้รับ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้

สมหวัง คุรุรัตน์ (2535 : 10) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอนหมายถึง อุปกรณ์การสอนอย่างง่ายที่ประกอบด้วยวัสดุที่มีในท้องถิ่นหรือมีในธรรมชาติ มีขั้นตอนในการทำงานไม่สิ้นเปลืองเวลาและงบประมาณ สามารถทำเองได้ และใช้สอนในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชาญชัย อินทรสุวานนท์ (2531 : 7) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สื่อที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนโดยเฉพาะ โดยครอบคลุมถึงวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทุกรูปแบบที่ไม่เฉพาะแต่สื่อที่เป็นวัสดุหรือเครื่องมือเท่านั้น เช่น กิจกรรม การ

สาริต การฉายภาพยนตร์ สไลด์ เทป กระดานชอล์ค การศึกษานอกสถานที่ นาฏการ การสัมภาษณ์ การสำรวจ การใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น การทดลอง เป็นต้น

กิดานันท์ มะลิทอง (2531 : 75) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สื่อชนิดใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิทยุ โทรทัศน์ วีดีโอ แผนภูมิ ภาพนิ่ง ฯลฯ ซึ่งบรรจุเนื้อหาข้อความเกี่ยวกับการเรียนการสอน

วาสนา ชาวหา (2524 : 107) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง อุปกรณ์การสอนที่ทำจากวัสดุราคาถูกลงหรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น และมีขั้นตอนในการทำและการใช้ง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากซับซ้อนแต่มีคุณภาพ และประโยชน์ใช้สอยคุ้มค่า ครูสามารถทำได้ด้วยตนเองเพียงแต่อาศัยเทคนิคเบื้องต้นบางประการ และเครื่องมือง่าย ๆ เพื่อช่วยให้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

สมบูรณ์ สงวนญาติ (2534 : 43) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่ผู้สอนและผู้เรียนนำมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ วัตถุประสงค์ของที่มีอยู่ในธรรมชาติ หรือมนุษย์สร้างขึ้นมา รวมทั้งวิธีการสอนและกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าว สรุปความหมายของสื่อการสอนได้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เพื่อเป็นสื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระตามความมุ่งหมายของบทเรียน สื่อการสอนอาจเป็นสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติหรือสิ่งที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นจากวัสดุในธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้ก็ได้ โดยกระบวนการสร้างต้องไม่ยุ่งยากซับซ้อน และต้นทุนการผลิตต่ำ

## 2.2 ประโยชน์และคุณค่าของสื่อการสอน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ และคุณค่าของสื่อการสอนไว้หลายท่านสรุปได้พอสังเขปดังนี้

สาโรจน์ แพงยัง (2529 : 6) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยให้คุณภาพของการเรียนรู้ดีขึ้น เพราะมีความหมายชัดเจนต่อผู้เรียน
2. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ในปริมาณมากขึ้น ในเวลาที่จำกัด
3. ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจบทเรียนมากขึ้น
4. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถจำบทเรียนได้เร็วขึ้น
5. ช่วยส่งเสริมการคิดและแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน
6. ช่วยให้การเรียนง่ายขึ้น ดังนี้
  - 6.1 ทำสิ่งที่ซับซ้อนให้ง่ายขึ้น
  - 6.2 ทำให้นามธรรมเป็นรูปธรรม
  - 6.3 ทำให้สิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลง

6.4 ทำให้สิ่งที่เคลื่อนไหวช้าให้เร็วขึ้น

6.5 ทำให้สิ่งใหญ่ย่อขนาดลง

6.6 ทำให้สิ่งที่เล็กมีขนาดใหญ่ขึ้น

6.7 นำสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตมาศึกษาได้

6.8 นำสิ่งที่อยู่ไกลมาศึกษาได้

7. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากขึ้นกว่าเดิม

ชาญชัย อินทรสุนานนท์ (2531 : 14) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ว่า การเรียนการสอนจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยสื่อเป็นตัวกลางจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ฉะนั้นสื่อจึงมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนดังต่อไปนี้

1. เป็นศูนย์รวมความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากยิ่งขึ้น

2. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้มากขึ้นมีประสิทธิภาพกว้างขวางขึ้นโดยใช้เวลาน้อยลง

3. ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักคิดและแก้ปัญหาในการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

4. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้อย่างมั่นใจ ประทับใจ และจดจำได้นาน

5. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้นจากประสบการณ์ที่มีความหมายรูปแบบต่างๆ

6. ช่วยลดคำบรรยายของผู้สอนให้น้อยลงแต่ผู้เรียนเข้าใจง่ายขึ้น

7. ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของศัพท์ต่างๆ ทำให้เด็กอ่านได้เร็วขึ้น

8. ช่วยเหลือข้อจำกัดต่างๆ เกี่ยวกับรูปร่าง เวลา ระยะทาง การเคลื่อนไหว หรือสิ่งยุ่งยากในการเรียนรู้ให้น้อยลงหรือหมดไป

9. ช่วยลดความสูญเสียเปล่าทางการศึกษาได้ เช่น ช่วยลดเวลาการเรียนการสอน ลดค่าใช้จ่าย ลดจำนวนผู้สอบตก ช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยแก้ปัญหาการเรียนการสอนทั้งรายบุคคล การเรียนกลุ่มย่อย และการเรียนกลุ่มใหญ่ให้มีประสิทธิภาพขึ้น

กิตานันท์ มลิทอง (2540 : 81 – 82) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอนสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งกับผู้เรียนและผู้สอนดังต่อไปนี้

1. สื่อกับผู้เรียน

1.1 เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.2 สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้เกิดความสนุกและไม่เบื่อหน่ายการเรียน

1.3 การใช้สื่อจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกัน และเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียนนั้น

1.4 ช่วยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้เกิดมนุษยสัมพันธ์อันดีในระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและกับผู้สอนด้วย

1.5 ช่วยสร้างเสริมลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จากการใช้สื่อเหล่านั้น

1.6 ช่วยแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยจัดให้มีการใช้สื่อการเรียนการสอนรายบุคคล

## 2. สื่อกับผู้สอน

2.1 การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบการเรียนการสอนช่วยให้บรรยากาศในการเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้สอนมีความสนุกสนานในการสอนมากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว เป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2.2 สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

2.3 เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่างๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

จากการศึกษาเอกสารสรุปได้ว่า สื่อการสอนมีประโยชน์และมีคุณค่าต่อการเรียนการสอนทั้งตัวผู้สอนและตัวผู้เรียนเอง โดยสื่อการสอนจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อผู้สอนนำไปใช้อย่างเหมาะสมและถูกวิธี ดังนั้นผู้สอนจึงควรได้ศึกษาถึงลักษณะและคุณสมบัติของสื่อดังกล่าวก่อน เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอน และเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

### 2.3 ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี

ไซ สาลีฉิน (2534 : 27 – 29) ได้กล่าวถึงลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีไว้ว่า อุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นนั้น ถ้าจะให้ป็นอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. รูปร่างลักษณะจะต้องจูงใจ ถ้ารูปร่างจูงใจจะมีผลดีต่อการเรียนการสอนมาก เพราะเมื่อครูนำเครื่องมือเข้าไปในห้องเรียน เมื่อนักเรียนมองเห็นจะเริ่มสนใจอยากรู้ว่าเครื่องมือ นั้นจะใช้ทำอะไร จะมีผลอย่างไร ทำให้เด็กมีความตั้งใจเรียนมากขึ้นผลของการเรียนการสอน จะได้ผลเต็มที่

2. ต้องทำงานได้ตามต้องการ เครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องให้ทำงานได้ตามต้องการ ไม่ใช่เวลาผ่านไปทดลองเครื่องมือไม่ทำงานต้องแก้ไขทำให้เสียเวลา ทำให้เด็กนักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ความสนใจในการเรียนจะลดลง

3. สะดวกในการใช้และปฏิบัติ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรจะสะดวกในการใช้และปฏิบัติเมื่อใช้สอนหรือปฏิบัติทดลอง เพื่อจะได้มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติ ไม่เกะกะ ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย มีความปลอดภัยแก่ครูและนักเรียน

4. มีความคงทนถาวร ถ้าเราออกแบบสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือให้มีความถาวรและคงทน ก็จะมีอายุการใช้งานได้นานเป็นการประหยัดไม่ต้องซื้อบ่อยๆ ทำให้สิ้นเปลือง จึงนับได้ว่ามีความจำเป็นต้องคำนึงถึงทุกครั้งเมื่อจะออกแบบสร้าง

5. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย เพื่อว่าเมื่อออกแบบเสร็จแล้วจะได้สร้างได้ทันที ถ้าวัสดุหายากหรือหาไม่ได้ก็ไม่มีโอกาสได้สร้าง การออกแบบเครื่องมือนั้นก็สูญเปล่าไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด ฉะนั้นในการออกแบบสร้างนั้นจะต้องหาวัสดุที่ใช้สร้างได้ง่าย วัสดุที่หาได้ง่ายคือ 1) วัสดุที่มีในท้องถิ่น 2) วัสดุเหลือใช้ ผู้ออกแบบจะต้องสำรวจดูว่าในท้องถิ่นนั้นมีวัสดุอะไรบ้างที่มีในธรรมชาติหรือมีมากในท้องถิ่นนั้น และสามารถนำมาประดิษฐ์สร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ได้

6. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุราคาถูก เนื่องจากในโรงเรียนส่วนใหญ่มีงบประมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องนี้น้อยมาก ถ้าเราออกแบบที่ใช้วัสดุราคาแพงก็จะมีเงินไม่พอและก็คงไม่ได้สร้างเลยก็ได้ การใช้วัสดุราคาถูกสร้างเป็นการประหยัดเงินของโรงเรียน และยังสร้างได้จำนวนมากด้วย

7. ควรใช้งานได้หลายอย่าง อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนั้นควรให้ใช้งานได้หลายๆ อย่างจะทำให้ได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้าง ทำให้สิ้นเปลืองน้อย ไม่สิ้นเปลืองที่เก็บรักษา เช่น ถ้าเรามีขวดน้ำมันพืชอยู่ 1 ใบ เราอยากได้กรวยสำหรับกรองของเหลว 1 ใบ เราก็เอาขวดนั้นไปล้างให้สะอาดแล้วใช้ใบมีดตัดขวดนั้นออกเป็น 2 ส่วน ทางด้านมีคอใช้ทำกรวย ส่วนทางกันขวดใช้ทำเป็นขาตั้งกรวย และเป็นภาชนะรองของเหลวที่กรองก็ได้

8. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นจะต้องออกแบบให้มีรูปร่างกะทัดรัดเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาถ้ารูปร่างสูงใหญ่เกินไปทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงรูปร่างของเครื่องมือด้วย

9. มีเสถียรภาพดี เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการสอนถ้าออกแบบมีเสถียรภาพไม่ดีก็จะทำให้ล้มง่าย เครื่องมืออาจชำรุดและไม่คงทนถาวรสิ้นเปลืองเวลาในการซ่อมแซม จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบให้มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ในฐานตั้ง และถ้าใกล้ฐานจึงจะมีเสถียรภาพดีไม่ล้มง่าย

10. เวลาสาธิตและปฏิบัติการทดลองมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน การออกแบบสร้างขนาดและรูปทรงต้องสามารถให้ผู้เรียนมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน

การออกแบบสร้างเครื่องมือจะต้องให้มีคุณสมบัติครบ 10 ประการดังกล่าวจะช่วยให้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพต่อการใช้งานและมีผลดีต่อการเรียนการสอนอย่างยิ่ง

#### 2.4 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

โช สาสีฉัน (2528 : 1-2) ได้เสนอขั้นตอนของการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

## 1. ชั้นเตรียมการ

1.1 จัดซื้อหนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาศึกษาทำบัญชีรายการอุปกรณ์การสอนที่จะต้องสร้างทดแทนทั้งหมด

1.2 ศึกษาหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องมือทดลองวิทยาศาสตร์หรืออุปกรณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในบัญชีที่ทำไว้ในข้อ 1.1 เพื่อนำไปออกแบบสร้างทดแทนโดยใช้วัสดุต่างๆ ให้เหมาะสมกับวัสดุที่มีอยู่ในแต่ละท้องถิ่นในประเทศไทย

## 2. ชั้นปฏิบัติการ

2.1 เลือกเครื่องมือหรืออุปกรณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆ ไว้แล้ว ซึ่งจะต้องสร้างแบบทดแทนใหม่มาพิจารณาศึกษาอีกครั้งหนึ่ง

2.2 เลือกวัสดุจากที่สำรวจไว้แล้วซึ่งสามารถหาได้ง่ายในทุกท้องถิ่นเพื่อนำมาใช้ออกแบบสร้างเป็นอุปกรณ์การสอนวิชาศาสตร์

2.3 ดำเนินการออกแบบโดยเขียนเป็นภาพอย่างหยาบๆ ขั้นแรกเสียก่อนพิจารณาจนแน่ใจว่าเป็นแบบที่ใช้ได้แล้วจึงลงมือสร้างตามแบบ โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ 1) เป็นแบบที่สร้างได้ง่าย ครูหรือนักเรียนก็สามารถสร้างได้ 2) วัสดุที่ใช้สร้างสามารถหาได้ทุกท้องถิ่น 3) ใช้ทดแทนแบบเดิมได้ 4) เป็นแบบที่มองดูแล้วง่ายๆ ไม่ซับซ้อน และ 5) วัสดุที่ใช้สร้างเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น วัสดุเหลือใช้และวัสดุราคาถูก

2.4 นำอุปกรณ์การสอนวิชาศาสตร์ที่สร้างเสร็จแล้วมาทดลอง เพื่อตรวจสอบหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆ ว่าทำงานได้อย่างที่ต้องการ และมีความละเอียดอยู่ในช่วงที่เชื่อถือได้ก็ถือว่าอุปกรณ์การสอนวิชาศาสตร์ที่สร้างนี้ใช้ได้ และใช้เป็นต้นแบบต่อไป แต่ถ้าชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นทำงานยังไม่ดีต้องแก้ไขปรับปรุงต่อไป

2.5 ตั้งสมมติฐานของสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์การสอนที่สร้างขึ้นทำงานได้ไม่ดี แล้วลงมือแก้ไขตามสมมติฐานนั้น และนำไปทดลองตรวจสอบใหม่อีกครั้งจนกว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจะสมบูรณ์ตามต้องการ จึงใช้เป็นต้นแบบต่อไป

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์นั้นผู้วิจัยจะต้องมีการเตรียมการศึกษาเอกสารหรือเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาระบบของการทำงานของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการนำไปวางแผนการออกแบบ และดำเนินการสร้างตามขั้นตอนของการปฏิบัติงานพัฒนาสื่อ และเมื่อสร้างเสร็จแล้วต้องตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของสื่อที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นต้นแบบต่อไป ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาชุดทดลองโดยใช้แนวคิดจากการศึกษาเอกสารดังกล่าวเป็นกรอบในการพัฒนา

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้

ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้จัดเป็นการวัดและประเมินผลในระดับชั้นเรียนที่กำหนดขึ้น ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 โดยผู้วิจัยได้ให้นิยามคำว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ตามแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 46-49) ดังต่อไปนี้

ผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ด้าน พุทธิพิสัยอันเป็นผลมาจากการใช้สมองรับรู้และขบคิดตามเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่

1. ความรู้-ความจำ(Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง นิยามศัพท์ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดที่สำคัญทางด้าน วิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

- 1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง(Specific facts)
- 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์(Scientific terminologies)
- 1.3 ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์(Concept of science)
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง(Conventions)
- 1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับชั้น(Trends and sequences)
- 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์

(Classifications, categories, and criteria)

1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific techniques and procedures)

1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการ และกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific principles and laws)

1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆหรือแนวคิดที่สำคัญ (Theories or Major conceptual schemes)

2. ความเข้าใจ(Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ หรือจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปความรู้ใหม่ และ ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปอีกสัญลักษณ์หนึ่งซึ่งเป็นพฤติกรรม การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความรู้ความจำโดยจำแนกได้ดังนี้

2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ (Identification of knowledge in a new context)

## 2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

(Translation of knowledge from one symbolic form to another)

3. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of scientific inquiry) ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังนี้

3.1 การสังเกตและการวัด (Observing and measuring)

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีแก้ปัญห (Seeing a problem and seeking ways to solve it)

3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป (Interpreting data and formulating generalizations)

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

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and skills) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา กล่าวได้ว่าการนำความรู้ไปใช้เป็นพฤติกรรมที่ลึกซึ้งที่สุด เพราะเป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจอย่างดีเสียก่อนซึ่งจำแนกเป็นพฤติกรรมย่อย ดังนี้

4.1 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน

4.2 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขา

4.3 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่นๆ นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

สรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เป็นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้จำนวน 2 ชุด คือ 1) แบบทดสอบที่เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และ 2) แบบทดสอบที่เป็นอัตนัยจำนวน 3 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้จากเนื้อหาที่สอดคล้องกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์

#### 4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำการทดลอง

ตามแนวปฏิรูปการศึกษาในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในด้านความสามารถ นั้น ญัตติพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 18-19) ได้จำแนกผลการเรียนรู้ด้านความสามารถออกเป็น ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านการใช้อุปกรณ์ ความสามารถในการทำโครงงาน และความสามารถในการทำการทดลองหรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการทำการทดลอง เป็นความสามารถที่สำคัญยิ่งในกลุ่มการเรียนรู้ด้านความสามารถ เพราะเป็นความสามารถหลักของผู้เรียนในการเข้าสู่ความเป็นนักวิทยาศาสตร์ จึงควรส่งเสริมผู้เรียนให้ทำการทดลอง และได้รับการประเมินด้วยวิธีที่เหมาะสม ซึ่งความสามารถในการทำการทดลองควรได้รับการประเมินจากการปฏิบัติจริง โดยมีการกำหนดองค์ประกอบและเกณฑ์ในการประเมิน ซึ่งองค์ประกอบที่พิจารณา ได้แก่ ความสามารถในการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง สำหรับวิธีการให้คะแนนอาจใช้การให้คะแนนแบบมาตราส่วนค่า หรือใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (ญัตติพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 134-135) นักวิชาการได้ให้ความหมายของความสามารถในการทำการทดลอง หรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

ความหมายทักษะปฏิบัติการ

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 299-322) กล่าวถึงทักษะการปฏิบัติจากการจำแนกพฤติกรรม การเรียนรู้ ตามแนวคิดของบลูม (Bloom. 1956 : 7) ดังนี้ ทักษะการปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถและมีทักษะในการใช้วิธีระเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ เข้าไปปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ความสามารถด้านนี้ คือ ความสามารถทางกาย เช่น ทักษะในการเขียน (เขียนเร็ว เขียนคล่องแคล่ว และเขียนถูกต้อง) ทักษะในการพิมพ์ดีด (พิมพ์เร็ว พิมพ์คล่อง และพิมพ์ถูกต้อง) ทักษะในการวาดรูป (วาดเร็ว วาดคล่องแคล่ว ถูกต้องและประณีต) ทักษะในการพูด (พูดเร็ว พูดคล่อง พูดได้ใจความ) ทักษะในการเล่นดนตรี ทักษะในการเล่นกีฬา ทักษะในการติดตั้งเครื่องมือ ทักษะในการใช้เครื่องมือ ทักษะในการกระทำการทดลอง เป็นต้น

วัฒนาพร ระบุบุทกซ์ (2542 : 55) ได้กล่าวถึง ความสามารถในทางปฏิบัติว่า เป็นสมรรถภาพที่มุ่งเน้นไปที่การกระทำ การปฏิบัติงาน หรือภารกิจหน้าที่ด้วยการใช้สติปัญญา ความรอบรู้ ความเฉลียวฉลาด ความสุขุมรอบคอบ ตามขีดความสามารถและศักยภาพแต่ละบุคคลที่มีอยู่ได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญและสำเร็จลุล่วงได้ดีในช่วงเวลาอันสั้น โดยได้แสดงออกให้เห็นปรากฏชัดในรูปของกรวางแผนการดำเนินการ การบังคับควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการ การจัดการ การบริหารงาน ในรูปของผลงานและผลผลิต ซึ่งความสามารถของผู้เรียนทั้งหมดต้องอยู่ภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด

ญัตติพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 82) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หมายถึง พฤติกรรมเกี่ยวกับกลไกและการปฏิบัติซึ่งมุ่งผลที่ความคล่องแคล่ว และชำนาญ

สรุปได้ว่า ความสามารถในการทำการทดลองหรือทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมด้านความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกได้จากการปฏิบัติการทดลอง การวางแผน การดำเนินการ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดผลการเรียนรู้ด้านความสามารถและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเป็นธรรมชาติ ทำการประเมินความสามารถในการทำการทดลอง โดยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและใช้แบบประเมินด้วยการให้คะแนนตามเกณฑ์รูปรีด 5 ระดับ

### โครงสร้างของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง

เนื่องจากบริบทด้านเนื้อหาของทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีความกว้างขวางมาก ส่วนหนึ่งมีเนื้อหาเป็นการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยโดยตรง ได้แก่ ความมุ่งหมายของการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ลักษณะทั่วไปของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และข้อควรปฏิบัติในการทดลอง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านพุทธิพิสัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการได้ ส่วนบริบทที่เหลือ ได้แก่ การเก็บรักษาวัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การใช้ตู้และชั้นเก็บวัสดุอุปกรณ์ การเก็บรักษาสารเคมี การเก็บรักษาเครื่องแก้วและการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้เป็นเนื้อหาของเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดในวงกว้างได้ ดังนั้น เพื่อให้ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในกรอบความคิดที่แคบลง จึงเน้นเฉพาะทักษะด้านการทำการทดลองหรือความสามารถในการทำการทดลอง ซึ่งเป็นทักษะปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนเป็นการเฉพาะ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 86-87)

ในด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายหลักของการวัดผลมักเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับการทำการทดลอง ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดกรอบพฤติกรรมที่ต่อเนื่องกันไว้ 3 ด้าน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 87-88 ; อ้างอิงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 25) คือ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง 3) การจัดทำรายงานการทดลอง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง การวางแผนการทดลองประกอบด้วยพฤติกรรม หรือตัวชี้วัดที่ต้องพิจารณา ดังนี้

- 1.1 มีการปรึกษาหารือ (กับผู้เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 1.2 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสม และชัดเจน

ชัดเจน

1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทำการทดลองอย่างเหมาะสมแก่ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5 มีความตั้งใจ และทำงานอย่างมีความสุข

2. การปฏิบัติการทดลอง การปฏิบัติการทดลองมีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรมหลัก 3 ด้าน คือ 1) ด้านเทคนิคการทดลอง 2) ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง 3) ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ แต่ละด้านมีพฤติกรรมย่อย ดังนี้

2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

- 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
- 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม
- 3) อ่านค่า และตรวจสอบความได้ถูกต้อง
- 4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย
- 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

- 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว
- 2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์
- 3) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการ
- 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด
- 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

- 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- 3) จัดเก็บอุปกรณ์ เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
- 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาด และเรียบร้อย
- 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข

การจัดทำรายงานผลการทดลองพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาสาระตามหัวข้อต่อไปนี้

- 1.1 ชื่อการทดลองหรือปัญหาที่ศึกษา
- 1.2 จุดประสงค์การทดลอง
- 1.3 สมมติฐาน
- 1.4 อุปกรณ์สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
- 1.5 วิธีทดลอง
- 1.6 การบันทึกผลการทดลอง
- 1.7 การจัดกระทำกับข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล
- 1.8 การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง
- 1.9 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ
- 1.10 เอกสารอ้างอิง

หัวข้อรายงานการทดลองเบื้องต้น มีความสอดคล้องกับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการทำโครงการวิทยาศาสตร์หรือการวิจัย ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรให้ความสนใจเป็นพิเศษในการตรวจรายงานการทดลองโดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียน

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของพฤติกรรมที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลองและการจัดทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบประเมิน ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของ ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 137-139) ซึ่งดัดแปลงจากกรอบกำหนดของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 25) ในการประเมินพฤติกรรมด้านการวางแผนการทดลองและการปฏิบัติการทดลอง ครูผู้สอนทำการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลขณะปฏิบัติการทดลอง ส่วนในด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ครูผู้สอนทำการประเมินเป็นรายบุคคลหลังจากนักเรียนปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละบทปฏิบัติการ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 5 ระดับ

## 5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

### 5.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติเป็นองค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งของมนุษย์ เจตคติอาจเรียกว่า ทัศนคติ ซึ่งตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า "Attitude" ซึ่งในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 ได้ให้ความหมายไว้ว่า ท่าทีหรือความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของเจตคติไว้ดังนี้

อัลล์พอร์ต (Allport. 1935 : 417) ได้ให้ความหมายของเจตคติไว้ว่า เจตคติ หมายถึง สภาพความพร้อมทางจิตที่ก่อตัวขึ้นจากประสบการณ์ และเป็นตัวกำหนดทิศทางที่บุคคลจะตอบสนองต่อวัตถุหรือสภาพการณ์ที่เกี่ยวข้อง

เชดส์คีย์ โฆวาสิษฐ์ (2520 : 41) ได้ให้ความหมายของเจตคติไว้ว่า เจตคติเป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่างๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมหรือแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อสิ่งเรานั้นๆ ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง อาจเป็นไปในทางสนับสนุนหรือคัดค้านก็ได้

พรรณี ช.เจนจิต (2528 : 195) ได้ให้ความหมายของเจตคติไว้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ท่าทีของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ได้แก่ วัตถุประสงค์ของ บุคคล เหตุการณ์ ทั้งที่พอใจและไม่พอใจ มีผลทำให้บุคคลตอบสนองต่อสิ่งนั้นแตกต่างกันออกไป

วิรงรอง โรจนกุล (2530 : 26) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็น และความพร้อมที่จะตอบสนองของบุคคลต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดซึ่งอาจเป็นไปในทิศทางต่างกัน

อมรา เขียวรักษา (2540 : 55) ได้สรุปความหมายของเจตคติไว้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นไปในเชิงบวก หรือเชิงลบ สามารถสร้างและเปลี่ยนแปลงได้

ปาริชาติ แก่นสำโรง (2541 : 32) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็น ทำที่ที่มีต่อสิ่งต่างๆ อันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ หรือประสบการณ์ซึ่งอาจเป็นไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง เช่น ชอบ ไม่ชอบ เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย เป็นต้น ซึ่งสามารถสร้างให้เกิดขึ้นได้ เจตคตินี้เป็นองค์ประกอบที่ทำให้บุคคลประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวได้

ทิพาพรรณ ก.บัวเกษร (2542 : 44) กล่าวว่า เจตคติเป็นระบบที่ต่อเนื่องกัน รวมถึงส่วนของการรับรู้อันประกอบด้วยสภาพความโน้มเอียงของความรู้สึกภายในจิตใจ ค่านิยม ความเชื่อ ความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อสถานการณ์หรือสิ่งหนึ่งสิ่งใด ซึ่งเป็นผลมาจากประสบการณ์ การเรียนรู้ และแนวโน้มที่เกี่ยวกับพฤติกรรม หรือการตอบสนองต่อสิ่งนั้นในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ในลักษณะเชิงนิมิต (ทางบวก) หรือในลักษณะเชิงนิเสธ (ทางลบ)

นุสรุา เอี่ยมนวรรตน์ (2542 : 52) ได้สรุปความหมายของเจตคติไว้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้าที่เป็นสภาพแวดล้อมภายนอก ความรู้สึกนี้อาจเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ซึ่งมีอิทธิพลที่จะทำให้บุคคลนั้นพร้อมที่จะมีปฏิกิริยาเฉพาะอย่างตอบสนองต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันออกไป

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 115) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลต่างๆ อันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ โดยมีธรรมชาติเป็น “อารมณ์” และโน้มเอียงไปในเชิง “ศิลปะ”

จีรภัทร์ บัวสุวรรณ (2543 : 39) ให้ความหมายของเจตคติไว้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกหรือสภาพจิตใจของบุคคลที่ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับเหตุการณ์ บุคคลหรือสิ่งต่างๆ และแสดงพฤติกรรมพร้อมที่สนับสนุนหรือคัดค้าน

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปความหมายของเจตคติได้ว่า เจตคติ หมายถึง ทำที่ ความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือมีต่อสิ่งเร้าที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ และมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งเร้า นั้น เจตคติอาจเป็นไปได้ทั้งทางบวกหรือทางลบ และสามารถสร้างหรือพัฒนาให้เกิดขึ้นได้

## 5.2 ประเภทของเจตคติ

กมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2528 : 230) ได้แบ่งเจตคติออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. เจตคติทางบวก หรือเจตคติที่ดี หมายถึง แนวโน้มที่อินทรีย์จะเข้าหาสิ่งเร้าหรือสถานการณ์นั้นๆ เนื่องจากความชอบหรือความพอใจ

2. เจตคติทางลบ หรือเจตคติที่ไม่ดี หมายถึง แนวโน้มที่อินทรีย์จะถอยหนีจากสิ่งเร้า หรือสถานการณ์นั้นๆ เนื่องจากความไม่ชอบหรือไม่พอใจ

### 5.3 องค์ประกอบของเจตคติ

เจตคติเป็นส่วนหนึ่งของพฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain) ตามทฤษฎีของ บลูมและคณะ เป็นความรู้สึกเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ เริ่มตั้งแต่มีการรับรู้ในสิ่งนั้น การตอบสนอง การสร้างคุณค่า การจัดระบบคุณค่า จนในที่สุดสร้างเป็นลักษณะนิสัยของบุคคล เจตคติไม่สามารถแยกออกมาอย่างชัดเจนได้ว่าอยู่ในขั้นใดของพฤติกรรมด้านความรู้สึก ซึ่ง เทรนดิส (Triandis. 1971 : 2 – 3) ได้แบ่งองค์ประกอบของเจตคติไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความรู้ (Cognitive Component) ได้แก่ ความรู้และแนวความคิดที่บุคคลมีต่อสิ่งเร้าไม่ว่าบุคคลจะอยู่ในสถานการณ์ใดๆ ก็ตาม ความรู้และแนวความคิดดังกล่าวจะเป็นสิ่งกำหนดลักษณะ และทิศทางของเจตคติของบุคคลนั้น กล่าวคือ ถ้าบุคคลมีความรู้และแนวความคิดต่อสิ่งเร้าใดครบถ้วนแล้ว บุคคลนั้นก็จะมีเจตคติต่อสิ่งเร้านั้นไปในทางบวก หรือลบชัดเจนยิ่งขึ้น

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Component) ได้แก่ อารมณ์หรือความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้า อารมณ์หรือความรู้สึกดังกล่าวจะเป็นสิ่งกำหนดทิศทาง และลักษณะของเจตคติไปในทางบวกต่อสิ่งนั้น แต่ถ้าบุคคลมีอารมณ์หรือความรู้สึกที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้น บุคคลก็จะมีเจตคติทางลบต่อสิ่งนั้น

3. องค์ประกอบด้านความพร้อมในการกระทำ (Behavioral Component) ได้แก่ พฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกต่อสิ่งเร้าอย่างใดอย่างหนึ่ง พฤติกรรมดังกล่าวจะเป็นสิ่งที่บอกลักษณะ และทิศทางเจตคติของบุคคลกล่าวคือ ถ้าพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกต่อสิ่งเร้านี้ชัดเจนแน่นอน ทิศทางก็จะมีลักษณะชัดเจนแน่นอน และเป็นทิศทางบวกหรือลบชัดเจนด้วย

ดังนั้นในการวัดเจตคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้น ผู้วัดอาจเลือกวัดองค์ประกอบด้านใดด้านหนึ่ง หรือวัดทั้งสามองค์ประกอบพร้อมกันก็ได้

### 5.4 เครื่องมือวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

การวัดผลเจตคตินั้น ฌ็องรูฟงซ์ เจริญพิทย์ (2542 : 154 - 163) กล่าวว่า เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริง (Typical performance) มิใช่เป็นการวัดความสามารถสูงสุดที่มีอยู่ (Maximum performance) อันเป็นจุดเน้นตามปกติของการวัดความรู้ความสามารถทั้งหลาย ลักษณะคำตอบของการวัดผลด้านเจตคติจะเป็นแบบแผนของพฤติกรรม ซึ่งบ่งชี้ว่าบุคคลมีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไร (คือ สนับสนุน วางเฉย หรือคัดค้าน) หรือแสดงออกในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย ฯลฯ) ลักษณะโดยภาพรวมของเครื่องมือประเภทนี้จึงอยู่ในรูปของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales) เครื่องมือวัดผลด้านเจตคติ ตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่าที่จะกล่าวถึงจัดไว้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่เป็นแบบฉบับทั่วไป และ 2) กลุ่มที่เสนอเพิ่มเติมดังนี้

### 1. เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติที่เป็นแบบฉบับทั่วไป

เครื่องมือวัดผลกลุ่มนี้ เป็นเครื่องมือตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า ที่นิยมใช้กันอยู่มี 3 วิธี คือ 1) วิธีของเทอร์สโตน (Thurstone) 2) วิธีของลิเคิร์ต (Likert) และ 3) วิธีของออสกู๊ด (Osgood)

1.1 วิธีของเทอร์สโตน หรือเรียกว่า “มาตรอันตรภาคปรากฏที่เท่ากัน” (Equal-appearing interval scales) มีขั้นตอนการสร้างหลายขั้นตอน เป็นการวัดเจตคติของบุคคลโดยอาศัยกฎแห่งการเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจว่าเห็นด้วย (Accepted) หรือไม่เห็นด้วย (Rejected) ในข้อความเหล่านั้นมากน้อยเพียงใด โดยให้กลุ่มผู้ตัดสินพิจารณาว่าข้อความที่เสนอมานั้นควร จะอยู่ตรงไหน เมื่อแบ่งความคิดเห็นทั้งหมดตั้งแต่เห็นด้วยมากที่สุด ไปจนถึงไม่เห็นด้วยมากที่สุดออกเป็น 11 กลุ่มเท่าๆ กัน เมื่อกลุ่มผู้ตัดสินได้พิจารณาทุกข้อความแล้วก็นำมาหาค่าสเกล (Scale value) คือหาค่าตำแหน่งมัธยฐานของแต่ละสเกลสำหรับวัดเจตคติต่อไป เครื่องมือวัดเจตคติแบบนี้ใช้เวลาในการสร้างมาก แต่ใช้ได้สะดวกและใช้เวลาในการตอบน้อย นอกจากนี้ ค่าประจำข้อความถูกกำหนดโดยผู้ตัดสิน และได้มีการตรวจสอบก่อนใช้ จึงทำให้เครื่องมือที่สร้างขึ้นตามวิธีนี้มีประสิทธิภาพ และสามารถแปลความหมายได้ว่าผู้ตอบมีเจตคติอยู่ในระดับใดได้อย่างสมบูรณ์

1.2 วิธีของลิเคิร์ต วิธีนี้มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าเชิงประมวล (Summated rating scale) มีขั้นตอนการสร้างที่ง่ายกว่าของเทอร์สโตน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ต้องใช้กลุ่มผู้ตัดสินพิจารณา ขั้นตอน การสร้างเครื่องมือนี้ข้อความที่ใช้วัดต้องมากพอ และลักษณะข้อความจะเป็นทางบวกหรือทางลบเท่านั้น ข้อความกลางๆ จะไม่นำมาใช้ในการสร้าง ต่อจากนั้นกำหนดมาตรวัดของข้อความเป็น เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly agree) เห็นด้วย (Agree) ไม่แน่ใจ (Uncertain) ไม่เห็นด้วย (Disagree) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly disagree) และกำหนดค่าประจำระดับความคิดเห็นกรณีนี้ที่ข้อความเป็นทางบวกเป็น 5 4 3 2 และ 1 และค่าประจำระดับความคิดเห็นที่ข้อความเป็นทางลบเป็น 1 2 3 4 และ 5 จากนั้นนำไปทดลองใช้ และหาค่าอำนาจจำแนกแล้วเลือกข้อความที่มีค่าอำนาจจำแนกไปหาค่าความเชื่อมั่น

1.3 วิธีของออสกู๊ด วิธีนี้มีลักษณะพิเศษที่ใช้คำคุณศัพท์ในการบรรยายลักษณะของสิ่งที่จะศึกษา แทนการใช้ข้อความของข้อกระทง โดยมีความเชื่อพื้นฐานว่าคำคุณศัพท์จะสื่อความหมายทางภาษาได้ตรงกับเจตคติหรือความรู้สึกนึกคิดของบุคคลได้ดีกว่า ด้วยเหตุนี้จึงเรียกวิธีนี้ว่า “มาตรจัดช่วงต่างจากนัยทางภาษา” (Semantic differential scale) ทั้งนี้ คำคุณศัพท์ที่ใช้ในวิธีของออสกู๊ดมี 3 กลุ่มดังนี้

1) กลุ่มที่สื่อความหมายเชิงประเมินค่า (Evaluation factor) เช่น เป็น ประโยชน์ – เป็นโทษ, ดี – เลว ฯลฯ

2) กลุ่มที่สื่อความหมายเชิงมีพลัง (Potency factor) เช่น หนัก – เบา, แข็งแรง – อ่อนแอ ฯลฯ

3) กลุ่มที่สื่อความหมายเชิงอาการ (Activity factor) เช่น ตื่นตัว – เฉื่อยชา, เร็ว – ช้า ฯลฯ

ในการสร้างเครื่องมือวิธีนี้สามารถทำได้โดย รวบรวมคำคุณศัพท์ที่ต้องการอธิบาย ลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัดเจตคติให้ได้มากที่สุด และนำคำคุณศัพท์เหล่านั้นมาหาค่าที่มีความหมายตรงกันข้าม จากนั้นนำคู่คำคุณศัพท์มาจัดเรียงเป็นเครื่องมือวัดเจตคติ โดยเขียนค่าที่จะวัดเจตคติต่อสิ่งนั้นไว้ด้านบนตรงกลาง โดยในระหว่างคำคุณศัพท์จะมีมาตรวัด 7 อันดับ เช่น 7 แล้วลดหลั่นลงไปตามลำดับจนถึง 1 หรือ กำหนดให้จุดกึ่งกลางเป็น 0 ส่วนนิยามเป็น + และนิเสธเป็น - เช่น 3 2 1 0 -1 -2 -3 จากนั้นนำเครื่องมือไปหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบต่อไป

## 2. เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติที่เสนอเพิ่มเติม

โครงสร้างเครื่องมือประเภทนี้จัดให้อยู่ในรูปของการเสนอสื่อเร้า หรือกิจกรรมที่เข้าร่วม และให้ผู้เรียนประเมินตนเองโดยใช้รูปแบบของตาราง 2 มิติ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมเจตคติต่อสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมิติหนึ่งและระดับพฤติกรรมอีกมิติหนึ่ง ดังนี้

### 2.1 กรณีการใช้สื่อเร้า

สิ่งที่กำหนด	:	กำหนดสื่อเร้า
รูปแบบการตอบ	:	ให้ผู้ตอบระบุระดับพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเร้าจากสื่อโดยแจกแจงตามพฤติกรรมเจตคติ
วิธีตอบ	:	ให้ตอบโดยกาคำตอบลงในตาราง

### 2.2 กรณีการเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ

สิ่งที่กำหนด	:	กิจกรรมที่เข้าร่วม
รูปแบบการตอบ	:	เหมือนข้อ 2.1
วิธีตอบ	:	เหมือนข้อ 2.1

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การวัดผลเจตคติต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์นั้นเป็นการวัดด้านความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองหลังจากเรียนด้วยชุดทดลองดังกล่าวแล้ว ซึ่งสามารถวัดได้หลายวิธีในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดเจตคติต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดตามวิธีของลิเคิร์ต โดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของ ฅัญฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2544 : 144 – 146) เป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยกำหนดกรอบการวัดเป็น 2 ด้าน คือ ด้านความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ และ ด้านการแสดงออกต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาของข้อคำถามทั้งเชิงบวกและเชิงลบ

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาชุดทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลอง งานวิจัยในประเทศ

มงคล จงสุพรรณพงศ์ (2543 : 104) ได้พัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์ และเยนเนอเรเตอร์เพื่อเป็นชุดทดลองประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผลการศึกษาพบว่า ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามทฤษฎีทั้ง 7 การทดลอง ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 (ในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการเสาะแสวงหาความรู้) และมีเจตคติที่ดีต่อชุดทดลอง

ประนอม หมอกกระโทก (2545 : 73) ได้พัฒนาชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวตรง ประกอบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนปราสาทวิทยาคม อำเภอตาบูนเขต จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 15 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และด้านเจตคติต่อชุดทดลองเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเจตคติก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

วิรัช ชันทยานุกุลเจริญ (2536 : 45) ได้ศึกษาการทดลองใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนจำการบุญ จังหวัดพิษณุโลก กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง 30 คน กลุ่มควบคุม 30 คน โดยวิธีแบบแบ่งกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เสริม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันกับนักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สุมาลี ดำรงไชย (2537 : 111-121) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนคณิศรพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 30 คน ผลการศึกษาค้นคว้า ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สนอง ทองปาน (2537 : 76-81) ได้พัฒนาเครื่องอัดขยายภาพขาวดำที่มีราคาถูกเพื่อใช้ทดแทนเครื่องอัดขยายภาพมาตรฐาน และได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความสามารถในการวัดขยายภาพขาว-ดำของนักเรียน โดยใช้เครื่องอัดขยายที่พัฒนาขึ้นกับที่

ได้รับการสอนโดยใช้เครื่องอัดขยายภาพมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ไม่แตกต่างกัน แสดงว่า อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ประโยชน์ทางการศึกษาทดแทนอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งมีราคาแพงได้

เขมิกาญจน์ ทองมา (2540 : 101-108) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอน โดยการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวของ สสวท. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนโสตศึกษา จังหวัดตาก อำเภอเมือง จำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 15 คน ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันแต่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วันชัย ศศิสกุลพร (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้าง และทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลโดยมีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองซึ่งต้องเรียนโดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้น จำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมซึ่งต้องเรียนโดยใช้ชุดทดลองบนบอร์ดพื้นฐานแบบเดิมจำนวน 19 คน ผลการวิจัยพบว่า ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของชุดทดลองมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.43 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มที่ใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 72.61 ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยชุดทดลองบนบอร์ดพื้นฐานแบบเดิมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 68.84 เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุมหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 4 สาขาไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 10 คน โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มย่อยกลุ่มละ 2 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบธรรมดา ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางด้านความเที่ยงตรงร้อยละ 97.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ศิริเพ็ญ จึงตระกูล (2542 : 174) ได้สร้างชุดทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการศึกษา พบว่า ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้ตามทฤษฎี ครูผู้สอนและนักเรียนมีเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้

### งานวิจัยต่างประเทศ

วานเนค (Vanek. 1974 : 1522-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีสอน 2 แบบ คือ แบบที่มีการทดลองและแบบที่ใช้ตำราเป็นศูนย์กลาง ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 3 จำนวน 54 คน เกรด 4 จำนวน 56 คน ผลการศึกษาพบว่า วิธีการสอนไม่ทำให้ผลสัมฤทธิ์แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาเพศพบว่านักเรียนหญิงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนชาย

ฟรานซิส (Fransis. 1977 : 3338-A) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาวิชาเรื่อง กฎของโอห์มและกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้กลุ่มทดลอง ใช้นักเรียนจำนวน 30 คน ใช้นักเรียนสำเร็จรูป และกลุ่มควบคุม ใช้นักเรียน จำนวน 30 คน ใช้วิธีการบรรยายประกอบการสาธิต ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

แพพพิลิส และคณะ (Pappelis and Others. 1980 : 30-36) ศึกษาการสอนเพื่อปรับปรุงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเตรียมแพทย์และเตรียมทันตแพทย์ พบว่าการที่นักศึกษาปฏิบัติกิจกรรมที่ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยจัดให้เป็นประสบการณ์ที่นักศึกษาได้พบ สามารถช่วยให้นักศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

เซลลิม (Selim. 1982 : 3001-A) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองและการสอนแบบบรรยายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับ 5 ในประเทศ อียิปต์ ทำการทดสอบด้าน Non-Verbal Intelligence พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

ฮอคคูส และคณะ (Harkoos and Others. 1983 : 629-637) ได้ศึกษาอิทธิพลของบรรยากาศในชั้นเรียนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาวิทยาลัยดุเพจ (Du Page) ในรัฐอิลลินอยส์ พบว่าบรรยากาศในชั้นเรียนมีอิทธิพลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ กลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

สตรอวิทซ์ และมาโลน (Strawitz and Malone. 1987 : 56-60) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความรู้ที่ได้รับและความคงทนของความรู้ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมที่ได้รับจากการเรียนรู้โดยครูสอนและการเรียนด้วยตัวเอง ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่เรียนด้วยตัวเองและลงมือปฏิบัติ และพบว่ามีความคงทนของความรู้ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม

ดักลาส (Douglas. 1988 : 228-A) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่เป็นของจริงสำหรับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบ การถ่ายทอดความรู้จากการอ่านเนื้อหาแบบ บรรณคดี และการออกแบบอุปกรณ์ตามรายละเอียดเฉพาะเรื่องที่เคลื่อนไหวได้ นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมจากการวิเคราะห์พบว่า การใช้อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาสาธิตและเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้จริงในภาคปฏิบัติเป็นการขยายพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ ทำให้เกิดความเข้าใจที่ถาวรและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีมาก

สมิท (Smith. 1994 : 2528-A) ได้ศึกษาผลจากวิธีการสอนที่มีต่อเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการสอนแบบบรรยาย กลุ่มที่สองได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและกลุ่มที่สามได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เครื่องมือที่ใช้เป็นวิธีทดสอบภาคสนามซึ่งเรียกว่า การประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการปฏิบัติกิจกรรมแบบบูรณาการ (IASA) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนทั้งแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งต่างประเทศและในประเทศ เกี่ยวกับการใช้สื่อการสอน พอสรุปได้ว่า สื่อการสอนมีบทบาทและประโยชน์มากต่อการพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งเสริม หรือถ่ายทอดไปยังผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่จะสูงกว่าการสอนแบบปกติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจแนวคิดและหลักการต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เพื่อเป็นแนวทางและประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยจะได้ศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนในการตอบแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการวัดพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ – ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ นอกจากนี้ยังวัดความสามารถในการทำการทดลองตามสภาพจริง ใช้แบบประเมินการให้คะแนนตามเกณฑ์รูบริก 5 ระดับ รวมทั้งการวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง ใช้แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองเป็นมาตรฐานค่า 5 ระดับ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

## 6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้

### งานวิจัยในประเทศ

ไพฑูริย์ สุขศรีงาม (2540 : 69) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา และสังกัดสำนักงานคณะกรรมการประถมศึกษาแห่งชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมและจำแนกตามเพศ ประสบการณ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ขั้น

พื้นฐานโดยส่วนรวมต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนจำนวนปานกลาง (ร้อยละ 43.74 – 47.62) ได้คะแนนเท่ากับหรือมากกว่า ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

จิรพรรณ ทะเขี้ยว (2543 : 83) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู จากการศึกษพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

#### งานวิจัยต่างประเทศ

วิดเดด (Widded. 1973 : 35-83 A) ได้ศึกษาผลของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูจำนวน 62 คนและนักเรียนจำนวน 555 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SAPA) และครูที่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ากลุ่มควบคุมและครูที่ได้รับการอบรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

เปปปีลิส และคณะ (Pappelis and others. 1980 : 307- 311) ได้ทำการศึกษาผลการทดลอง เพื่อปรับปรุงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาเตรียมแพทย์ และนักศึกษาทันตแพทย์จำนวน 38 คน โดยให้เรียนเนื้อหาปฏิบัติทางด้าน การหาปริมาณและการลงความเห็นส่วนด้านการสังเกตการจำแนกประเภท การทดลอง และการพยากรณ์ไม่มีการปรับปรุง

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องเน้นทั้งในด้านความรู้ และกระบวนการแสวงหาความรู้ ไปพร้อมๆ กัน ดังนั้นถ้านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ละด้านดีแล้ว นักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีด้วย การที่จะสอนให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์สื่อการสอนมีส่วนทำให้การเรียนการสอนดีขึ้น และยังทำให้ได้มีโอกาสฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

#### 6.3 งานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการทำการทดลอง

##### งานวิจัยในประเทศ

จิรพรรณ ทะเขี้ยว (2543 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุด กิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

ทวิช แจ่มจำรัส (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี ได้ทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 6 บทปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 6 บทปฏิบัติการมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75 และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

#### งานวิจัยต่างประเทศ

ชาร์ล (Charles. 1987 : 891-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านปฏิบัติการทดลองการพัฒนาศติปัญญา และกลวิธีการสอน ของนักเรียนที่เรียนชีววิทยา ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนที่เรียนชีววิทยา ระดับ 9 ในโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยเทมเพิล ผลการวิจัยพบว่า ความรู้ด้านปฏิบัติการ ระดับการพัฒนาศติปัญญาและกลวิธีการสอนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กลวิธีการสอนที่แตกต่างกันทำให้การพัฒนาศติปัญญาต่างกันและกลวิธีการสอนที่เลือกใช้การปฏิบัติการทดลองทำให้เพิ่มความรู้ความเข้าใจมากขึ้น

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ หรือความสามารถในการทำการทดลองสรุปได้ว่า การเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งในด้านความรู้ ความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในทางบวก ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจึงควรมุ่งเน้นปฏิบัติการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเองและนำผลการเรียนรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เป็นชุดทดลองวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมรายวิชา วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและปริมาณที่เกี่ยวข้อง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยใช้เกณฑ์ 80/80

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

**ตอนที่ 1** การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ในช่วงชั้นที่ 4 ตามหลักการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ดี และศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่เกี่ยวข้องกับการกับศึกษา

2. ออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของชุดทดลอง โดยกำหนดวัสดุ – อุปกรณ์ ในการสร้าง และได้กำหนดอุปกรณ์ไว้ 3 ส่วน คือ 1) แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า 2) ชุดแม่เหล็กถาวร และ 3) ลวดตัวนำ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

3. ทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยทำการทดลอง 5 ครั้ง ต้องได้ผลการทดลองถูกต้องและเป็นไปตามหลักการและทฤษฎีทุกครั้ง จึงจะเชื่อถือได้ว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์

4. การสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและครูผู้สอน เพื่อช่วยแนะนำรายละเอียดต่างๆ ของชุดทดลองและความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ ซึ่งประกอบด้วย

4.1 คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับผู้เรียนมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- 4.1.1 ไบความรู้
- 4.1.2 กิจกรรมการทดลอง
- 4.1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้
- 4.1.4 เวลาที่ใช้
- 4.1.5 วัสดุอุปกรณ์
- 4.1.6 วิธีการทดลอง
- 4.1.7 ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง
- 4.1.8 คำถามท้ายการทดลอง
- 4.1.9 สรุปผลการทดลอง

4.2 คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับครูผู้สอนมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- 4.2.1 กิจกรรมการทดลอง
- 4.2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้
- 4.2.3 เวลาที่ใช้
- 4.2.4 วัสดุอุปกรณ์
- 4.2.5 วิธีการทดลอง
- 4.2.6 แนวคิดในการบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง
- 4.2.7 แนวคิดในการตอบคำถามท้ายการทดลอง
- 4.2.8 ความรู้เพิ่มเติม

5. หลังจากสร้างชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลองเสร็จแล้ว ผู้วิจัยนำชุดทดลองเสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาพิจารณาเพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาฟิสิกส์ในช่วงชั้นที่ 4 ในเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จำนวน 2 ท่าน ได้แก่ อาจารย์มานิชญ์ เหมมณี อาจารย์ไชแลนด์ วงษ์นาป่า ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาสาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรชัย ศรีวลีรัตน์ และนักวิชาการสาขาฟิสิกส์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 2 ท่าน อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร อาจารย์ราม ติวาริ ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

**ตอนที่ 2** การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ในการประเมินคุณภาพชุดทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินจำนวน 2 ชุด ดังนี้

1. การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดำเนินการสร้างโดยการศึกษาวิธีการสร้าง ซึ่งดัดแปลงจากประนอม หมอกกระโทก. (2545 :

135-138) แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบวิธีของลิเคิร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 107) โดยกำหนดให้มีระดับการประมาณค่า ดังนี้ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และต้องปรับปรุง มีคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ในการประเมินครั้งนี้กำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง 4 ด้าน ดังนี้

- 1.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไป
- 1.2 ลักษณะการใช้งาน
- 1.3 การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม
- 1.4 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

ผลการประเมินกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กของผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.21 – 5.00	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.41 – 4.20	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับดี
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.61 – 3.40	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.81 – 2.60	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับพอใช้
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.80	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2. การสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียน และผู้สอน ในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียน และผู้สอนมี รายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาแนวทางวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ได้แก่ หนังสือ หรือเอกสารการสอนวิทยาศาสตร์ หนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัยต่างๆ

2.2 สร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับผู้เรียนและผู้สอน ประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์ กิจกรรมการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง เป็นต้น แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) เป็นการประเมินในเชิงปริมาณ และ 2) เป็นส่วนของข้อคำถามปลายเปิด ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนน เพื่อยอมรับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง ดังนี้

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

ผลการประเมิน กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองของผู้เชี่ยวชาญ กำหนดค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.21 – 5.00	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.41 – 4.20	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับดี
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.61 – 3.40	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.81 – 2.60	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับพอใช้
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.80	หมายถึง	การประเมินผลอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2.3 นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่อกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

2.4 นำคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ให้ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นชุดเดียวกับการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำไปใช้จริง

2.5 นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ประกอบกับชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก กับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถแก่ ปานกลาง และอ่อน แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข

2.6 นำคู่มือการใช้ชุดทดลองที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข แล้วไปทดลองใช้ประกอบกับชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่มๆ ละ 3 คน รวมจำนวน 9 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถแก่ ปานกลาง และอ่อน เพื่อนำข้อบกพร่องต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไข ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องการใช้ชุดทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย 9 คน

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขของผู้วิจัย
1. ตารางบันทึกผลการทดลองไม่ชัดเจน	1. ปรับตารางบันทึกผลการทดลอง โดยการใส่คำอธิบายใต้ตาราง
2. จุดที่กำหนดให้วางลวดตัวนำ	2. ทำสัญลักษณ์ กำหนดจุดที่จะวางลวดตัวนำให้ชัดเจน
3. คำถามท้ายการทดลองไม่ชัดเจน	3. ปรับแก้ข้อความให้เข้าใจง่ายขึ้น

**ตอนที่ 3** การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กโดยใช้เกณฑ์ 80/80

เมื่อพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กแล้ว นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างดังนี้

### 1. แหล่งข้อมูลที่ใช้ทดลอง

1.1 กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 4 ของจังหวัดนครปฐม

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวได้มาจากการดำเนินการและเงื่อนไข ดังนี้

1.2.1 กำหนดให้นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม มีสภาพเป็นตัวแทนของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ของจังหวัดนครปฐม

1.2.2 เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 เป็นตัวแทนของนักเรียนตามข้อ 1.2.1

1.2.3 เลือกนักเรียนตามข้อ 1.2.2 ซึ่งมี 2 ห้องเรียนมา 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

1.2.4 สุ่มนักเรียนจากข้อ 1.2.3 มา 30 คน โดยการสุ่มแบบจัดชั้น (Stratified Random Sampling) เพื่อให้ได้นักเรียนกลุ่ม เก่ง ปานกลาง และอ่อน

### 2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ และ

2.2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

2.2.2 ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง

2.2.3 เจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

### 3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้พื้นฐานรายวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและปริมาณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย กิจกรรมการทดลองจำนวน 4 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ความยาวของลวดตัวนำที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

การทดลองที่ 2 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

การทดลองที่ 3 แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

การทดลองที่ 4 แรงที่กระทำต่อตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

#### 4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกับนักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ คาบละ 60 นาที รวม 12 คาบ

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

##### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนสำหรับการประสิทธิภาพชุดทดลอง ประกอบด้วยแบบทดสอบทั้งหมด 2 ชุด ดังนี้

- 1) แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก
- 2) แบบทดสอบเป็นอัตนัยหลังการเรียนโดยชุดทดลอง

##### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการทดลอง

##### 3. เครื่องมือที่ใช้วัดเจตคติต่อชุดทดลอง

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้มีรายละเอียดดังนี้

1. การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการวัดผล ประเมินผล และวิธีการสร้างแบบทดสอบ

1.2 ศึกษาจุดประสงค์และเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (ภาคผนวก ข) โดยแบ่งพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้ – ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการนำไปใช้ และ 4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.3 สร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก โดยสร้างให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้าน

1.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินคุณภาพชุดทดลอง เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 ไว้สำหรับทดสอบวัดผลการเรียนรู้ความรู้ (ภาคผนวก ค)

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 60 ข้อ มาปรับปรุงด้านภาษาแล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเสมือนที่เคยได้เรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กมาแล้วจำนวน 74 คน

1.6 นำกระดาษคำตอบของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่ทดลองใช้ มาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือตอบเกินกว่า 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจและรวมคะแนนเรียบร้อยแล้ว นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อ หา ค่าความยากง่าย ( $p$ ) อยู่ระหว่าง 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ (ภาคผนวก จ)

1.7 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้แล้วมาหาค่าความเชื่อมั่น แบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร  $K - R 20$  ซึ่งแบบทดสอบนี้มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.79 (ภาคผนวก จ)

1.8 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เป็นแบบอัตนัย มีวิธีดำเนินการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษารายละเอียดสาระการเรียนรู้จากกิจกรรมการทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

2.2 สร้างข้อคำถามตามสาระของกิจกรรมการทดลอง โดยกำหนดข้อคำถามตามแนวของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 56 – 58)

2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในข้อ 1 เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 ไว้สำหรับทดสอบ (ภาคผนวก ง)

2.4 นำแบบทดสอบท้ายการทดลองที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเสมือน จำนวน 42 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร การหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค ซึ่งแบบทดสอบอัตนัยนี้ มีความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.62 (ภาคผนวก จ)

2.5 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.6 อัตราส่วนการให้นำหนักคะแนนของแบบทดสอบปรนัย:อัตนัย เป็น 1:1

3. การสร้างแบบประเมินการวัดผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาในเอกสารการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวการปฏิรูป การศึกษาของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 134 – 141)

3.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง และกำหนดเกณฑ์พิจารณาตาม องค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1) ด้านการวางแผนการทดลอง 2) ด้านการปฏิบัติการทดลอง และ 3) ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง

3.3 วิเคราะห์รายละเอียดพฤติกรรมแต่ละด้าน สร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ ด้านความสามารถในการทำการทดลองโดยดัดแปลงจากแบบสังเกต แบบบันทึกผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์(2546 : 134–141)

3.4 นำแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองที่สร้าง เสร็จแล้ว เสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท แล้วจึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญในข้อที่ 1 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเกณฑ์ การให้ คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง จากนั้นนำผลการ พิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง คะแนนที่มากกว่า 0.50 สามารถ นำไปใช้ได้ ส่วนคะแนนที่ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุงแก้ไข (ภาคผนวก ง)

3.5 นำแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ที่ ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มเสมือน จำนวน 15 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร การหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค ซึ่งแบบทดสอบอัตนัยนี้ มีความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.81 (ภาคผนวก จ)

3.6 นำแบบประเมินไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4. แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดำเนินการสร้าง ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาค้นคว้ารวบรวมเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล การสร้างแบบวัด เจตคติตามวิธีของลิเคิร์ตและการวัดผลการเรียนรู้ ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 119 – 146)

4.2 สร้างแบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง โดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อ การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 144 – 146) เป็นแบบ ประเมินค่า 5 ระดับ ที่มีระดับความคิดเห็น คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด โดย พิจารณาความคิดเห็น 2 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์

ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์

2.2 การเห็นประโยชน์ของชุดทดลองวิทยาศาสตร์

แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาของข้อคำถามทั้งเชิงบวกและเชิงลบ

4.3 นำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองที่สร้างขึ้น เสนอต่อดคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ภาคผนวก ง)

4.4 นำแบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มเสมือนจำนวน 15 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร การหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ซึ่งแบบทดสอบวัดเจตคติต่อชุดทดลองนี้ มีความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.82 (ภาคผนวก จ)

4.5 นำแบบประเมินไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เพื่อขอความร่วมมือในการทำกรวิจัย

2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนที่เป็นแหล่งข้อมูลในการทดลองทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน

3. ดำเนินการสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน และเก็บข้อมูลระหว่างเรียนด้านความสามารถในการทำการทดลอง แต่ละการทดลองเป็นรายบุคคล โดยผู้วิจัยเองและการตอบคำถามท้ายการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลในการหาประสิทธิภาพ 80 ตัวแรกของชุดทดลอง ✓

4. เมื่อนักเรียนได้เรียนครบทุกการทดลองแล้ว ทำการเก็บข้อมูลหลังเรียนด้วยชุดทดลอง โดยให้นักเรียนที่เป็นแหล่งข้อมูลในการทดลองทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ทุกคน เพื่อเป็นข้อมูลในการหาประสิทธิภาพ 80 ตัวหลัง และเป็นคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน

5. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

6. นำคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน และคะแนนทดสอบหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษาโดยใช้เกณฑ์ 80/80

7. นำคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

## การวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลองนี้ กระทำโดยการคำนวณค่าเฉลี่ยจากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 4 ด้าน คือ 1) ด้านลักษณะกายภาพทั่วไป 2) ด้านลักษณะการใช้งาน 3) ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และ 4) ด้านความเหมาะสมของการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน จัดสินคุณภาพของชุดทดลองที่ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.5 (จากมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ เมื่อ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง, 2 หมายถึง พอใช้, 3 หมายถึง ปานกลาง, 4 หมายถึง ดี และ 5 หมายถึง ดีมาก)

### 2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษา ดำเนินการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นดังนี้

2.1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยหาค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายการทดลองของแต่ละการทดลอง กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนจบทุกการทดลอง โดยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทั้งกลุ่ม จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยใช้สูตร KR – 20 (Kuder – Richardson 20) แล้วนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างแล้วหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ  $t - test$  Dependent Samples

2.3 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านความรู้แบบอัตนัย แบบประเมินความสามารถในการดำเนินการทดลองและแบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง โดยใช้สูตร การหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's alpha coefficient) แล้วนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ  $t - test$  (Dependent samples)

2.4 การวิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลอง หลังเรียน ใช้สถิติ  $t - test$  (One group)

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้กระทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน (percentage error) ของผลการทดลอง

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนคำนวณจากสูตร

(พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540 : 137)

เมื่อ

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

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน  
 $\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด  
 $n$  แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.3 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานคำนวณโดยใช้สูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540 :

143)

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

เมื่อ

$SD$  แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน  
 $\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด  
 $(\sum X)^2$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง  
 $n$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด  
 $X$  แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

1.4 ค่าความแปรปรวน (Variance) ของแบบทดสอบคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์

ทวีรัตน์, 2540 : 142)

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

เมื่อ

$s^2$  แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน  
 $\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด  
 $\sum X^2$  แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง  
 $n$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด  
 $X$  แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

## 2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ คำนวณโดยใช้สูตร (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 235)

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

$IOC$  แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$  แทน ผลรวมของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

$n$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบทดสอบคำนวณโดยใช้สูตร (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 215)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ

$P$  แทน ค่าความยากง่ายของข้อคำถามแต่ละข้อ

$R$  แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$r = \frac{R_H - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ

$r$  แทน ค่าอำนาจจำแนก

$R_H$  แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

$R_L$  แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ คำนวณโดยใช้สูตร KR - 20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 228)

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

เมื่อ

$r_{ii}$	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
$k$	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
$P$	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกต้องผู้เข้าสอบทั้งหมด
$q$	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด หรือ $1 - p$
$S_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

### 3. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาตามใช้เกณฑ์ 80/80

3.1 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 จำนวน โดยใช้สูตรดังนี้ (เสาวณีย์ สิกขามัณฑิต. 2528 : 56 – 57)

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

โดย 80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายการทดลองครบทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลองระหว่างเรียน โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มที่ผู้เรียนต้องทำได้คิดเป็นร้อยละ 80

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

เมื่อ

$E_1$	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการประเมินผลจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ
$\sum X$	แทน	คะแนนรวมของนักเรียนจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน
$n$	แทน	จำนวนนักเรียน
$A$	แทน	คะแนนเต็มของการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนทุกคนที่ทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนจบครบทุกการทดลองในคู่มือการใช้ชุดทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มที่ผู้เรียนต้องทำได้คิดเป็นร้อยละ 80

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

เมื่อ

$E_2$	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการประเมินผลจากการตอบคำถาม ท้ายการทดลองระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ
$\sum Y$	แทน	คะแนนรวมของนักเรียนจากการตอบคำถามท้ายการทดลอง ระหว่างเรียน
$n$	แทน	จำนวนนักเรียน
$B$	แทน	คะแนนเต็มของการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน

#### 4. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

4.1 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1.1, 2.1 และ 3.1 โดยใช้สถิติ t-test (Dependent samples) แบบ Pooled variance (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2524 : 177) โดยใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d}$$

เมื่อ

$$df = n - 1$$

$t$	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาในการแจกแจงแบบที
$\bar{d}$	แทน	มัธยฐานเลขคณิตของคะแนนผลต่างที่เข้าคู่กัน
$S_d$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลต่างที่เข้าคู่กัน

4.2 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1.2, 2.2 และ 3.2 โดยใช้สถิติ t – test one group  
คำนวณจากสูตร (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2524 : 151)

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

เมื่อ

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง
$\mu^*$	แทน	ค่าเฉลี่ยที่เป็นค่าเกณฑ์* (ระดับดี = ร้อยละ 70)
$S$	แทน	คะแนนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่าง
$n$	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบดังกล่าวใช้ระดับ .05 เป็นระดับนัยสำคัญในการทดสอบ

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยใช้เกณฑ์ 80/80

ในแต่ละขั้นตอนปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

#### ตอนที่ 1 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ในการพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพให้เป็นไปตามหลักการและทฤษฎี โดยทำการทดสอบ 5 ครั้ง ประกอบด้วย การทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของทิศกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศของแรงที่ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่และการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้า และระยะทางที่ลวดตัวนำเคลื่อนที่ได้ การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ของทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศของแรงที่ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่

การทดสอบครั้งที่	ทิศของกระแสไฟฟ้า ( $\vec{I}$ )	ทิศของสนามแม่เหล็ก ( $\vec{B}$ )	ทิศของแรง ( $\vec{F}$ )	ความสัมพันธ์ของ $\vec{I}, \vec{B}, \vec{F}$
1	ขวาไปซ้าย	พุ่งขึ้นในแนวตั้งฉาก	พุ่งออกตั้งฉาก	ตั้งฉากกัน
2	ขวาไปซ้าย	พุ่งขึ้นในแนวตั้งฉาก	พุ่งออกตั้งฉาก	ตั้งฉากกัน
3	ขวาไปซ้าย	พุ่งขึ้นในแนวตั้งฉาก	พุ่งออกตั้งฉาก	ตั้งฉากกัน
4	ขวาไปซ้าย	พุ่งขึ้นในแนวตั้งฉาก	พุ่งออกตั้งฉาก	ตั้งฉากกัน
5	ขวาไปซ้าย	พุ่งขึ้นในแนวตั้งฉาก	พุ่งออกตั้งฉาก	ตั้งฉากกัน

จากตาราง 2 พบว่า ความสัมพันธ์ของทิศของกระแสไฟฟ้า ( $\bar{I}$ ) ทิศของสนามแม่เหล็ก ( $\bar{B}$ ) และทิศของแรงที่ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ ( $\bar{F}$ ) ต่างตั้งฉากกัน

## ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง ซึ่งประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ปรากฏผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 3 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	s	ระดับ
	1	2	3	4	5			
1. ลักษณะทางกายภาพ	4.6	4.2	4.0	4.4	4.0	4.24	0.56	ดีมาก
2. ลักษณะการใช้งาน	4.6	4.0	4.0	4.0	3.8	4.08	0.58	ดี
3. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม	5.0	4.5	4.0	5.0	3.8	4.45	0.76	ดีมาก
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียน	5.0	4.2	3.6	5.0	4.0	4.36	0.62	ดีมาก
ภาพรวม	4.8	4.2	3.9	4.5	3.9	4.27	0.40	ดีมาก

จากตาราง 3 สรุปได้ว่าคุณภาพของชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 4 ด้าน คือ ด้านลักษณะทางกายภาพ ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม และด้านความเหมาะสมกับการนำไปใช้ประกอบการเรียน และมีคุณภาพอยู่ในระดับดี 1 ด้าน คือ ด้านลักษณะการใช้งาน เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ชุดทดลองนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{X}$	s	ระดับ
	1	2	3	4	5			
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน	4.9	4.7	4.2	4.0	4.1	4.38	0.39	ดีมาก
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู	4.6	4.8	4.0	4.2	4.2	4.36	0.43	ดีมาก
ภาพรวม	4.8	4.8	4.1	4.1	4.2	4.37	0.41	ดีมาก

จากตาราง 4 พบว่า คุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียน และสำหรับครูมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และเมื่อพิจารณาในภาพรวมของคู่มือสำหรับชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

### ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ ในสนามแม่เหล็ก โดยใช้เกณฑ์ 80/80

การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยใช้เกณฑ์ 80/80 ในการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อย คณะระดับความสามารถ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 5 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน

การทดลองที่	คะแนน เต็ม	คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	ร้อยละ (%)
1. ความยาวของลวดตัวนำที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก	5	4.07	81.40
2. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อบางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก	5	3.93	78.60
3. แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อบางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก	5	4.20	84.00
4. แรงที่กระทำต่อตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อบางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก	5	4.33	86.60
ภาพรวม	20	16.53	82.65

จากตาราง 5 พบว่า การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองมีคะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จำนวน 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 (ร้อยละ 81.40) การทดลองที่ 3 (ร้อยละ 84.00) และการทดลองที่ 4 (ร้อยละ 86.60) ส่วนการทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพทางการศึกษาดำกว่าร้อยละ 80 (ร้อยละ 78.60) และเมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่าประสิทธิภาพทางการศึกษามีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 82.65)

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายการทดลองระหว่างเรียน กับผลการเรียนรู้ ด้านความรู้หลังเรียน

การทดลอง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	ร้อยละ (%)
1. ตอบคำถามท้ายการทดลอง	20	16.53	82.65 (E <sub>1</sub> )
2. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้	60	48.11	80.18 (E <sub>2</sub> )

จากตาราง 6 พบว่า ร้อยละของคะแนนจากการตอบคำถามท้ายการทดลองต่อร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้มีค่า 82.65/80.18 สรุปได้ว่า ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพทางการศึกษาตามเกณฑ์ 80/80

หลังจากการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาแล้ว ผู้วิจัยนำชุดทดลองไปทดลองสอน เพื่อศึกษาดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน
2. ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน
3. เจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียน

#### 1. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนประกอบด้วย การวัดโดยใช้ข้อสอบปรนัย ซึ่งวัดพฤติกรรม 4 คือ 1) ด้านความรู้ - ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และข้อสอบอัตนัย วัดตามจุดประสงค์การทดลอง 3 ข้อ คือ 1) ศึกษาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็ก 2) ความสัมพันธ์ของทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ ทิศทางของกระแสไฟฟ้า และทิศทางของสนามแม่เหล็ก 3) การนำความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไปใช้ประโยชน์ โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน ด้วยชุดทดลองและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ ด้านความรู้หลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดให้ระดับดี มีค่าร้อยละ 70 ปรากฏผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 7 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ของนักเรียน ก่อนเรียน และหลังเรียน (ปรนัย)

พฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านที่	คะแนนผลการเรียนรู้ (n = 30)				$\bar{d}$	$S_d$	$t$	$df$	$p$
	ก่อนเรียน		หลังเรียน						
	$\bar{X}$	$s$	$\bar{X}$	$s$					
1. ความรู้- ความจำ (7 ข้อ)	4.23	1.59	5.73	1.11	1.50	1.94	4.228*	29	.000
2. ความเข้าใจ (10 ข้อ)	5.80	1.67	7.73	1.11	1.93	1.38	7.629*	29	.000
3. ทักษะกระบวนการ(8 ข้อ)	5.40	1.30	6.40	1.10	1.00	0.90	6.021*	29	.000
4. การนำไปใช้ (5 ข้อ)	3.20	1.30	4.30	0.75	1.10	1.26	4.748*	29	.000
รวม	18.6	3.52	24.1	2.21	5.53	3.28	9.218*	29	.000

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ที่วัดโดยข้อสอบปรนัย จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $p=.000$ ) ทั้ง 4 ด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่วัด แสดงว่าการเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย) สูงขึ้น

ตาราง 8 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้หลังเรียน (ปรนัย)

พฤติกรรม	คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	$s$	คะแนนเฉลี่ย (เป็นร้อยละ)	เกณฑ์เฉลี่ย ( $\mu =$ ร้อยละ70)	$t$	$df$	$p$
ผลการเรียนรู้ ด้านความรู้	24.17	2.20	80.57	70	7.834*	29	.000

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8 พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน ซึ่งวัดโดยใช้ข้อสอบปรนัย สูงกว่าระดับดี ( $p = .000$ ) แสดงว่าการเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ทำให้ผลการเรียนรู้ของนักเรียนสูงขึ้น

ตาราง 9 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตนัย) ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่	คะแนนผลการเรียนรู้ (n = 30)				$\bar{d}$	$S_d$	$t$	$df$	$p$
	ก่อนเรียน		หลังเรียน						
	$\bar{X}$	$s$	$\bar{X}$	$s$					
1. ปริมาณต่างๆที่เกี่ยวกับ สนามแม่เหล็ก	4.53	2.17	6.72	1.86	2.19	1.54	7.754*	29	.000
2. ความสัมพันธ์ของทิศลวด ตัวนำทิศกระแสและทิศ สนามแม่เหล็ก	4.13	1.99	7.00	1.41	2.86	1.97	7.938*	29	.000
3. การนำความรู้ไปใช้	5.13	2.43	7.00	1.62	1.86	1.96	5.215*	29	.000
รวม	13.8	5.68	20.7	3.86	6.93	3.65	10.38*	29	.000

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 9 พบว่า ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ซึ่งวัดโดยใช้ข้อสอบอัตนัยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $p = .000$ ) ทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ แสดงว่าการเรียนด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงขึ้น

ตาราง 10 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้หลังเรียน (อัตนัย)

พฤติกรรม	คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	$s$	คะแนนเฉลี่ย (เป็นร้อยละ)	เกณฑ์เฉลี่ย ( $\mu =$ ร้อยละ 70)	$t$	$df$	$p$
ผลการเรียนรู้ ด้านความรู้	22.73	2.74	75.76	70	6.921*	29	.000

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 10 พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน ซึ่งวัดโดยใช้ข้อสอบอัตนัยสูงกว่าระดับดี ( $p = .000$ ) แสดงว่า การเรียนด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น

## 2. ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียน

ผู้วิจัยดำเนินการวัดผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองขณะเรียนด้วยชุดทดลอง โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองประกอบด้วย พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน 3 ด้าน คือ 1) ด้านการวางแผนการทดลอง 2) ด้านปฏิบัติการทดลอง และ 3) ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งเป็นแบบประเมินตามสภาพจริง กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบรูบริค 5 ระดับ โดยครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยชุดทดลอง และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยให้ระดับดี มีค่าร้อยละ 70 ปรากฏผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน

ความสามารถในการทำการทดลอง	คะแนนความสามารถ (n = 30)				$\bar{d}$	$S_d$	$t$	$df$	$p$
	ก่อนเรียน		หลังเรียน						
	$\bar{X}$	$s$	$\bar{X}$	$s$					
ด้านที่ 1 วางแผนการทดลอง	2.36	0.49	3.46	0.51	1.10	0.78	7.658*	29	.000
ด้านที่ 2 ปฏิบัติการทดลอง									
- เทคนิค	2.60	0.49	3.63	0.49	1.03	0.78	7.166*	29	.000
- ความคล่องแคล่ว	2.50	0.51	3.64	0.47	1.14	0.74	8.364*	29	.000
- ความสะอาด	2.46	0.51	3.63	0.49	1.16	0.62	10.18*	29	.000
ด้านที่ 3 ทำรายงานผล	3.43	0.50	4.11	0.17	0.68	0.59	6.287*	29	.000
รวม	13.4	1.24	18.5	1.29	5.12	2.05	13.68*	29	.000

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 11 พบว่า ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $p = .000$ ) ทั้ง 3 ด้าน แสดงว่า การเรียนด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองสูงขึ้น

ตาราง 12 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ ด้านความสามารถใน การทำการ ทดลองหลังเรียน

พฤติกรรม	คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	$s$	คะแนนเฉลี่ย (เป็นร้อยละ)	เกณฑ์เฉลี่ย ( $\mu =$ ร้อยละ 70)	$t$	$df$	$p$
ความสามารถใน การทำการทดลอง	18.49	1.30	73.96	70	4.191*	29	.000

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 12 พบว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน ซึ่งประเมินโดยใช้แบบ ประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองสูงกว่าระดับดี ( $p = .000$ ) แสดงว่า การเรียนด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการ ทำการทดลองสูงขึ้น

### 3. เจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียน

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ใน สนามแม่เหล็ก โดยใช้เครื่องมือวัดเจตคติต่อชุดทดลอง ซึ่งเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ โดย พิจารณาความคิดเห็นของนักเรียนใน 3 ด้าน คือ 1) ด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง 2) ด้านการ แสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง และ 3) ด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง การประเมิน เป็นการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยให้ ระดับดี มีค่าร้อยละ 70 ปรากฏผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 13 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียน ก่อนเรียนและ หลังเรียน

รายการประเมินเจตคติ	คะแนนผลการเรียนรู้( $n = 30$ )				$\bar{d}$	$S_d$	$t$	$df$	$p$
	ก่อนเรียน		หลังเรียน						
	$\bar{X}$	$s$	$\bar{X}$	$s$					
1. ความคิดเห็นต่อชุด ทดลอง (10 ข้อ)	36.80	3.94	41.73	3.04	4.93	3.64	10.76*	29	.000
2. การแสดงออกต่อ กิจกรรม (10 ข้อ)	35.37	4.40	42.07	3.33	6.70	3.32	11.04*	29	.000

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมินเจตคติ	คะแนนผลการเรียนรู้ (n = 30)				$\bar{d}$	$S_d$	$t$	$df$	$p$
	ก่อนเรียน		หลังเรียน						
	$\bar{X}$	$s$	$\bar{X}$	$s$					
3. การเห็นประโยชน์ (10 ข้อ)	37.20	3.78	42.20	3.61	5.00	4.00	6.847*	29	.000
รวม	109.3	10.21	126.0	9.17	16.63	8.46	10.76*	29	.000

จากตาราง 13 พบว่า ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $p = .000$ ) ทั้ง 3 ด้าน แสดงว่า การเรียนด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อชุดทดลองสูงขึ้น

ตาราง 14 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียน

พฤติกรรม	คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	$s$	คะแนนเฉลี่ย (เป็นร้อยละ)	เกณฑ์เฉลี่ย ( $\mu =$ ร้อยละ 70)	$t$	$df$	$p$
เจตคติต่อชุดทดลอง	126.00	9.17	84.00	70	12.55*	29	.000

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 พบว่า เจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียน ซึ่งประเมินด้วยแบบวัดเจตคติต่อชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สูงกว่าระดับดี ( $p = .000$ ) แสดงว่า การเรียนด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีเจตคติสูงขึ้น

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วนำชุดทดลองไปศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาคุณภาพชุดทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กในช่วงชั้นที่ 4
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กในการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80
3. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก
4. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก
5. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

#### สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้
  - 1.1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
  - 1.2 หลังเรียนอยู่ในระดับดี
2. นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง
  - 2.1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
  - 2.2 หลังเรียนอยู่ในระดับดี
3. นักเรียนมีเจตคติต่อชุดทดลอง
  - 3.1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
  - 3.2 หลังเรียนอยู่ในระดับดี

## วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 3 ขั้นตอน และในแต่ละขั้นตอนได้ดำเนินการ ดังนี้

**ตอนที่ 1** การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

1. กำหนดวัสดุอุปกรณ์ ออกแบบ สร้าง และทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก
2. สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนและครู

**ตอนที่ 2** การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

1. สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก และแบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน และครู
2. ประเมินคุณภาพของชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย

**ตอนที่ 3** การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ตามเกณฑ์ 80/80

1. หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง โดยทดลองสอนด้วยชุดทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนโดยนำคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ย รวมจากการตอบคำถามท้ายการทดลองเปรียบเทียบกับร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมของผลการเรียนรู้ด้านความรู้ตามเกณฑ์ 80/80
2. ศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลอง กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

## การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กโดยผู้วิจัยทดลองใช้ชุดทดลอง การทดลองละ 5 ครั้ง
2. ประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยการหาค่าเฉลี่ยจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน
3. หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองได้ถูกต้อง และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบสอบถามวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ได้ถูกต้องตามเกณฑ์ 80/80

4. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย) โดยหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยใช้สูตร K-R 20

5. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบอัตนัย แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง และแบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's alpha coefficient)

6. การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบประเมินความสามารถในการทำการทดลองและแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง

7. วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test (Dependent samples) ด้านความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อชุดทดลอง

8. วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง และเจตคติต่อชุดทดลอง หลังเรียนคำนวณค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ เพื่อดูระดับความพึงพอใจ โดยใช้สถิติ t-test (One group)

### สรุปผลการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สรุปได้ว่า ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สามารถใช้ทดลองเพื่ออธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำให้เป็นไปตามหลักการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า ผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

2. การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน สรุปได้ดังนี้

2.1 คุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กทั้ง 4 ด้าน ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก

2.2 คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนและสำหรับครูอยู่ในระดับดีมาก

3. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษา โดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก มีประสิทธิภาพ 82.65/80.18 ตามเกณฑ์ที่กำหนด

4. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบปรนัยและอัตนัย เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดระดับดี พบว่า คะแนนผลการเรียนรู้เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน พิจารณาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่วัดในแต่ละด้าน ทั้งด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ และดำเนินการนำไปใช้ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกด้าน เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ผลการเรียนรู้ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลองสูงกว่าระดับดี

5. ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองโดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดระดับดี พบว่า คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง โดยภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลองสูงกว่าระดับดี

6. เจตคติต่อชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง พบว่า เจตคติต่อชุดทดลองโดยรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน พิจารณาเจตคติต่อชุดทดลองในแต่ละด้าน ประกอบด้วย ด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง การแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง และด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง หลังเรียนสูงขึ้นในทุกด้าน เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยรวมหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ระดับดี พบว่า เจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลองสูงกว่าระดับดี

## อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้เสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

1.1 การสร้าง ผู้วิจัยออกแบบชิ้นส่วน อุปกรณ์ และกำหนดวัสดุอุปกรณ์ต่างๆในการสร้างและพัฒนาชุดทดลอง ผู้วิจัยปรึกษาประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไข มีรายละเอียด ดังนี้

1.1.1 แม่เหล็ก ผู้วิจัยเลือกใช้แม่เหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งเป็นแท่งยาว เนื่องจากเมื่อนำไปทดสอบบริเวณสนามแม่เหล็กจะมากพอที่จะเห็นการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ และวัดระยะที่ลวดตัวนำเคลื่อนที่ได้ รวมทั้งการนำแม่เหล็กไปติดตั้งบนฐานรองรับ เพื่อให้สามารถกำหนดระดับระยะห่างระหว่างขั้วแม่เหล็กและกำหนดระยะของการวางเส้นลวดขนาน ซึ่งเป็นฐานรองลวดตัวนำได้

1.1.2 ลวดตัวนำและฐานรองลวดตัวนำ ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วและหาได้ง่าย ซึ่งได้แก่ลวดทองแดง เมื่อนำมาประกอบในชุดทดลองลวดตัวนำสามารถเคลื่อนที่ได้เล็กน้อยแล้วหยุด เมื่อปรึกษาผู้เชี่ยวชาญพบว่า น่าจะมาจากส่วนผสมในลวดทองแดงที่ไม่ใช่ทองแดงบริสุทธิ์ ทำให้เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรเกิดออกไซด์ของโลหะมาก

ทำให้ลวดตัวนำหยุดการเคลื่อนที่ จึงได้เปลี่ยนเป็นลวดทองเหลือง ซึ่งเมื่อนำมาทดลองใช้แล้ว ให้ผลการทดลองที่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

1.1.3 เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า ผู้วิจัยออกแบบร่วมกับช่างเทคนิค โดยเริ่มออกแบบที่ เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า 0.5A. 12V. เมื่อนำมาประกอบชุดทดลองพบว่า ปริมาณกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอที่จะทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ได้ จึงได้พัฒนาวงจรอีกครั้ง โดยให้จ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 1A. 12V.

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ให้เป็นไปตามหลักการและทฤษฎีการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก โดยการศึกษาความสัมพันธ์ของทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศของแรงที่ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่นั้น ตั้งฉากซึ่งกันและกัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สรุปได้ว่า ชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการทำงานได้ สามารถนำไปใช้เป็นการเรียนการสอนเสริมบทเรียน และยังช่วยกระตุ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอน ในการสร้างและพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนด้วย

2. ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

2.1 คุณภาพชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.27

2.2 การประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.37

จากการประเมินคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สรุปได้ว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

3. การหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ในการเรียนการสอน พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการใช้ชุดทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียน และแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนร้อยละ 82.65 / 80.18 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจาก

ประการแรก เนื่องมาจากการออกแบบชุดทดลองที่เน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงและการออกแบบกิจกรรมการทดลองที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ใช้ฝึกทักษะการทดลอง และจัดทำข้อมูลโดยการปฏิบัติจริง เพื่อเป็นการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการแสวงหาความรู้และฝึกให้นักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตัวเองจากการปฏิบัติจริง ตลอดจนการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองในระหว่างเรียนจากง่ายไปยาก เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ในระดับสูงต่อไป และส่งผลให้ผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น ซึ่ง

สอดคล้องกับ ชาญชัย อินทรสุนานนท์ (2531:14) ที่กล่าวว่า การเรียนการสอนจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยสื่อเป็นตัวกลางจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้มากขึ้น รู้จักคิดและแก้ปัญหาในการเรียนรู้ได้ดีขึ้น ช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้อย่างมั่นใจ ประทับใจ และจดจำได้นาน

ประการที่สอง ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ได้สร้างและพัฒนามาจากพื้นฐานการทดลองของผู้วิจัยเอง ซึ่งได้คำนึงถึงความเหมาะสมในการทดลองในหลายๆด้าน เช่น ระดับชั้นของนักเรียน เวลาที่ใช้ในการทดลอง กิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ตลอดจนข้อจำกัดเชิงระบบของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เพื่อเป็นพื้นฐานในการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กในระดับสูงต่อไป ตลอดจนเกิดความสะดวกในการจัดกระทำข้อมูล และ การใช้ชุดทดลองในการศึกษารายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปริมาณที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ทำให้ชุดทดลองมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทำให้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เป็นสื่อการเรียนที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดมีความเหมาะสมที่จะใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้

#### 4. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนประกอบด้วย

4.1 ศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ใช้ข้อสอบปรนัย ซึ่งวัดพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) ด้านการนำไปใช้ ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ซึ่งวัดโดยใช้ข้อสอบปรนัยก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $p=.000$ ) และผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี ( $p=.000$ )

4.2 ศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ใช้ข้อสอบอัตนัย ซึ่งวัดตามจุดประสงค์การทดลอง 3 ข้อ คือ 1) ศึกษาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็ก 2) ความสัมพันธ์ของทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ ทิศของกระแสไฟฟ้า และทิศของสนามแม่เหล็ก 3) การนำความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไปใช้ประโยชน์ ผลวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ซึ่งวัดโดยข้อสอบอัตนัย ก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ( $p=.000$ ) และผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี ( $p=.000$ )

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมพบว่าผลการเรียนรู้ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ( $p=.000$ ) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1.1 และ 1.2 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ที่สร้างและพัฒนาขึ้นได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งการประเมินในภาพรวมเป็นไปในทางเดียวกันอยู่ในเกณฑ์ดีมากอีกทั้งชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ได้ผ่านการหาประสิทธิภาพ

ทางการศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 จึงถือได้ว่าชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก มีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น

ประการที่สอง การเรียนด้วยชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เน้นการปฏิบัติการทดลอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการกระทำ สามารถค้นพบได้ด้วยตัวเอง ส่งผลให้เข้าใจในเนื้อหายิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประนอม หมอกกระโทก (2545: บทคัดย่อ) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประการที่สาม ชุดทดลองเป็นสื่อการเรียนที่ ช่วยให้ผู้เรียนสนใจบทเรียนมากขึ้น ช่วยส่งเสริมการคิดและการแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน สอดคล้องกับ สาโรจน์ แพงยัง (2529:6) ที่กล่าวว่า สื่อการสอนช่วยให้คุณภาพของการเรียนรู้ดีขึ้น เพราะมีความหมายชัดเจนต่อผู้เรียน น่าสนใจ ช่วยให้การเรียนง่ายขึ้นและส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ มงคล จงสุพรรณพงศ์ (2543:บทคัดย่อ) พบว่า ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นทำงานได้ตามทฤษฎีส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 ในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการแสวงหาความรู้

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วย ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยรวม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าระดับดี

5. ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองวัดผลโดยใช้แบบประเมิน ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ( $p=.000$ ) และผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี( $p=.000$ ) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้น เป็นการเรียนการสอนที่มีลักษณะในแต่ละการทดลองมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตัวเองทำการทดลองอย่างเป็นระบบ และมีกระบวนการอย่างต่อเนื่อง มีการร่วมมือกันวางแผนการทดลองและทำการทดลองเป็นกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยจะทำการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลตั้งแต่เริ่มต้นวางแผนการทดลองจนกระทั่งจบการเขียนรายงานการทดลอง ทำให้นักเรียนมีทักษะในการทำการทดลองดีขึ้นดังที่ วัฒนาพร ระวังทุกข์ (2542 : 55) กล่าวว่า ความสามารถในทางปฏิบัติ เป็นสมรรถภาพที่มุ่งเน้นไปที่การกระทำ การปฏิบัติงาน ตามขีดความสามารถ และศักยภาพแต่ละบุคคล ที่มีอยู่อย่างคล่องแคล่ว แสดงออกให้เห็นชัดในรูปของการวางแผน การดำเนินการ การจัดการ ซึ่งเป็นความสามารถของผู้เรียนทั้งหมดต้องอยู่ภายใต้สถานการณ์ และเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีช แจ่มจรัส (2545:บทคัดย่อ)

พบว่า นักเรียนที่เรียน ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสลดชีวภาพ จากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น มีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75

ประการที่สอง การเรียนด้วย ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เป็นการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงออกทางการปฏิบัติการทดลองอย่างเต็มที่ ทำการทดลองตามขั้นตอนอย่างถูกต้อง เลือกใช้อุปกรณ์มาทำการทดลองได้อย่างเหมาะสม สามารถออกแบบการทดลองและลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ ฌ็องรูฟองส์ เจริญพิทย์ (2542:82) กล่าวว่า พฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ เป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับกลไก และการปฏิบัติ ซึ่งมุ่งผลที่คล่องแคล่ว และชำนาญสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาร์ล (Charles.1987:891A) พบว่า ความรู้ด้านปฏิบัติการ ระดับการพัฒนาสติปัญญา และวิธีการสอน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ วิธีการสอนที่เลือกใช้การปฏิบัติการทดลองทำให้เพิ่มความรู้อย่างเข้าใจมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรพรรณ ทะเชียว (2543:82) พบว่า ทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่สอน โดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก มีผลการเรียนด้านความสามารถในการทำการทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าระดับดี

6. เจตคติต่อชุดทดลอง ใช้แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง ผลการวิจัย พบว่า เจตคติต่อชุดทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ( $p=.000$ ) และเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อชุดทดลองสูงกว่าระดับดี ( $p=.000$ ) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เป็นชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ ให้ผลการทดลองที่ถูกต้อง ชุดทดลองน่าสนใจ ง่ายต่อการทำการทดลอง เป็นสื่อที่เน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนอยากทดลอง นักเรียนสามารถเห็นผลการทดลองได้อย่างชัดเจน รู้สึกเพลิดเพลินในการทำการทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในบทเรียนกับผลการทดลองที่สอดคล้องกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริเพ็ญ จึงตระกูล (2542:174) พบว่า ครูผู้สอนและนักเรียนมีเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประนอม หมอกกระโทก (25245:73) พบว่า เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสอดคล้องกับงานวิจัยของเซลิม (Selim.1982:3001A) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก มีเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าระดับดี

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไปเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ก่อนนำชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไปใช้ ครูควรศึกษาวิธีการใช้จากคู่มือการใช้ชุดทดลองให้เข้าใจก่อนและทดลอง โดยทำการทดลองก่อนทุกครั้ง นอกจากนี้ควรทำความเข้าใจ และแนะนำนักเรียนในการทำการทดลองทุกขั้นตอน เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด ในการนำชุดทดลองไปใช้สอนเสริมบทเรียน และพัฒนาการเรียนการสอนให้ดีขึ้น

1.2 ก่อนดำเนินการสอนโดยใช้ชุดทดลอง ครูผู้สอนควรสอนพื้นฐานความรู้เรื่องแม่เหล็กที่จำเป็นกับนักเรียนก่อน เช่น ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแม่เหล็กการเปลี่ยนหน่วย เพื่อให้ให้นักเรียนเรียนเข้าใจได้ถูกต้องเมื่อทำการทดลองจะได้ส่งเสริมนักเรียนให้ได้พัฒนาผลการเรียนรู้อย่างเต็มความสามารถของนักเรียน

1.3 ขณะนำชุดทดลองไปใช้ ครูผู้สอนควรแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนนำหลักการที่ได้จากการทดลองไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และทดลองเพิ่ม ในลักษณะของโครงการวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะได้แนวทางการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการองค์ความรู้

1.4 จากการวิจัยนี้ลวดตัวนำและฐานรองลวดตัวนำที่เป็นทองเหลือง สามารถที่จะเปลี่ยนเป็นตัวนำชนิดอื่นได้ มีสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยพิจารณาความเหมาะสมจากความบริสุทธิ์ของชนิดของตัวนำที่นำมาใช้ ราคาของตัวนำ และความสามารถในการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับชุดทดลอง

1.5 งานวิจัยนี้สามารถที่จะนำไปพัฒนาต่อไปเพื่อไปใช้สอนในระดับปริญญาตรีได้ และสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการทำโครงการทางวิทยาศาสตร์ในช่วงชั้นที่ 4 ได้

### 2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

2.1 ควรพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในด้านของความเข้มของสนามแม่เหล็ก เลือกใช้แม่เหล็กที่มีความเข้มของแม่เหล็กสม่ำเสมอหรือพัฒนาต่อไปให้เป็นรูปแบบของแม่เหล็กชั่วคราวที่สร้างขึ้นจากขดลวดฟิลคอยด์ เพราะสามารถควบคุมตัวแปร ความเข้มของสนามแม่เหล็กได้ง่าย

2.2 การสร้างฐานรองรับลวดตัวนำที่ใช้ในชุดทดลอง ควรออกแบบให้มีการปรับระยะได้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความยาวของลวดตัวนำกับปริมาณกระแสไฟฟ้าได้

2.3 ควรศึกษาผลการใช้ชุดทดลองกับตัวแปรอื่นๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การประเมินผลการเรียนรู้ โดยใช้ผังมโนทัศน์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.4 ควรพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอน โดยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปสร้างและพัฒนาอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ในเรื่องอื่นๆ ได้ด้วยตนเอง

2.5 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยใช้จำนวนนักเรียนที่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากช่วงระยะเวลาในการทดลองใช้เครื่องมือแต่ละชุดเป็นช่วงเวลาต่างกัน และนักเรียนที่เป็นกลุ่มเสมือนสำหรับการทดลองใช้เครื่องมือนั้นติดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาอื่นจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วน ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรกำหนดกลุ่มเสมือนที่เป็นกลุ่มเดียวกันในการทดลองใช้เครื่องมือสำหรับการวิจัยทุกชุด

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ หล้าสูงษ์. (2528). จิตวิทยาการศึกษา ฉบับปรับปรุงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชาแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- กรมวิชาการ. (2545). เทคนิคการวัดและประเมินผลในชั้นเรียน ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544. (แผ่นพับ). กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). หนังสือเรียนฟิสิกส์ 4 ว 028. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2531). เทคโนโลยีร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เขมิกาญจน์ ทองมา. (2540). การศึกษามลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่1 ที่ได้รับการสอนโดยการฝึกสร้าง เกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวของสสวท. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- คณะอนุกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัยฉบับปรับปรุง. (2543). ฟิสิกส์ 1. กรุงเทพฯ : กรุงเทพมหานครพิมพ์.
- คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2524). ฟิสิกส์ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คั้วน ขาวหนู. (ม.ป.ป.). เทคนิคการสอนและการวัดผลสุศึกษา. กรุงเทพฯ : อักษรบัณฑิตการพิมพ์.
- จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล. (2540). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. (สาขาวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- จิรพรรณ ทะเขี้ยว. (2543). การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- จิรภัทร์ บัวสุวรรณ. (2543). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดยใช้ชุดการเรียนสหทธิไลน์กับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนแบบโครงการ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (สาขาการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชาญชัย อินทรสุนานนท์. (2531). เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยี 301 "สื่อการสอน" กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชูชีพ อ่อนโคกสูง. (2522). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- เชิดศักดิ์ โฆมาสินธุ์. (2520). การวัดทัศนคติและบุคลิกภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- โซ สาลีฉิน. (2534). เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์ และเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2528). การสร้างอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทดแทนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชำนาญ เต็มเมืองฟัก. (2521). ไฟฟ้าและแม่เหล็ก. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2546). การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทวิช แจ่มจรัส. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องน้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาน้ำพุร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี. ปรินญาณิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทิพาพรรณ ก.บัวเกษร. (2542). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเจตคติต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบค้นพบด้วยตนเองกับการสอนแบบค้นพบโดยมีการชี้แนะ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (สาขาการประถมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นพดล ปู่ชูประเสริฐ. (2534). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการอ่านเพื่อความเข้าใจภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการอภิปรายและการทำแผนผังสรุปโยงเรื่องที่อ่าน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การสอนภาษาอังกฤษ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

- นุสรรา เอี่ยมนารัตน์. (2542). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมแบบยั่งยืนกับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาการมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปณต เกิดภักดี.(2544). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยการจัดกิจกรรมแบบ 4 MAT. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประนอม หมอกกระโทก.(2545). การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2520). ทักษะคิด : การวัดการเปลี่ยนแปลง และพฤติกรรมอนามัย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2539). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- ปาริชาติ แก่นสำโรง. (2541). ผลของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง หุ่นยนต์และชาย โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือครูที่มีต่อผลสรุปทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พรณี ข.เจนจิต. (2528). จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : อมรินทร์การพิมพ์.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์.(2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ. (2543). ไฟฟ้าและแม่เหล็ก. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เสียงเชียงใหม่.
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2540). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- มงคล จงสุพรรณพงศ์. (2543). การพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ เพื่อเป็นชุดทดลองประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2540). หลักการแนะแนว. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ภาพพิมพ์.

- รวีวรรณ อิงคนุรักษ์พันธ์. (2533). การวัดทัศนคติเบื้องต้น. ชลบุรี : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : แอล ที เพรส.
- วันชัย ศศิสกุลพร. (2540). การสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 หลัก สูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. (สาขาวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- วารี ว่องพินัยรัตน์. (2530). การสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาทดสอบและวิจัยทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูสวนสุนันทา.
- วาสนา ชาวหา. (2524). การทำอุปกรณ์อย่างง่าย. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิรงรอง วิจารณ์กุล. (2530). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการสอนที่ใช้แผ่นโปร่งใสประกอบและการสอนตามคู่มือครู. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิรัช ชันดยานุกุลกิจ. (2536). การทดลองใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนจำการบุญ พิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (สาขาหลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วุฒิชัย ประสารสอย. (2545). การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : บริษัท บัคพอยท์ จำกัด.
- ศักดิ์ สุนทรเสณี. (2531). เจตคติ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์รุ่งวัฒนา.
- ศิริเพ็ญ จึงตระกูล. (2542). การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันฯ.
- (2544). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานการเคลื่อนที่และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ สถาบันฯ.

- สนอง ทองปาน. (2537). การศึกษาผลการใช้เครื่องมืออัดขยายภาพขาวดำที่พัฒนาขึ้นในการสอนอัดขยายภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมนึก บุญพาไสว.(2534,มกราคม - มีนาคม). "การแก้ปัญหากับมโนคติในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์". วารสาร สสวท. 101(73) : 19.
- สมบูรณ์ สงวนญาติ. (2534). เทคโนโลยีทางการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.
- สมพงษ์ ใจดี. (2543). ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 3. พิมพ์ครั้งที่ 3 ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมหวัง คุรุรัตน์. (2535). การทำอุปกรณ์การสอนอย่างง่าย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สาโรจน์ แผงยัง. (2529). สื่อการสอน. กรุงเทพฯ : มปท.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.(2541). วิกฤตการณ์วิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานฯ.
- สิปปนนท์ เกตุทัต.(2541). การประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง วิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยุคหลังปี ค.ศ.2000. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุมาลี ดำรงไชย. (2537). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (สาขาการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2. กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุ๊คเซนเตอร์.
- เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต.(2528). เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อมรา เขียวรักษา. (2540). การพัฒนารายการวีดิทัศน์เพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจ เรื่องการจัดกิจกรรมชุมนุมนักวิทยาศาสตร์ รุ่นเยาว์สำหรับครูวิทยาศาสตร์. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Allport, G. W. (1935). Attitude : Reading in Attitude Theory and Measurement. New York : John Wiley and Sons.

- Bloom. (1956). *Taxonomy of Education Objectives*. New York : David Mokay Company Inc.
- Charles, Robert Kotran. (1978,October). Relationships Among Cognitive Performance Development Level and Instructional Strategy. *Dissertation Abstracts International*. 48(4) : 891-A.
- Douglas, Macbeth. (1988, December). "On an Actual Apparatus for Conceptual Change," *Science Education*. 841(2) : 228 – 255.
- Francis. George Harold. (1977, April). "An Experimental Study of the Effectiveness of Self Instruction versus the Lecture Demonstration Method of Teaching Phase of Electricity," *Dissertation Abstracts International*. 27 : 3338 – A
- Harkoos. Gerry D. and John E.Penick. (1983, October). "The Influence of Classroom Climate on Science Process and Content Achievement of Community College Students," *Journal of Research in Science Teaching*. 30(3) : 629
- Pappelis, C.K. and Others. (1980, March). "Can Instruction Improve Science Process Skills of Premedical and Predental Students," *Journal of Research in Science Teaching*. 17(1) : 25 – 29.
- Selim, M.A.M. (1982, January). "The Effect of Discovery and Expository Teaching on Science Achievement and Science Attitude of Male and Female Fifth Grade Students in Egypt," *Dissertation Abstracts International*. 42(7) : 3001 – A.
- Smith, Patty Templeton. (1994,January). "Instruction Method Effect on Student Attitude and Achievement." *Dissertation Abstract International*. 54(7) : 2528 – A.
- Strawitz, B.M. and M.R.Malone. (1987, January). "Preservice Teacher's Acquisition and Retention of Intergrated Science Process Skills : A Comparison of Teacher – Directed and Self – Instructional Strategies," *Journal of Research in Science Teaching*. 24(5) : 53 – 60.
- Traindis, Hary C. (1971). *Attitude and Attitude Change*. New York : John Wiely and Son.
- Vanek, F.A.P. (1974, September). "A Comparative Study of Selected Science Teaching Material (EES) and Textbook Approach on Classifying," *Dissertation Abstracts International*. 35 : 1522 – A.
- Widden, Marvin Frank. (1973, January). "A Product Evaluation of Science a Process Approach," *Dissertation Abstracts International*. 37Z7X : 3583 – A

ภาคผนวก

### ภาคผนวก ก

1. รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
2. สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์

### รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

1. อาจารย์ รังสรรค์ ศรีสาคร สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร
2. อาจารย์ งาม ดิวารี สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรชัย ศรีวลีรัตน์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
4. อาจารย์ มาโนชญ์ เหมมณี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
5. อาจารย์ ไชแลนด์ วงศ์นาป่า โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี



ที่ สธ 0519.12 - 10110

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

1๘ สิงหาคม 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวพรรณรัตน์ อภรณ์พิศาล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม” โดยมี อาจารย์สนอง ทองปาน และ รองศาสตราจารย์ฉัฐพงษ์ เจริญพิทย์ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายราม ดิวารี นักวิชาการ และ นายรังสรรค์ ศรีสาคร ผู้ชำนาญ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แบบประเมินคุณภาพคู่มือ การใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถในการทำทดลอง และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมิน แบบทดสอบ และแบบสอบถามให้ นางสาวพรรณรัตน์ อภรณ์พิศาล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จิระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดก่อนติด โทรศัพท์ มือถือ 01-3783373



ที่ ศธ 0519.12/๒๕๖๕

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

16 สิงหาคม 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวพรรณรัตน์ อารณพิศาล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม” โดยมี อาจารย์สนอง ร่องปาน และ รองศาสตราจารย์ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรชัย ศรีวลีรัตน์ และ อาจารย์มาโนชญ์ เหมมณี เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แบบประเมินคุณภาพคู่มือ การใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถในการทำทดลอง และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน แบบทดสอบ และแบบสอบถามให้ นางสาวพรรณรัตน์ อารณพิศาล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ มือถือ 01-3783373



ที่ ศธ 0519.12.๒๕๖๕

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

/๔ สิงหาคม 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางสาวพรรณรัตน์ อภรณ์พิศาล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม” โดยมี อาจารย์สนอง ทองปาน และ รองศาสตราจารย์ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเชิญ อาจารย์ไชเจนต์ วงษ์บาป เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แบบประเมินคุณภาพคู่มือ การใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินความสามารถในการทำทดลอง และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน แบบทดสอบ และแบบสอบถามให้ นางสาวพรรณรัตน์ อภรณ์พิศาล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เทัญสิริ จิระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ มือถือ 01-3783373

## ภาคผนวก ข

1. แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การทดลองกับเนื้อหาการทดลอง
2. ตารางแสดงผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
3. แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง
4. แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง สำหรับครูและนักเรียน
5. แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
6. แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง

**แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหา  
การทดลองของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก**

**คำชี้แจง**

ขอความกรุณาท่านพิจารณาจุดประสงค์ของการทดลองแต่ละข้อต่อไปนี้ ว่ามีความสอดคล้องสัมพันธ์กับการทดลองที่สร้างขึ้นหรือไม่ โดยพิจารณาให้คะแนนต่อไปนี้

+1 ถ้าท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง

0 ถ้าท่านไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง

-1 ถ้าท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองไม่มีความสอดคล้องกับการทดลอง

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน +1, 0 และ -1 แล้วแต่กรณี

การทดลองที่	จุดประสงค์ของการทดลอง	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
1	1. เพื่อศึกษาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็ก				
2	1. เพื่อศึกษาปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก				
	2. เพื่อศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก				
3	1. เพื่อศึกษาทิศของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก				
	2. เพื่อศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก				
	3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทิศของกระแสไฟฟ้าทิศของสนามแม่เหล็กและทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ				
4	1. เพื่อศึกษาทิศของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำ เมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

ตาราง 15 วิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้  
ด้านความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

การ ทดลอง ที่	จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์*						ข้อสอบ บ อัตรณ์
		1	2	3	4	รวม	ลำดับ ความ สำคัญ	
1	1. เพื่อศึกษาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็ก	7	3	1	0	11	2	1
2	1. เพื่อศึกษาปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก	1	1	0	2	4	7	
	2. เพื่อศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก	1	2	0	2	5	6	1
3	1. เพื่อศึกษาทิศของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก	2	1	4	3	10	3	
	2. เพื่อศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก	0	8	2	0	10	3	
	3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็กและทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ	2	6	2	2	12	1	1
4	1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำและทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ	1	1	5	1	8	5	
รวม		13	22	13	11	59		3

1 : ความรู้ความจำ, 2 : ความเข้าใจ, 3 : การนำไปใช้, 4 : ทักษะกระบวนการ

## แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

แบบประเมินนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

**คำชี้แจง** : แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จำนวน 20 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป จำนวน 5 ข้อ
2. ลักษณะการใช้งาน จำนวน 6 ข้อ
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม จำนวน 4 ข้อ
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

**ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน**

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

**ตอนที่ 2** ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กรุณาเขียนเครื่องหมาย  ลงในกรอบ  หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ระดับการศึกษา
  - ปริญญาตรี
  - ปริญญาโท
  - ปริญญาเอก
  - อื่นๆ (โปรดระบุ).....

3. ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้าน  วิชาฟิสิกส์  วิทยาศาสตร์  
ศึกษา จำนวน.....ปี

4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน

ตำแหน่ง.....

สังกัด.....

**ตอนที่ 3** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและ  
สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 3 มีทั้งหมด 20 ข้อ

2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากทดสอบชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก	หมายถึง	5
ผลการประเมินอยู่ในระดับดี	หมายถึง	4
ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง	หมายถึง	3
ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้	หมายถึง	2
ผลการประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง	หมายถึง	1

ตาราง 16 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก  
โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาที่  
เกี่ยวข้อง

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
<b>1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป</b>					
1.1 มีความแข็งแรงทนทาน	.....	.....	.....	.....	.....
1.2 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
1.3 การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจ	.....	.....	.....	.....	.....
1.4 มีรูปทรงและขนาดมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	.....	.....	.....	.....	.....
1.5 อุปกรณ์แต่ละชิ้นแสดงผลได้ชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
<b>2. ลักษณะการใช้งาน</b>					
2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	.....	.....	.....	.....	.....
2.2 มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
2.3 สามารถทำได้หลายการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
2.4 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง	.....	.....	.....	.....	.....
2.5 ใช้สะดวกและปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
<b>3. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม</b>					
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	.....	.....	.....	.....	.....
3.2 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก	.....	.....	.....	.....	.....
3.3 วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเป็นชุดทดลองสามารถจัดหาได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
3.4 การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นๆ เสียหาย	.....	.....	.....	.....	.....
<b>4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน</b>					
4.1 พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	.....	.....	.....	.....	.....
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองถูกต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
4.3 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	.....	.....	.....	.....	.....
4.4 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรง	.....	.....	.....	.....	.....
4.5 ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	.....	.....	.....	.....	.....

**ตอนที่ 4** **ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาชีพ  
ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(.....)  
...../...../.....

**แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก**  
 แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์  
 ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง  
 การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

---

**คำชี้แจง :** แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

**ตอนที่ 1** ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

**ตอนที่ 2** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียน
2. คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับครู

**ตอนที่ 3** ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

**ตอนที่ 1** ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กรุณาเขียนเครื่องหมาย  ลงในกรอบ  หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ระดับการศึกษา
  - ปริญญาตรี
  - ปริญญาโท
  - ปริญญาเอก
  - อื่นๆ (โปรดระบุ).....
3. ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้าน  วิชาฟิสิกส์  วิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน.....ปี
4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน
  - ตำแหน่ง.....
  - สังกัด.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาชีพด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคุณภาพชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 2 มีทั้งหมด 15 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากทดสอบชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก	หมายถึง	5
ผลการประเมินอยู่ในระดับดี	หมายถึง	4
ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง	หมายถึง	3
ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้	หมายถึง	2
ผลการประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง	หมายถึง	1

ตาราง 17 การประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก  
โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาชีพศึกษ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสาขาที่เกี่ยวข้อง

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียน					
1.1 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	.....	.....	.....	.....	.....
1.2 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับ ระดับชั้นของนักเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
1.3 เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	.....	.....	.....	.....	.....
1.4 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	.....	.....	.....	.....	.....
1.5 กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด	.....	.....	.....	.....	.....
1.6 มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	.....	.....	.....	.....	.....
1.7 นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
1.8 เอกสารรายงานการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
1.9 คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	.....	.....	.....	.....	.....
1.10 คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำ ให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น	.....	.....	.....	.....	.....
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับครู					
2.1 สรุปและอภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
2.2 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.3 เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.4 เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.5 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	.....	.....	.....	.....	.....

**ตอนที่ 3** ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(.....)  
...../...../.....

## แบบประเมิน แบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญ

### วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อใช้ประเมินแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ภายหลังจากเรียนรู้ด้วยชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

### คำชี้แจง

1. การประเมินแบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัย เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้
  - 1.1 ตอบถูกต้องตรงประเด็น ครบคลุม
  - 1.2 มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียด
  - 1.3 ใช้ภาษา และคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง เข้าใจง่าย
2. โปรดประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การพิจารณาคำตอบแบบทดสอบอัตนัยกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 5 ระดับ โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในแบบประเมินในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน กำหนดให้

+1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ตาราง 18 แบบประเมิน แบบประเมินคำตอบแบบทดสอบอัตนัยเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการที่ประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
		+ 1	0	- 1
1. ตอบถูกต้องตรงประเด็นครอบคลุม	5 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็นครอบคลุมแยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดทุกหัวข้ออย่างชัดเจน ใช้ภาษาและคำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องชัดเจน สละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย			
2. มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียด	4 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็นแยก แต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียด ทุกหัวข้ออย่างชัดเจน ใช้ภาษาและคำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องชัดเจน ไม่สละสลวย แต่อ่านแล้วเข้าใจง่าย			
3. ใช้ภาษาและคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องเข้าใจง่าย	3 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น แยก แต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดไม่ครบทุกประเด็น ใช้ภาษาและคำศัพท์ วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องชัดเจน และสละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย			
	2 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น ไม่แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน ไม่ยกตัวอย่างและขยายรายละเอียด ใช้ภาษาและคำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง พอควร อ่านแล้วเข้าใจง่าย			
	1 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็นไม่แยกแต่ละหัวข้อให้ชัดเจน ไม่มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดให้ชัดเจน ใช้ภาษาและคำศัพท์วิทยาศาสตร์ ไม่ถูกต้อง อ่านแล้วไม่เข้าใจ			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

## แบบประเมิน แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญ

### วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อใช้ประเมินแบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ขณะที่ยังเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

### คำชี้แจง

1. แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง เป็นแบบประเมินจากสภาพจริง โดยครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล ในขณะที่นักเรียนกำลังเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แบบประเมินนี้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ ได้แก่คะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการทำการทดลองของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 134 – 141) โดยประเมินพฤติกรรม 3 ด้านของนักเรียน คือ

1. การวางแผนการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ด้าน
  - 2.1 เทคนิคการทดลอง
  - 2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง
  - 2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง

โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในแบบประเมินในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน กำหนดให้

+1 หมายถึง ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมินสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมิน และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมินสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมิน และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

-1 หมายถึง ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมินไม่สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมิน และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ตาราง 19 แบบประเมิน แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง  
เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กโดยผู้เชี่ยวชาญ

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
<p>1. การวางแผนการทดลอง</p> <p>พฤติกรรม :</p> <p>1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง</p> <p>2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม</p> <p>3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมทำการทดลองอย่างเหมาะสมและชัดเจน</p> <p>4) มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาขณะทำการทดลองอย่างเหมาะสม</p> <p>5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข</p> <p>เกณฑ์การประเมิน</p> <p>5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ</p> <p>4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ</p> <p>3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ</p> <p>2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ</p> <p>1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ</p>	.....	.....	.....	.....
<p>2. การปฏิบัติการทดลอง</p> <p>2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง</p> <p>1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน</p> <p>2) ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง</p> <p>3) อ่านค่าและตรวจสอบได้ถูกต้อง</p> <p>4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวัง และปลอดภัย</p> <p>5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข</p> <p>เกณฑ์การประเมิน</p> <p>5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ</p> <p>4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ</p> <p>3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ</p> <p>2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ</p> <p>1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ</p>	.....	.....	.....	.....

## ตาราง 19 (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
<p>2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง</p> <p>พฤติกรรม :</p> <p>1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว</p> <p>2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์</p> <p>3) มีความมั่นใจในขณะปฏิบัติการทดลอง</p> <p>4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด</p> <p>5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข</p>				
<p>เกณฑ์การประเมิน</p> <p>5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ</p> <p>4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ</p> <p>3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ</p> <p>2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ</p> <p>1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ</p>				
<p>2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ</p> <p>พฤติกรรม :</p> <p>1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ</p> <p>2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง</p> <p>3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี</p> <p>4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย</p> <p>5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข</p>				
<p>เกณฑ์การประเมิน</p> <p>5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ</p> <p>4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ</p> <p>3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ</p> <p>2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ</p> <p>1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ</p>				

## ตาราง 19 (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง				
3.1 รายงานการทดลองประกอบด้วยหัวข้อ				
1) จุดประสงค์การทดลอง	.....	.....	.....	.....
2) สมมติฐาน	.....	.....	.....	.....
3) ผลการทดลอง	.....	.....	.....	.....
4) สรุปผลการทดลอง	.....	.....	.....	.....
5) คำถามท้ายการทดลอง	.....	.....	.....	.....
เกณฑ์การประเมิน				
5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	.....	.....	.....	.....
4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	.....	.....	.....	.....
3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	.....	.....	.....	.....
2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	.....	.....	.....	.....
1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	.....	.....	.....	.....
3.2 เขียนจุดประสงค์การทดลองได้เหมาะสม				
เกณฑ์การประเมิน				
5 : เขียนจุดประสงค์ได้ถูกต้อง เหมาะสมชัดเจนมากและครอบคลุม	.....	.....	.....	.....
4 : เขียนจุดประสงค์ได้ส่วนใหญ่ เหมาะสม ชัดเจน และครอบคลุม	.....	.....	.....	.....
3 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน และมีความถูกต้อง และครอบคลุมบางส่วน	.....	.....	.....	.....
2 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน และมีความถูกต้องอยู่บ้าง แต่ไม่ครอบคลุม	.....	.....	.....	.....
1 : เขียนจุดประสงค์ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และไม่ครอบคลุม	.....	.....	.....	.....
3.3 เขียนสมมติฐานได้เหมาะสม				
เกณฑ์การประเมิน				
5 : เขียนสมมติฐานได้ถูกต้องเหมาะสมชัดเจนมาก	.....	.....	.....	.....
4 : เขียนสมมติฐานได้ส่วนใหญ่เหมาะสมชัดเจน	.....	.....	.....	.....
3 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้อง	.....	.....	.....	.....
2 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้องอยู่บ้าง	.....	.....	.....	.....
1 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	.....	.....	.....	.....

## ตาราง 19 (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+ 1	0	- 1	
3.4 เขียนผลการทดลองได้เหมาะสม เกณฑ์การประเมิน				
5 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย น่าสนใจ ข้อมูลถูกต้อง	.....	.....	.....	.....
4 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย ข้อมูล ถูกต้องเกือบทั้งหมด	.....	.....	.....	.....
3 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย มีข้อมูล บางส่วนไม่ถูกต้องเล็กน้อย	.....	.....	.....	.....
2 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านพอเข้าใจ มีข้อมูล ส่วนมากไม่ถูกต้อง	.....	.....	.....	.....
1 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่ผ่านเข้าใจยาก และมี ข้อมูลส่วนมากไม่ถูกต้อง	.....	.....	.....	.....
3.5 สรุปผลการทดลองได้เหมาะสม เกณฑ์การประเมิน				
5 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความครบถ้วนสมบูรณ์	.....	.....	.....	.....
4 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความเกือบทั้งหมดครบถ้วนสมบูรณ์ อ่านแล้วเข้าใจง่าย	.....	.....	.....	.....
3 : เขียนสรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วน	.....	.....	.....	.....
2 : เขียนสรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐานเกือบ ทั้งหมด ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	.....	.....	.....	.....
1 : เขียนสรุปผลการทดลองได้บางส่วนไม่สอดคล้องกับ สมมติฐาน	.....	.....	.....	.....
3.6 คำถามท้ายการทดลองถูกต้อง ชัดเจน เกณฑ์การประเมิน				
5 : ตอบคำถามได้ถูกต้อง ชัดเจนมาก	.....	.....	.....	.....
4 : ตอบคำถามได้ถูกต้องชัดเจนมากเกือบทั้งหมด	.....	.....	.....	.....
3 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	.....	.....	.....	.....
2 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นบางส่วน	.....	.....	.....	.....
1 : ตอบคำถามผิดมาก	.....	.....	.....	.....



### ภาคผนวก ค.

1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลอง
3. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้วิชา ฟิสิกส์  
เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน  
เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

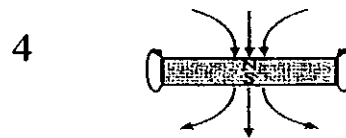
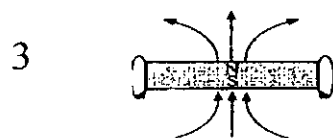
คำชี้แจง

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว และทำเครื่องหมาย x ลงใน  
กระดาษคำตอบ

การทดลองที่ 1

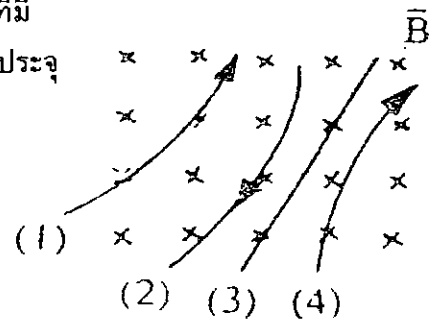
จุดประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็ก

1. สนามแม่เหล็กจะไม่ส่งผลต่อสิ่งใด
  1. ประจุไฟฟ้าที่อยู่นิ่ง
  2. ประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่
  3. แม่เหล็กถาวรที่อยู่นิ่ง
  4. แม่เหล็กถาวรที่เคลื่อนที่
  
2. สนามแม่เหล็กมีความหมายตรงกับข้อใด
  1. บริเวณที่มีแรงกระทำต่อเข็มทิศที่วางอยู่ในบริเวณนั้น
  2. บริเวณที่มีแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่ผ่านในบริเวณนั้น ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเบนไปจากเดิม
  3. จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉากกัน
  4. ข้อ 1 ข้อ 2 และข้อ 3
  
3. ข้อใดแสดงเส้นแรงแม่เหล็กที่ถูกต้อง



4. อนุภาคสี่ตัวเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กตามทางเดินดังรูปชนิดของประจุของแต่ละอนุภาคเรียงตามลำดับดังนี้

1. บวก บวก กลาง ลบ
2. บวก ลบ กลาง ลบ
3. ลบ บวก กลาง บวก
4. ลบ ลบ กลาง บวก



### การทดลองที่ 2

จุดประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษาปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก

5. บอกขนาดและทิศทางของกระแสที่ให้ไหลผ่านเส้นลวดยาว  $e$  เมตร มวล  $m$  กิโลกรัม แล้วทำให้ลวดลอยขึ้นจากพื้นจนมีความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ภายในเวลา 2 วินาที (กำหนดให้ลวดวางตัวอยู่ในแนวตะวันตก-ตะวันออก ความเร่งโน้มถ่วง 10 เมตรต่อวินาที<sup>2</sup> และ  $B$  เป็นสนามแม่เหล็กโลกในแนวราบ สนามแม่เหล็กในแนวตั้งเป็นศูนย์)

1.  $\frac{20m}{eB}$  ทิศตะวันออก
2.  $\frac{20m}{eB}$  ทิศตะวันตก
3.  $\frac{10m}{eB}$  ทิศตะวันออก
4.  $\frac{10m}{eB}$  ทิศตะวันตก

6. แท่งตัวนำยาว 10 เซนติเมตร มวล 0.05 กิโลกรัม มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 25 แอมแปร์ เมื่อนำไปไว้ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ ปรากฏว่าแท่งตัวนำนี้สามารถลอยนิ่งอยู่ในสนามแม่เหล็ก จงหาว่าขนาดของสนามแม่เหล็กมีค่ากี่เทสลา

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1. $\frac{1}{3}$ | 2. $\frac{1}{5}$ |
| 3. $\frac{1}{7}$ | 4. $\frac{1}{9}$ |

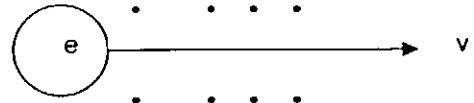
7. ลวดทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 นิ้ว มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 50 แอมแปร์ ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ผิวของลวดเส้นนี้มีขนาดเท่าใด

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. $8 \times 10^{-3}$ เทสลา | 2. $8.5 \times 10^{-5}$ เทสลา |
| 3. $9 \times 10^{-7}$ เทสลา | 4. $9.5 \times 10^{-9}$ เทสลา |

จุดประสงค์ที่ 2 เพื่อศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

8. ถ้ามีอิเล็กตรอนวิ่งตามแนวราบไปทางขวาผ่านสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอซึ่งมีทิศพุ่งออกมาตั้งฉากกับระนาบของแผ่นกระดาษ แนวทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นไปตามข้อใด

1. วิ่งในแนวราบตามเดิม
2. เบี่ยงเบนจากแนวเดิมลงข้างล่าง
3. เบี่ยงเบนพุ่งออกมาจากแผ่นกระดาษตามทิศของแม่เหล็ก
4. เบี่ยงเบนจากแนวเดิมขึ้นข้างบน



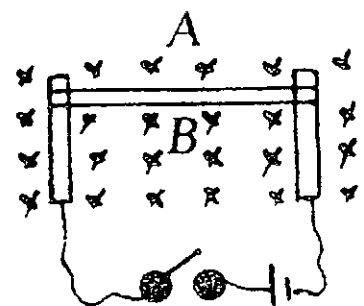
9. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวาด้านบนเข้าไปในสนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งขึ้นด้านบนถ้าต้องการให้สนามแม่เหล็กเข้าไปเพื่อหักล้างการเบี่ยงเบนที่เกิดจากสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็กจะต้องมีทิศทางใด



1. พุ่งขึ้นข้างบน
2. พุ่งลงข้างล่าง
3. พุ่งเข้าไปในกระดาษ
4. พุ่งออกจากกระดาษ

10. ลวดโลหะ มวล 10 g ยาว 25 cm ความต้านทาน  $1 \Omega$  วางบนเส้นลวดคู่ที่ตรึงแน่นอยู่กับที่ และไม่มี ความต้านทาน มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ และจลน์เป็น 0.5 และ 0.4 ตามลำดับ เส้นลวดทั้งสองต่อกับวงจรไฟฟ้าที่มีสวิตช์ s และแบตเตอรี่ 3 V ที่ไม่มี ความต้านทาน ภายใน และให้สนามแม่เหล็กมีค่า 0.2 T ดังรูป เมื่อสับสวิตช์เส้นลวดจะเคลื่อนที่ไปทางใดด้วยความเร็วเท่าไร

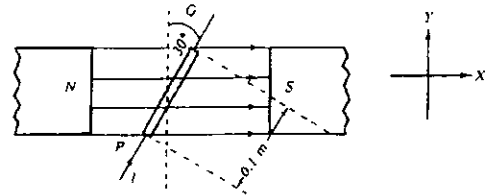
— 25 cm —



1. เส้นลวดอยู่นิ่ง
2. เคลื่อนไปทาง B,  $8 \text{ m/s}^2$
3. เคลื่อนไปทาง A,  $10 \text{ m/s}^2$
4. เคลื่อนที่ไปทาง A,  $11 \text{ m/s}^2$

11. จากรูป สมมติว่าสนามแม่เหล็กระหว่างแท่งแม่เหล็ก NS สมำเสมอมีค่า  $10^{-2}$  เทสลา จงคำนวณแรงที่เกิดบนลวดตัวนำ PQ ซึ่งยาว 0.1 เมตร มีกระแส 10 แอมแปร์ไหลผ่าน

1.  $5 \times 10^{-3}$  นิวตัน, พุ่งออกตั้งฉากกับกระดาษ
2.  $5\sqrt{3} \times 10^{-3}$  นิวตัน, พุ่งเข้าตั้งฉากกับกระดาษ
3.  $5\sqrt{3} \times 10^{-3}$  นิวตัน, +X
4.  $5 \times 10^{-3}$  นิวตัน, -X



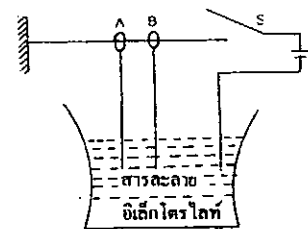
**การทดลองที่ 3**

**จุดประสงค์ที่ 1** เพื่อศึกษาทิศของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก

12. เส้นลวด 2 เส้น มีกระแส  $I_1$  และ  $I_2$  ไหลสวนกัน จะเกิดปรากฏการณ์ดังนี้
1. แรงดูดระหว่างลวด
  2. แรงผลักระหว่างลวด
  3. ไม่มีแรงใด ๆ ระหว่างลวดทั้งสอง
  4. อาจเกิดทั้งแรงดึงดูดและแรงผลัก ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของกระแส

13. ตามรูป A และ B เป็นลวดแขวนที่เคลื่อนที่ได้ เมื่อสับสวิตช์ S ลงจะได้ผลอย่างไร

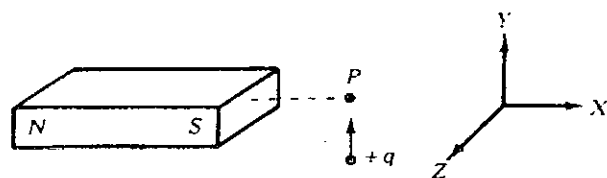
1. ลวดทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าหากัน
2. ลวดทั้งสองจะเคลื่อนที่ออกจากกัน
3. ลวดทั้งสองจะเคลื่อนที่ตามกันไปทางซ้ายมือ
4. ลวดทั้งสองจะไม่เกิดการเคลื่อนที่



**จุดประสงค์ที่ 2** เพื่อศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

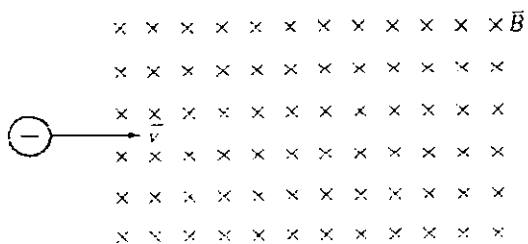
14. จากรูปประจุ +q เคลื่อนที่ขึ้นไปในทิศ +y เมื่อมาถึงจุด p จะมีแรงแม่เหล็กกระทำกับประจุ +q ในทิศใด

1. +x
2. -x
3. +z
4. -z



15. จากภาพอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่อย่างไร

1. เบี่ยงเบนลึกเข้าไปในกระดาษ
2. เบี่ยงเบนออกนอกกระดาษ
3. เบี่ยงเบนขึ้น
4. เบี่ยงเบนลง



จุดประสงค์ที่ 3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของ

สนามแม่เหล็ก และทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ

16. สิ่งต่อไปนี้ อะไรบ้างที่มีผลต่อทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคมีประจุที่เคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

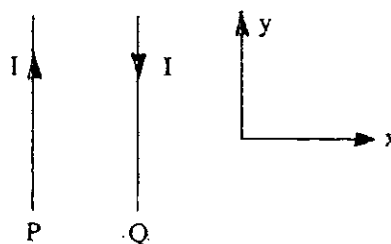
- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| ก. ทิศทางของสนามแม่เหล็ก | ค. ขนาดของสนามแม่เหล็ก |
| ข. ขนาดของประจุ          | ง. ชนิดของประจุ        |
- ข้อที่ถูกต้อง
1. ก. และ ข.
  2. ก. และ ค.
  3. ก. และ ง.
  4. ข. และ ค.

17. เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านบริเวณสนามแม่เหล็กหนึ่ง กรณีใดที่ความเร็วของอิเล็กตรอนไม่เปลี่ยนแปลง

1. ขนานกับสนามแม่เหล็ก
2. ขนานกับสนามไฟฟ้า
3. ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก
4. ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า

18. P และ Q เป็นเส้นลวดยาววางขนานกับ ต่่างมีกระแสไฟฟ้า  $I$  ไหลผ่านในทิศสวนกัน ทิศของสนามแม่เหล็กและแรงที่กระทำบนเส้นลวด Q เป็นดังข้อใด

1. พุ่งเข้ากระดาษ และ  $+x$
2. พุ่งเข้ากระดาษ -  $x$
3. พุ่งออกจากกระดาษ และ  $+x$
4. พุ่งออกจากกระดาษ และ  $-x$



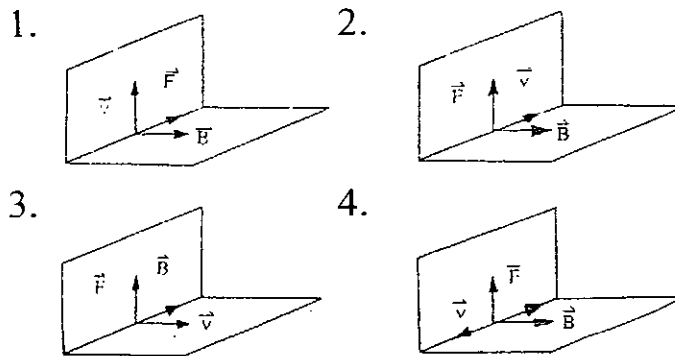
19. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก) เมื่อประจุไฟฟ้าวิ่งผ่านสนามแม่เหล็กจะมีแรงจากสนามแม่เหล็กกระทำ
- ข) ประจุที่วิ่งในสนามแม่เหล็ก โดยทิศของความเร็วตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะมี ความเร็วคงที่ในสนามแม่เหล็ก และพลังงานจลน์ของประจุคงที่
- ค) อนุภาคที่มีทั้งประจุและมวล เมื่อวิ่งในสนามแม่เหล็กจะวิ่งเป็นวงกลมไม่ว่า ทิศทางของความเร็วจะทำมุมเท่าใดกับสนามแม่เหล็ก

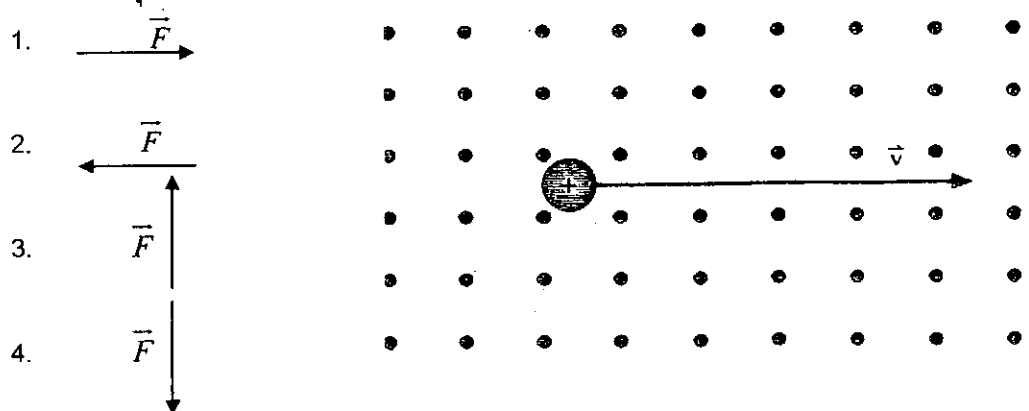
ข้อใดถูกต้อง

- 1. ข้อ ก. และ ข.
- 2. ข้อ ข. และ ค.
- 3. ข้อ ก. และ ค.
- 4. ผิดทุกข้อ

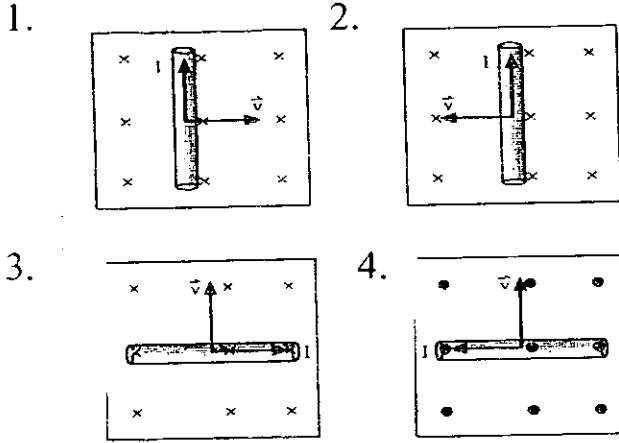
20. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว  $v$  ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก  $B$  ทิศ ของแรง  $\vec{F}$  ที่กระทำต่ออิเล็กตรอนเป็นดังรูปในข้อใด



21. จากรูป แสดงถึงทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศการเคลื่อนที่ของประจุบวก แรงที่เกิด ขึ้นกับประจุจะมีดังข้อใด

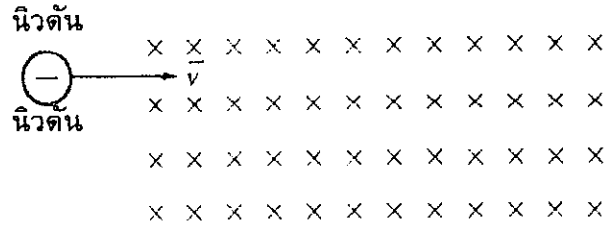


22. เมื่อเคลื่อนลวดตัวนำด้วยความเร็ว  $V$  ตัดเส้นแรงแม่เหล็กในสนามแม่เหล็ก  $B$  ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ทิศของกระแสเหนี่ยวนำในลวดรูปใดถูกต้อง



23.  $\vec{B}$  เป็นสนามแม่เหล็กมีทิศพุ่งตั้งฉากลงในกระดาษมีขนาด  $3.5 \times 10^{-3}$  เทสลา ยิงอิเล็กตรอนด้วยความเร็ว  $5.0 \times 10^7$  เมตร/วินาที เข้าไปในทิศตั้งฉากกับ  $B$  จะมีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนด้วยขนาดเท่าไร ในหน่วยของนิวตัน

1.  $2.8 \times 10^{-14}$  นิวตัน
2.  $0.7 \times 10^{-10}$
3.  $1.0 \times 10^2$  นิวตัน
4.  $1.8 \times 10^5$

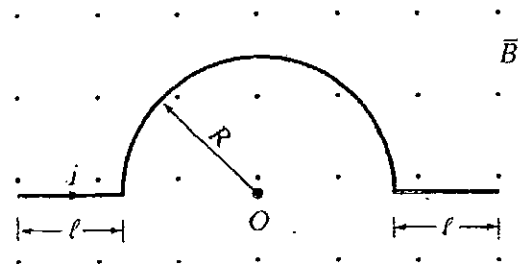


**การทดลองที่ 4**

จุดประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษาทิศของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำเมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก

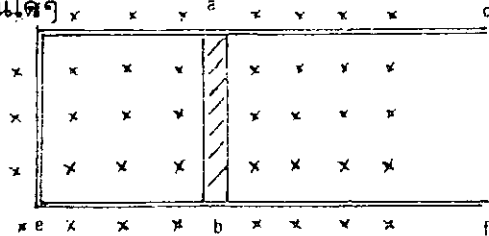
24. ตามรูปลวดตัวนำมีกระแส 10 แอมแปร์ไหลผ่าน วางในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ  $10^{-2}$  เทสลา ถ้า  $e = 0.5$  เมตรและ  $R = 0.5$  เมตร แรงลัพธ์ที่กระทำกับลวดเป็นเท่าไร ถ้าไม่คิดแรงดึงดูดของโลก

1. 0.2 นิวตัน, พุ่งขึ้น
2. 0.2 นิวตัน, พุ่งลง
3. 0.1 นิวตัน, พุ่งขึ้น
4. 0.1 นิวตัน, พุ่งลง



25. แท่งตัวนำ  $ab$  ดังรูป เคลื่อนที่โดยให้แตะกับโลหะ  $cdef$  เครื่องมืออยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ  $0.5$  เทสลา ในทิศพุ่งตั้งฉากเข้าหากระดาษ ตัวนำ  $ab$  ยาว  $0.5$  เมตร ถ้าแท่งตัวนำเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็ว  $4$  เมตรต่อวินาที และความต้านทานในวงจรรวมที่เท่ากับ  $0.2$  โอห์ม จงหาขนาดของแรงที่รักษาให้การเคลื่อนที่คงเดิมถ้าไม่มีความเสียดทานใดๆ

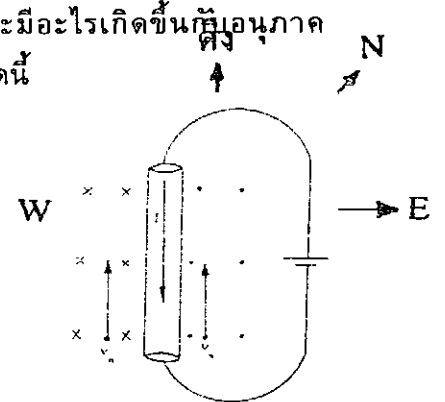
1.  $0.8$  นิวตัน
2.  $1.25$  นิวตัน
3.  $1.6$  นิวตัน
4.  $2.50$  นิวตัน



**จุดประสงค์ที่ 2** เพื่อศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

26. ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลในลวดตัวนำเส้นตรงดังรูป จะมีอะไรเกิดขึ้นกับอนุภาคอิเล็กตรอน  $g$  และ  $x$  ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ขนานกับเส้นลวดนี้ ด้วยอัตราเร็ว  $v$  ดังแสดงในรูป

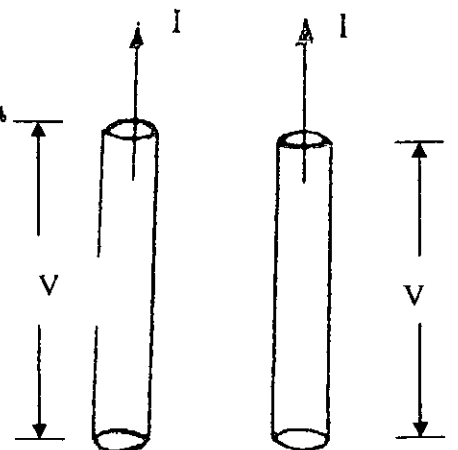
1. อิเล็กตรอน  $g$  และ  $x$  เคลื่อนที่เข้าหาลวดตัวนำ
2. อิเล็กตรอน  $g$  และ  $x$  เคลื่อนที่ออกจากลวดตัวนำ
3. อิเล็กตรอน  $g$  เคลื่อนที่เข้าหาลวดตัวนำ และ อิเล็กตรอน  $x$  เคลื่อนที่ออกห่างจากลวดตัวนำ
4. อิเล็กตรอน  $g$  เคลื่อนที่ออกห่างจากลวดตัวนำ และอิเล็กตรอน  $x$  เคลื่อนที่เข้าหาลวดตัวนำ



**จุดประสงค์ที่ 3** เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ และทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ

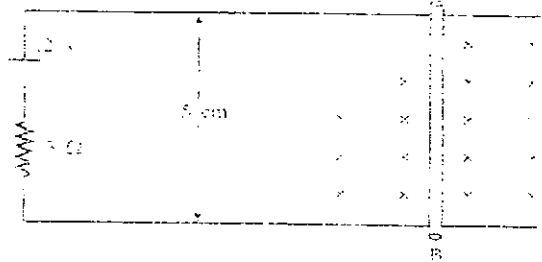
27. ลวดทองแดง 2 เส้นยาวเท่ากัน ขนาดเท่ากันและวางขนานกันเมื่อมีความต่างศักย์ระหว่างปลายลวดทั้งสองเท่ากัน เกิดแรงในแต่ละเส้นเป็น  $F$  ถ้าลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นสองเท่า โดยที่ข้อกำหนดอื่นคงเดิม แรงที่เกิดบนเส้นลวดนั้นจะเป็นกี่เท่าของ  $F$

1.  $1.4$  เท่า
2.  $2$  เท่า
3.  $2.8$  เท่า
4.  $4$  เท่า



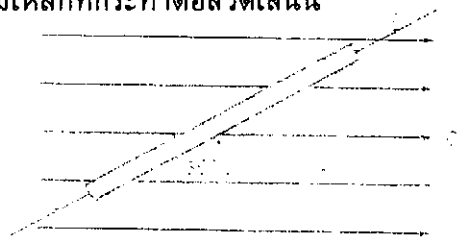
28. ลวดตัวนำตรง AB วางพาดอยู่บนรางตัวนำ ซึ่งต่อเป็นวงจรกับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ และความต้านทาน 3 โอห์ม ดังรูป และ AB อยู่ในสนามแม่เหล็กขนาด 0.15 เทสลา เกิดแรงกระทำต่อลวดที่นิวตัน

1.  $3 \times 10^2$  นิวตัน
2.  $3 \times 10^{-2}$  นิวตัน
3.  $3 \times 10^{-3}$  นิวตัน
4.  $3 \times 10^3$  นิวตัน



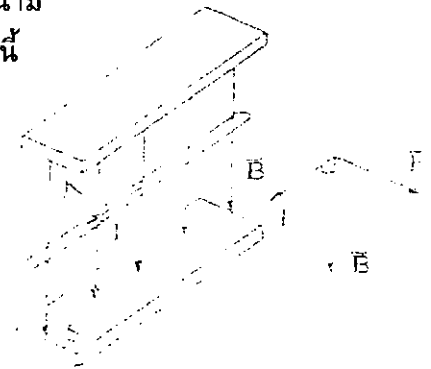
29. ลวดเส้นหนึ่งยาว 5.0 เซนติเมตร มีกระแสไหลผ่าน 4 แอมแปร์ วางอยู่ในสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ  $10^{-3}$  เทสลา โดยลวดเอียงทำมุม  $30^\circ$  กับสนามแม่เหล็กดังรูป จงหาขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดเส้นนี้

1.  $0.8 \times 10^{-4}$  นิวตัน
2.  $1.0 \times 10^{-4}$  นิวตัน
3.  $1.7 \times 10^{-4}$  นิวตัน
4.  $2.0 \times 10^{-4}$  นิวตัน



30. ลวดตัวนำยาว 20 เซนติเมตร มีมวล 40 กรัมวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 2 เทสลา และตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ถ้ามีกระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ไหลในเส้นลวดนี้ จงหาความเร่งของลวดตัวนำในแนวราบเมื่อไม่คิดแรงดึงดูดของโลก

1. 0.05 เมตร / วินาที<sup>2</sup>
2. 0.5 เมตร / วินาที<sup>2</sup>
3. 5.0 เมตร / วินาที<sup>2</sup>
4. 50.0 เมตร / วินาที<sup>2</sup>



## ตาราง 20 แบบบันทึกผลการประเมินผลด้านความสามารถในการทำการทดลอง

การทดลองที่ ..... เรื่อง .....

ชื่อ ..... เลขที่ ..... วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการแสดงพฤติกรรมที่ตรงกับ  
ความสามารถในการทำการทดลองที่ประเมิน

ความสามารถในการทำการทดลอง	พฤติกรรม		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
<b>1. การวางแผนการทดลอง</b> <b>พฤติกรรม :</b> 1) มีการบริหารหรือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมและชัดเจน 4) มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาขณะทำการทดลองอย่างเหมาะสม 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
<b>รวม</b>			
<b>2. การปฏิบัติการทดลอง</b> <b>2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง</b> <b>พฤติกรรม :</b> 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง 3) อ่านค่าและตรวจสอบได้ถูกต้อง 4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
<b>รวม</b>			

## ตาราง 20 (ต่อ)

ความสามารถในการทำการทดลอง	พฤติกรรม		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
<b>2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง</b> <b>พฤติกรรม :</b> 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว 2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์ 3) มีความมั่นใจในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
<b>รวม</b>			
<b>2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ</b> <b>พฤติกรรม :</b> 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง 3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย 5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
<b>รวม</b>			

## บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... (ผู้สังเกตและบันทึก)

## แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

### คำชี้แจง การตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามฉบับนี้เกี่ยวข้องกับความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ความเห็นดังกล่าวของนักเรียนเป็นความเห็นเฉพาะบุคคลไม่มีถูกหรือผิด ฉะนั้นขอให้ตอบตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุดและครบทุกข้อ (ความเห็นของนักเรียน ไม่มีผลต่อคะแนนผลการเรียนและผลเสียหายใดๆ ต่อนักเรียน)
2. ในแต่ละข้อจะมีข้อความกำหนดให้ ขอให้นักเรียนอ่านข้อความให้เข้าใจแล้วแสดงความคิดเห็นที่มีต่อข้อความนั้นด้วยการกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามลำดับความเห็น ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5	หมายความว่า	มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ	มากที่สุด
ระดับความคิดเห็น 4	หมายความว่า	มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ	มาก
ระดับความคิดเห็น 3	หมายความว่า	มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ	ปานกลาง
ระดับความคิดเห็น 2	หมายความว่า	มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ	น้อย
ระดับความคิดเห็น 1	หมายความว่า	มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ	น้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
0						

## ตาราง 21 แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

### คำชี้แจง

เมื่อนักเรียน เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อชุดทดลอง (แสดงความคิดเห็นข้อความ 1 ช่องเท่านั้น)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก					
1	ชุดทดลองเป็นการฝึกทักษะปฏิบัติในการทำการทดลอง					
2	การทดลองในชุดทดลองเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และค้นคว้าหาคำตอบด้วยตัวเอง					
3	การทดลองแต่ละการทดลองใช้เวลาพอเหมาะ					
4	สร้างนิสัยรักการค้นคว้า ทดลอง กระจือร้อน					
5	ทำให้มีการใช้เครื่องมือ อย่างระมัดระวังและละเอียดรอบคอบ					
6	การให้นักเรียนอภิปรายผลหรือสรุปผลการทดลองทำให้เกิดความสับสน ลำบากและเสียเวลา					
7	การทดลองในชุดทดลองซ้ำซาก ไม่น่าสนใจ					
8	การทดลองในชุดทดลองยากเกินไป					
9	การทดลองในชุดทดลองไม่เหมาะสมกับเนื้อหาการทดลอง					
10	ผู้เรียนรู้สึกไม่ปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า					

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อชุดทดลอง แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้					
	ด้านที่ 2.1 การแสดงออกต่อการทดลองด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก					
11	กิจกรรมการทดลองทำให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก					
12	ผู้เรียนมีความสุข สดชื่น ขณะทำการทดลอง					
13	การทดลองในชุดทดลองทำให้เกิดความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์					
14	การทดลองในชุดทดลองส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถของตนเอง					
15	การทดลองในชุดทดลองช่วยฝึกการทำงานร่วมกัน					
16	การทดลองในชุดทดลองไม่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดของตัวเอง					
17	การเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองเป็นการเสียเวลาเปล่า					
18	การเรียนโดยใช้ชุดทดลองทำให้ไม่อยากเข้าเรียน					
19	การเรียนโดยใช้ชุดทดลองเป็นเรื่องน่าเบื่อ					
20	การเรียนโดยใช้ชุดทดลองทำให้ผู้เรียนไม่มีอิสระในการคิด และเรียนรู้					
	ด้านที่ 2.2 การเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง					
21	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน					
22	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนระดับสูงขึ้นไปได้					

## ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
23	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้					
24	นำแนวคิดและหลักการจากการทดลองไปคิดสร้างโครงงานวิทยาศาสตร์ได้					
25	ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องที่ทดลองด้วยตนเองได้มากขึ้น					
26	ความรู้ที่ได้จากการทดลองไม่เกี่ยวกับการเรียนการสอนในเรื่องที่อยากเรียน					
27	รู้สึกไม่มั่นใจที่จะนำความรู้ที่ได้จากการเรียนด้วยชุดทดลองไปใช้					
28	การเรียนโดยใช้ชุดทดลองไม่ช่วยให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการทดลอง					
29	ไม่สนใจที่จะนำความรู้ที่ได้จากการเรียนด้วยชุดทดลองไปเผยแพร่ให้กับผู้อื่น					
30	ชุดทดลองไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอน					

## ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### ภาคผนวก ง.

1. ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย)
2. ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตนัย)
3. ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง
4. ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง

ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรม  
 ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย) เรื่อง  
 การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
8	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
14	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
15	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
16	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
19	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
20	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
24	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
25	1	0	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที					รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
28	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
29	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
30	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
34	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
35	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
38	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
39	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
41	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
42	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
43	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
44	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
45	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
46	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
47	1	-1	1	0	0	1	0.20*	ควรปรับปรุง
48	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
49	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
50	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
51	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
52	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
53	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที					รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
54	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
55	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
56	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
57	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
58	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
59	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 23 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินคำตอบ  
แบบทดสอบอัตนัยตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5			
1. ตอบถูกต้องตรงประเด็นครอบคลุม	5 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครอบคลุมแยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียดทุกหัวข้ออย่างชัดเจน ใช้ภาษาและคำศัพท์ วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องชัดเจน และสละสลวยอ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2. มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียด	4 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดทุกหัวข้ออย่างชัดเจน ใช้ภาษาและคำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องชัดเจน ไม่สละสลวยแต่อ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
3. ใช้ภาษาและคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องเข้าใจง่าย	3 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น แยกแต่ละหัวข้อได้อย่างชัดเจน มีการยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียดไม่ครบทุกประเด็น ใช้ภาษาและคำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องชัดเจน และสละสลวย อ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2 คะแนน หมายถึง เขียนถูกต้องครบทุกประเด็น ไม่แยกแต่ละหัวข้อให้ชัดเจน ไม่ยกตัวอย่าง และขยายรายละเอียด ใช้ภาษาและคำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องพอควร อ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	1 คะแนน หมายถึง เขียนได้ถูกต้องครบทุกประเด็น ไม่แยกแต่ละหัวข้อให้ชัดเจน ไม่ยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดให้ชัดเจน ใช้ภาษาและคำศัพท์วิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องอ่านแล้วไม่เข้าใจ	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้

ตาราง 24 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความสามารถ  
ในการทำการทดลองเรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ตามความคิดเห็น  
ของผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
1. การวางแผน การทดลอง	พฤติกรรม								
	1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ ร่วมทำการทดลองอย่างเหมาะสมและ ชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4) มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาขณะ ทำการทดลองอย่างเหมาะสม	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้	
2. การปฏิบัติ การทดลอง	2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง								
	1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้น ตอนไม่สับสน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2) ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3) อ่านค่าและตรวจสอบได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวัง และ ปลอดภัย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

## ตาราง 25 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
2. การปฏิบัติการ ทดลอง (ต่อ)	2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรม :								
	1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3) มีความมั่นใจในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรม :								
	1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อย เหมาะสมและเพียงพอ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวก ขณะทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้ อย่างสะอาดและเรียบร้อย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	5) มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้

ตาราง 24 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
3. การจัดทำ รายงาน ผลการ ทดลอง	3.1 รายงานการทดลองประกอบด้วยหัวข้อ พฤติกรรม :								
	1) จุดประสงค์การทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2) สมมติฐาน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3) ผลการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4) สรุปผลการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	5) คำถามท้ายการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3.2 เขียนจุดประสงค์การทดลองได้เหมาะสม								
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : เขียนจุดประสงค์ได้ถูกต้อง เหมาะสม ชัดเจนมากและครอบคลุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : เขียนจุดประสงค์ได้ส่วนใหญ่ เหมาะสม ชัดเจน และครอบคลุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน และมีความ ถูกต้อง และครอบคลุมบางส่วน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน และมีความ ถูกต้องอยู่บ้าง แต่ไม่ครอบคลุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	1 : เขียนจุดประสงค์ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และไม่ครอบคลุม	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3.3 เขียนสมมติฐานได้เหมาะสม								
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : เขียนสมมติฐานได้ถูกต้องเหมาะสม ชัดเจนมาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : เขียนสมมติฐานได้ส่วนใหญ่เหมาะสม ชัดเจน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

## ตาราง 24 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง (ต่อ)	3 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้องอยู่บ้าง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	1 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3.4 เขียนผลการทดลองได้เหมาะสม								
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย น่าสนใจข้อมูลถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย ข้อมูลถูกต้องเกือบทั้งหมด	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย มีข้อมูลบางส่วนไม่ถูกต้องเล็กน้อย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	2 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านพอเข้าใจ มีข้อมูลส่วนมากไม่ถูกต้อง	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	1 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่ผ่านเข้าใจยาก และมีข้อมูลส่วนมากไม่ถูกต้อง	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	3.5 สรุปผลการทดลองได้เหมาะสม								
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องสอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความครบถ้วนสมบูรณ์	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องสอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความเกือบทั้งหมดครบถ้วนสมบูรณ์ อ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : เขียนสรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วน	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้

## ตาราง 24 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง (ต่อ)	2 : เขียนสรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐานเกือบทั้งหมด ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	1 : เขียนสรุปผลการทดลองได้บางส่วนไม่สอดคล้องกับ สมมติฐาน	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	3.6 คำถามท้ายการทดลองถูกต้อง ชัดเจน								
	เกณฑ์การประเมิน								
	5 : ตอบคำถามได้ถูกต้อง ชัดเจนมาก	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4 : ตอบคำถามได้ถูกต้องชัดเจนเกือบทั้งหมด	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	3 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	2 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นบางส่วน	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
1 : ตอบคำถามผิดมาก	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้	

ตาราง 25 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและ  
 พฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลอง  
 เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถามที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

## ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที					รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
28	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

### ภาคผนวก จ.

1. ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
2. ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพ คู่มือการใช้ชุดทดลอง จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
3. ตารางแสดงค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบปรนัย
4. ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่น แบบทดสอบอัตนัย
5. ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่น แบบประเมินความสามารถในการทำรายการทดลองของนักเรียน  
กลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียน
6. ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่น แบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คนหลังเรียน

ตาราง 26 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป								
1.1 มีความแข็งแรงทนทาน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
1.2 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	5	4	4	5	3	4.20	0.84	ดีมาก
1.3 การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจ	4	5	3	4	3	3.80	0.84	ดี
1.4 รูปทรงและขนาดมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	5	4	4	4	5	4.40	0.55	ดีมาก
1.5 อุปกรณ์แต่ละชิ้นแสดงผลได้ชัดเจน	4	4	4	4	4	4.00	0.00	ดี
2. ลักษณะการใช้งาน								
2.1 การเตรียมติดตั้งอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	5	4	3	4	4	4.00	0.71	ดี
2.2 มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง	5	5	5	4	4	4.60	0.55	ดีมาก
2.3 สามารถทำได้หลายการทดลอง	4	3	4	4	3	3.60	0.55	ดี
2.4 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง	4	3	4	4	4	3.80	0.45	ดี
2.5 ใช้สะดวกและปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	5	5	4	4	4	4.40	0.55	ดีมาก
3. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม								
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	5	4	4	5	4	4.40	0.55	ดีมาก
3.2 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก	5	5	4	5	3	4.40	0.89	ดีมาก
3.3 วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเป็นชุดทดลองสามารถจัดหาได้ง่าย	5	5	4	5	4	4.60	0.55	ดีมาก
3.4 การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นๆ เสียหาย	5	4	4	5	4	4.40	0.55	ดีมาก
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน								
4.1 พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	5	3	5	4	4.40	0.89	ดีมาก
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและให้ผลการทดลองถูกต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	3	5	4	4.20	0.84	ดี
4.3 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	5	4	4	5	4	4.40	0.55	ดีมาก
4.4 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็นการให้ประสบการณ์ตรง	5	4	4	5	4	4.40	0.55	ดีมาก
4.5 ผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	5	4	4	5	4	4.40	0.55	ดีมาก
ภาพรวม						4.27	0.40	ดีมาก

### สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของชุดทดลอง

1. แม่เหล็กที่นำมาใช้ ควรให้เป็นแม่เหล็กที่มีความเข้มสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กได้
2. ควรมีแม่เหล็กอีกชุด เพื่อให้นักเรียนได้ทดลองเพิ่ม ความเข้มของสนามแม่เหล็ก เปรียบเทียบผลการทดลอง
3. รางที่เป็นฐานรองรับลวดตัวนำ ควรออกแบบให้ปรับระยะได้ และมีความยาวมากขึ้น เพื่อวัดเวลาในการเคลื่อนที่ได้
4. ลวดตัวนำที่ใช้ควรใช้ชนิดเดียว เพื่อให้มวลของลวดตัวนำมีค่าคงที่

หนึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงชุดทดลอง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ข้อ 2 และ 4 ส่วนข้ออื่นนั้น ยังไม่สามารถปรับปรุงได้ ผู้วิจัยได้เขียนไว้ที่ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

ตาราง 27 แสดงผลการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน  
และครูจาก ผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	SD	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1. คู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียน								
1.1 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	4	4.60	0.55	ดีมาก
1.2 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	5	5	4	4	5	4.60	0.55	ดีมาก
1.3 การจัดกิจกรรมการทดลองเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	4	4	3	4.20	0.84	ดีมาก
1.4 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	5	4	4	4	4.40	0.55	ดีมาก
1.5 กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด	5	5	4	4	3	4.20	0.84	ดีมาก
1.6 กิจกรรมการทดลองส่งเสริมความสามารถในการทำการทดลอง	5	4	4	4	5	4.40	0.53	ดีมาก
1.7 นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง	4	5	4	3	5	4.20	0.84	ดีมาก
1.8 เอกสารรายงานการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	5	4	5	4	4	4.40	0.55	ดีมาก
1.9 คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	5	5	5	4	4	4.60	0.55	ดีมาก
1.10 คำถามท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น	5	4	4	4	4	4.20	0.45	ดีมาก
ภาพรวม						4.38	0.39	ดีมาก
2. คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับครู								
2.1 สรุปผลการทดลองเหมาะสม	5	5	4	5	4	4.60	0.55	ดีมาก
2.2 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	4	5	4	4	4	4.20	0.55	ดีมาก
2.3 ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครูมีประโยชน์	5	5	4	4	5	4.60	0.55	ดีมาก
2.4 คู่มือครูเขียนได้ครอบคลุมและชัดเจน	4	5	4	4	4	4.20	0.45	ดีมาก
2.5 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	5	4	4	4	4	4.20	0.45	ดีมาก
ภาพรวม						4.36	0.43	ดีมาก

### สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของคู่มือการใช้ชุดทดลอง

1. หน่วยที่ใช้ ควรใช้เป็นหน่วยในระบบเอสไอทั้งหมด เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน
2. ในคู่มือทั้ง 2 ชุด มีคำศัพท์ที่ไม่ถูกต้องควรปรับแก้จำนวนมาก เช่น กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน  
→ กระแสไฟฟ้าผ่าน , ทิศการไหลของกระแส → ทิศของกระแส , ลวดยาว  $l$  เมตร → ลวดยาว  $l$  , มวล  $m$  กิโลกรัม → มวล  $m$
3. เนื้อหาในใบความรู้ เรื่องใดที่ไม่เกี่ยวข้องให้ตัดออกเพื่อเด็กจะได้เรียนรู้โดยไม่สับสน
4. จุดประสงค์การทดลองให้เขียนให้กระชับได้ใจความ ข้อใดที่รวมกันได้ก็ให้รวมเป็นจุดประสงค์เดียวกัน
5. การบันทึกผลการทดลองในการทดลองที่ 2 ควรให้นักเรียนได้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสกับระยะทางที่ลวดตัวนำเคลื่อนที่ได้

ตาราง 28 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของ  
แบบทดสอบปรนัย

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง (n = 37)	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ (n = 37)	p	r	ข้อที่เลือก*
1	30	24	0.73	0.17	-
2	33	29	0.83	0.11	-
3	25	18	0.58	0.21	✓
4	18	19	0.50	-0.02	-
5	14	4	0.24	0.26	✓
6	27	21	0.65	0.16	-
7	6	2	0.11	0.11	-
8	34	28	0.83	0.17	-
9	32	22	0.73	0.26	✓
10	33	18	0.69	0.50	✓
11	35	28	0.85	0.20	-
12	13	12	0.34	0.03	-
13	21	11	0.43	0.27	✓
14	34	25	0.80	0.24	✓
15	24	11	0.47	0.34	✓
16	31	24	0.74	0.20	✓
17	21	13	0.46	0.22	✓
18	30	24	0.73	0.17	-
19	21	11	0.43	0.27	✓
20	26	14	0.54	0.33	✓
21	33	18	0.69	0.42	✓
22	19	7	0.35	0.32	✓

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง (n = 30)	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ (n = 30)	p	r	ข้อที่เลือก*
23	12	13	0.34	-0.03	-
24	26	22	0.65	0.10	-
25	10	8	0.24	0.05	-
26	31	14	0.60	0.47	✓
27	33	19	0.70	0.38	✓
28	20	13	0.45	0.19	-
29	10	9	0.26	0.03	-
30	33	24	0.77	0.25	✓
31	30	15	0.60	0.40	✓
32	34	25	0.80	0.24	✓
33	21	10	0.42	0.30	✓
34	26	17	0.58	0.24	✓
35	9	9	0.24	0.00	-
36	30	12	0.57	0.49	✓
37	33	25	0.78	0.21	✓
38	34	29	0.85	0.14	-
39	29	18	0.64	0.31	✓
40	24	14	0.51	0.27	-
41	14	11	0.38	0.07	-
42	23	19	0.57	0.12	-
43	14	9	0.31	0.13	-
44	18	16	0.46	0.06	-
45	23	9	0.43	0.39	✓

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง (n = 30)	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ (n = 30)	p	r	ข้อที่เลือก*
46	24	15	0.53	0.23	✓
47	18	11	0.40	0.19	-
48	21	14	0.47	0.20	✓
49	24	23	0.64	0.02	-
50	19	13	0.43	0.16	-
51	30	27	0.77	0.08	-
52	12	9	0.28	0.08	-
53	17	22	0.53	-0.14	-
54	20	14	0.46	0.17	-
55	25	13	0.51	0.33	✓
56	23	16	0.53	0.20	✓
57	20	9	0.40	0.30	✓
58	11	10	0.28	0.03	-
59	26	17	0.58	0.24	✓
60	21	15	0.49	0.16	-

แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย ( p ) และค่าอำนาจจำแนก ( r ) มีทั้งหมด 31 ข้อคัดไว้จำนวน 30 ข้อ โดยตัดข้อที่วัดผลการเรียนรู้ด้านความเข้าใจอยู่ในจุดประสงค์การทดลองที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อที่ใช้ได้หลายข้อออก 1 ข้อแล้วนำไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบดังนี้

$$\text{ผลรวมของความแปรปรวนข้อย่อย ( pq )} = 7.1474$$

$$\text{ความแปรปรวน (คะแนนรวม)} = 74(30178) - (1438) / 74(74-1) = 30.577$$

$$\text{ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ} = 30/30-1 (1-7.1474 / 30.577) = 0.79$$

ตาราง 29 แสดงข้อมูลผลการสอบของนักเรียนในการใช้หาความเชื่อมั่น  
ของข้อสอบอัตนัย

นักเรียน คนที่	คะแนนข้อที่*			รวม
	1(10)	2(10)	3(10)	
1	8.7	9	10	27.7
2	7.3	9	9	25.3
3	8.3	8	10	26.3
4	7.7	8	10	25.7
5	8.3	8	9	25.3
6	7.3	10	8	25.3
7	8.7	7	9	24.7
8	6.3	9	9	24.3
9	7.3	10	7	24.3
10	6	8	10	24
11	9.7	8	6	23.7
12	7	8	8	23
13	7.3	6	9	22.3
14	6.3	8	8	22.3
15	7	7	8	22
16	8	8	6	22
17	7	7	8	22
18	6.7	6	9	21.7
19	7	7	7	21
20	5	8	8	21
21	6.7	6	8	20.7
22	7.7	7	6	20.7
23	5.3	8	7	20.3
24	5	6	9	20
25	4	7	9	20
26	6.7	7	6	19.7
27	6.3	7	6	19.3
28	5	6	8	19
29	5.7	7	6	18.7
30	6.7	4	8	18.7
31	4.3	7	7	18.3
32	5	4	9	18
33	4.7	8	5	17.7
34	6.3	7	4	17.3
35	7.3	6	4	17.3
36	2	7	7	16
37	3.7	4	8	15.7
38	3.7	4	7	14.7
39	4.7	5	4	13.7
40	3.7	4	6	13.7

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_i^2} \right\} \\
 &= \frac{3}{3-1} \left\{ 1 - \frac{8.7028}{14.8616} \right\} \\
 &= 0.62
 \end{aligned}$$

\* ข้อสอบข้อที่ 1 มีข้อสอบข้อย่อย  
3 ข้อ เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย  
คะแนนที่ได้จึงเป็นทศนิยม

## ตาราง 29 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนข้อที่*			รวม
	1(10)	2(10)	3(10)	
41	4	5	4	13
42	2.7	6	4	12.7
รวม	258.1	291	310	427.2
เฉลี่ย	6.15	6.93	7.38	17.8000
S.D.	1.74	1.5679	1.7937	0.1180
$S_i^2$	3.03	2.46	3.22	8.7028
$s_i^2$				14.8616

\* ข้อสอบข้อที่ 1 มีข้อสอบข้อย่อย

3 ข้อ เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย

คะแนนที่ได้จึงเป็นทศนิยม



ตาราง 30 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน															
ส่วนที่ 1				ส่วนที่ 2 ด้านการจัดทำรายงาน											
การปฏิบัติกาทดลอง				หัวข้อรายงาน				จุดประสงค์				สมมติฐาน			
ความสะอาด ความเป็นระเบียบ															
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
3	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	4
3	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	5	3	3	3	4
4	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	4	3	3	3
3	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	3	3	4	4
3	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	3	4	3	3
3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	4
4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	4	4	4
3	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	3	3	3	3
4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	3	4	3	4
3	4	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	3	3	4	4
3	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	4	4
3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	4	4
3	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	3	3	3
4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	3	3	2	4
50	67	69	70	71	68	71	72	73	72	71	72	50	50	52	56
3.33	4.47	4.60	4.67	4.73	4.53	4.73	4.80	4.87	4.80	4.73	4.80	3.33	3.33	3.47	3.73
0.49	0.52	0.51	0.49	0.46	0.52	0.46	0.41	0.35	0.41	0.46	0.41	0.62	0.49	0.74	0.46
0.24	0.27	0.26	0.24	0.21	0.27	0.21	0.17	0.12	0.17	0.21	0.17	0.38	0.24	0.55	0.21
$s^2$															

ตาราง 30 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน												รวมคะแนน
ส่วนที่ 2 ด้านการจัดทำรายงาน												
ผลการทดลอง				สรุปผล ผลการทดลอง				ตอบคำถาม ห้ามหยาบปฏิบัติกร				
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
5	4	5	5	4	5	4	4	4	4	5	4	170
4	4	4	3	3	4	4	3	4	5	4	3	154
3	3	4	4	3	3	3	4	4	5	5	5	159
4	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4	161
3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	5	158
4	4	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	170
4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	181
4	4	4	4	4	3	3	5	4	3	4	5	165
3	4	4	4	2	4	5	5	4	3	4	4	171
4	4	4	5	3	5	3	4	4	4	4	4	166
4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	168
3	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	169
3	3	5	4	4	3	3	4	5	4	4	4	170
4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	177
4	3	4	4	3	5	4	4	3	4	4	4	160
56	56	62	64	53	61	55	62	61	59	63	65	2499
3.73	3.73	4.13	4.27	3.53	4.07	3.67	4.13	4.07	3.93	4.20	4.33	166.60
0.59	0.46	0.52	0.59	0.64	0.70	0.72	0.52	0.46	0.59	0.41	0.62	0.1073
0.35	0.21	0.27	0.35	0.41	0.50	0.52	0.27	0.21	0.35	0.17	0.38	11.0381
$s_i^2$												53.2571

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2} \right\} = \frac{40}{39} \left\{ 1 - \frac{11.0381}{53.2571} \right\}$$

แบบประเมินความสามารถในการทำการทดลอง มีค่าความเชื่อมั่น = 0.813



ตาราง 31 (ต่อ)

ข้อที่															รวม
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
4	3	5	3	4	4	5	4	4	4	3	4	2	3	4	118
4	4	5	4	3	4	4	5	5	3	4	3	3	4	4	117
5	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4	129
4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	115
4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	5	4	4	113
3	4	3	4	3	4	3	3	4	4	3	4	3	4	4	108
3	5	5	4	4	4	4	3	5	4	4	4	3	4	4	120
4	4	4	3	3	4	3	4	5	4	5	4	3	5	4	124
5	4	4	5	2	5	4	4	4	3	3	4	4	4	5	117
3	4	5	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	121
3	5	5	5	3	4	4	5	5	4	4	5	4	5	4	129
3	4	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	3	4	4	120
5	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	4	5	5	134
4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	124
4	4	4	4	4	5	3	5	4	5	4	5	4	4	4	125
58	61	66	61	53	62	55	62	67	62	58	61	54	63	62	1814
3.87	4.07	4.40	4.07	3.53	4.13	3.67	4.13	4.47	4.13	3.87	4.07	3.60	4.20	4.13	120.93
0.743	0.458	0.632	0.704	0.743	0.352	0.617	0.64	0.516	0.64	0.64	0.458	0.828	0.561	0.516	0.1093
0.552	0.21	0.4	0.495	0.552	0.124	0.381	0.41	0.267	0.41	0.41	0.21	0.686	0.314	0.267	9.7333
$s_1^2$															45.9238

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_1^2} \right\} = \frac{30}{30-1} \left\{ 1 - \frac{9.7333}{45.9238} \right\} = 0.815$$

แบบวัดเจตคติต่อชุดทดลอง มีค่าความเชื่อมั่น = 0.815

### ภาคผนวก จ.

1. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน
2. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ( ปรนัย ) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน และหลังเรียน
3. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ( อัตนัย ) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน และหลังเรียน
4. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน
5. ตารางแสดงเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 32 คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัยและอัตนัย) ของนักเรียน  
กลุ่มย่อย 15 คน หลังเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนปรนัย (30 คะแนน)	คะแนนอัตนัย (30 คะแนน)	รวมคะแนน นักเรียนแต่ละ คน
1	23.0	27.0	50.0
2	25.0	22.0	47.0
3	22.0	16.7	38.7
4	26.0	23.3	49.3
5	24.0	24.0	48.0
6	21.0	22.7	43.7
7	27.0	26.7	53.7
8	27.0	26.3	53.3
9	25.0	28.0	53.0
10	20.0	20.0	40.0
11	28.0	27.0	55.0
12	23.0	22.3	45.3
13	26.0	21.7	47.7
14	22.0	22.7	44.7
15	25.0	27.3	52.3
		รวม	721.70
		นักเรียน ( N )	15
		เฉลี่ย	48.11

ประสิทธิภาพทางการศึกษา ได้ 82.65 / 80.18

ตอบคำถามท้ายการทดลอง คะแนนรวม 300 คะแนน ทั้งหมดได้ 248 คะแนน  
คิดเป็นร้อยละ  $(248/300) \times 100 = 82.65$

ข้อสอบอัตนัย+ปรนัย คะแนนรวม 900 คะแนน ทั้งหมดได้ 721.7 คะแนน  
คิดเป็นร้อยละ  $(721.7/900) \times 100 = 80.18$

ตาราง 33 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (อัตร้อย) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน/หลังเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนอัตร้อย *			
	(30 คะแนน)			
	1 (10)	2 (10)	3 (10)	รวม (30)
1	3.7	3	3	10
2	6	7	5	18
3	3.3	2	4	9
4	5.7	5	6	17
5	4	4	2	10
6	3	4	4	11
7	5	7	4	16
8	4.3	6	5	15
9	1.7	1	1	4
10	4	5	7	16
11	2	5	5	12
12	7	6	9	22
13	3.7	4	6	14
14	1.3	1	1	3
15	4.7	2	6	13
16	9	6	10	25
17	1.3	1	2	4
18	6.3	5	8	19
19	5	6	7	18
20	5.3	2	3	10
21	2.3	6	3	11
22	1.7	1	3	6
23	8	5	6	19
24	7.3	3	9	19
25	2.7	4	8	15
26	3	2	2	7
27	6	5	6	17
28	5.7	8	6	20
29	4	3	6	13
30	9	5	7	21
เฉลี่ย	4.53	4.13	5.13	13.80

นักเรียน คนที่	คะแนนอัตร้อย *			
	(30 คะแนน)			
	1 (10)	2 (10)	3 (10)	รวม (30)
1	6.3	5	6	17
2	7.7	8	6	22
3	5.7	4	6	16
4	9.3	8	8	25
5	9	8	9	26
6	4	6	8	18
7	8	8	7	23
8	7.7	6	6	20
9	4.7	7	5	17
10	6.7	6	8	21
11	7.3	8	7	22
12	7	7	8	22
13	6	7	6	19
14	5.3	8	5	18
15	3.3	8	6	17
16	9.7	9	10	29
17	3.7	6	4	14
18	8.3	8	7	23
19	8	8	9	25
20	5.3	6	6	17
21	7	6	9	22
22	4	5	4	13
23	9.3	8	7	24
24	9	8	8	25
25	5	10	9	24
26	4.7	6	5	16
27	6.7	8	9	24
28	8.3	7	6	21
29	6	4	9	19
30	8.7	7	7	23
เฉลี่ย	6.72	7.00	7.00	20.72

\* 1 ด้านความรู้-ความจำ, 2 ด้านความเข้าใจ, 3 ด้านการนำไปใช้

ตาราง 34 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (ปรนัย) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน/หลังเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนปรนัย *				คะแนน ปรนัย (30)
	จำ (7)	เข้าใจ (10)	กระบวน (8)	นำไปใช้ (5)	
1	4	3	3	4	14
2	6	4	5	5	20
3	4	7	5	5	21
4	4	7	6	3	20
5	3	6	7	4	20
6	3	4	4	1	12
7	5	8	7	2	22
8	6	6	6	1	19
9	3	6	6	3	18
10	6	5	6	4	21
11	1	6	5	3	15
12	2	7	8	5	22
13	3	8	5	2	18
14	4	4	4	1	13
15	3	6	4	4	17
16	5	2	5	4	16
17	5	6	6	3	20
18	4	6	5	4	19
19	5	8	6	5	24
20	6	6	7	2	21
21	5	7	5	5	22
22	3	4	7	4	18
23	4	6	4	3	17
24	7	8	7	4	26
25	4	4	5	3	16
26	2	3	4	2	11
27	6	7	3	4	20
28	3	7	7	1	18
29	8	8	4	3	23
30	3	5	6	2	16
เฉลี่ย	4.23	5.80	5.40	3.20	18.63

นักเรียน คนที่	คะแนนปรนัย *				คะแนน ปรนัย (30)
	จำ (7)	เข้าใจ (10)	กระบวน (8)	นำไปใช้ (5)	
1	7	6	6	4	23
2	5	8	6	5	24
3	6	7	6	4	23
4	6	9	8	5	28
5	7	6	7	5	25
6	6	7	5	3	21
7	4	9	6	4	23
8	3	6	6	3	18
9	5	8	6	5	24
10	7	8	7	4	26
11	4	9	7	3	23
12	7	8	8	5	28
13	6	9	6	4	25
14	6	5	5	4	20
15	7	8	5	4	24
16	6	8	6	5	25
17	5	7	7	3	22
18	7	9	5	4	25
19	6	8	7	5	26
20	4	8	8	4	24
21	6	8	6	4	24
22	6	6	7	5	24
23	4	8	5	5	22
24	6	9	7	3	25
25	5	7	8	5	25
26	5	7	6	5	23
27	7	9	4	5	25
28	6	8	8	4	26
29	7	9	6	5	27
30	6	8	8	5	27
เฉลี่ย	5.73	7.73	6.40	4.30	24.17

ตาราง 35 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน/หลังเรียน

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน *					รวม ( 25 )
	1 (5)	2 (5)	3 (5)	4 (5)	5 (5)	
1	3	3	2	3	3	14
2	2	3	3	2	4	14
3	2	3	2	2	3	12
4	2	2	3	3	4	14
5	2	3	3	2	3	13
6	3	2	2	3	4	14
7	2	2	3	2	3	12
8	2	2	3	2	3	12
9	3	3	3	2	4	15
10	3	3	2	3	4	15
11	2	3	3	2	3	13
12	3	3	2	2	4	14
13	3	2	2	3	3	13
14	2	2	2	3	3	12
15	3	3	3	3	4	16
16	2	2	2	2	3	11
17	2	3	3	3	3	14
18	2	3	3	2	4	14
19	2	2	2	2	4	12
20	3	3	2	3	3	14
21	2	3	3	2	3	13
22	2	2	2	3	3	12
23	2	3	3	3	4	15
24	2	2	2	2	4	12
25	3	2	2	3	3	13
26	3	3	3	2	4	15
27	2	2	2	3	4	13
28	2	3	2	2	3	12
29	3	3	3	3	3	15
30	2	3	3	2	3	13
เฉลี่ย	2.37	2.60	2.50	2.47	3.43	13.37

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมที่ประเมิน *					รวม ( 25 )
	1 (5)	2 (5)	3 (5)	4 (5)	5 (5)	
1	3.75	4.00	3.25	4.00	4.17	19.17
2	2.75	3.00	3.00	3.75	3.96	16.46
3	3.25	4.00	3.75	3.00	4.42	18.42
4	4.25	4.50	4.50	3.75	4.08	21.08
5	2.75	3.50	3.50	3.25	4.25	17.25
6	3.50	3.50	3.75	3.50	4.04	18.29
7	3.00	4.00	3.25	3.75	4.13	18.13
8	4.50	3.00	3.25	4.00	4.04	18.79
9	2.75	3.00	3.25	2.50	3.71	15.21
10	3.50	3.75	3.00	3.50	4.08	17.83
11	4.00	3.25	3.75	4.75	4.00	19.75
12	2.75	3.50	3.75	3.25	3.79	17.04
13	3.50	3.75	3.25	3.50	4.33	18.33
14	3.50	2.75	3.50	3.25	4.29	17.29
15	4.00	3.00	4.00	3.00	3.96	17.96
16	3.75	3.50	3.75	3.25	3.88	18.13
17	3.50	4.00	3.00	4.00	4.13	18.63
18	3.25	4.00	3.50	3.75	3.88	18.38
19	3.75	4.25	3.50	4.00	4.25	19.75
20	3.00	3.25	4.00	3.75	4.33	18.33
21	2.50	3.25	3.75	3.25	4.25	17.00
22	3.75	3.75	3.00	3.75	4.33	18.58
23	3.25	3.00	3.25	4.50	4.13	18.13
24	3.75	3.75	4.50	3.75	4.13	19.88
25	3.00	4.25	3.75	4.25	3.88	19.13
26	3.25	3.00	4.25	3.00	4.17	17.67
27	3.75	4.50	4.25	3.75	4.33	20.58
28	3.75	4.00	4.75	4.25	4.21	20.96
29	3.50	4.00	3.50	4.00	4.17	19.17
30	4.50	4.00	3.75	3.00	4.17	19.42
เฉลี่ย	3.47	3.63	3.64	3.63	4.12	18.49

1 การวางแผนการทดลอง ,2 เทคนิคการทดลอง ,3 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ,4 ความสะอาดเป็นระเบียบ ,5 การจัดทำรายงาน

ตาราง 36 แสดงคะแนนเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน/หลังเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนเจตคติ * (150 คะแนน)			
	1 (50)	2 (50)	3 (50)	รวม (150)
1	37	41	35	113
2	33	37	39	109
3	43	43	42	128
4	35	26	32	93
5	41	42	40	123
6	42	42	43	127
7	33	29	32	94
8	36	36	37	109
9	45	37	37	119
10	37	37	34	108
11	42	39	37	118
12	42	37	37	116
13	33	26	37	96
14	37	36	47	120
15	38	36	37	111
16	38	35	34	107
17	34	37	37	108
18	39	35	39	113
19	35	34	38	107
20	37	36	35	108
21	36	38	38	112
22	33	31	34	98
23	31	30	31	92
24	32	37	44	113
25	41	39	40	120
26	32	34	35	101
27	30	28	33	91
28	35	34	34	103
29	36	33	36	105
30	41	36	42	119
เฉลี่ย	36.80	35.37	1116.00	109.37

นักเรียน คนที่	คะแนนเจตคติ * (150 คะแนน)			
	1 (50)	2 (50)	3 (50)	รวม (150)
1	46	47	45	138
2	38	38	39	115
3	48	45	47	140
4	38	39	39	116
5	44	46	46	136
6	43	45	46	134
7	39	40	39	118
8	37	39	38	114
9	42	39	39	120
10	42	47	48	137
11	43	45	40	128
12	42	43	40	125
13	41	37	37	115
14	38	41	43	122
15	43	44	47	134
16	38	39	39	116
17	42	37	38	117
18	43	45	46	134
19	45	41	42	128
20	46	46	48	140
21	43	46	42	131
22	40	39	40	119
23	37	40	39	116
24	46	44	48	138
25	44	45	44	133
26	39	41	40	120
27	39	38	40	117
28	42	42	45	129
29	39	38	38	115
30	45	46	44	135
เฉลี่ย	41.73	42.07	42.20	126.00

\* 1 ด้านความคิดเห็นต่อชุดทดลอง ,2 ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมในชุดทดลอง ,3 ด้านการเห็นประโยชน์ของชุดทดลอง

### ภาคผนวก ช.

1. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู

คู่มือการใช้ชุดทดลอง  
เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก  
สำหรับนักเรียน

จัดทำโดย  
นางสาวพรรณรัตน์ อารมณ์พิศาล  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**การทดลองประกอบชุดทดลอง**  
**เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก**

- การทดลองที่ 1 เรื่อง ความยาวของลวดตัวนำที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่าน และวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก
- การทดลองที่ 2 เรื่อง ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก
- การทดลองที่ 3 เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก
- การทดลองที่ 4 เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

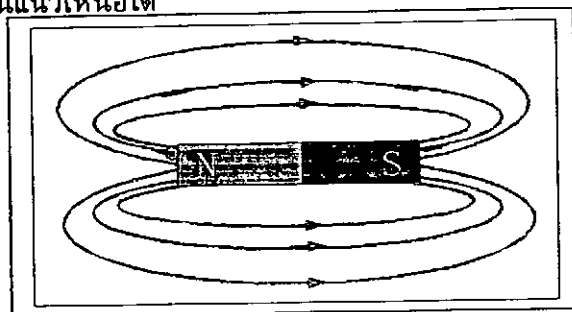
## ใบความรู้ประกอบการทดลอง

### เรื่อง

### การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

#### ๓๓๓๓๓๓๓๓

แม่เหล็ก (Magnet) คือวัตถุที่สามารถดูดหรือผลักกันเองและสามารถดึงดูดแม่เหล็กได้ แม่เหล็กโดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว กล่าวคือ เมื่อนำแท่งเหล็กมาผูกกึ่งกลางด้วยเส้นด้ายแล้วห้อยไว้สักครู่ จะพบว่าแท่งแม่เหล็กจะวางอยู่ในแนวเหนือใต้ เราเรียกปลายที่ชี้ไปทางทิศเหนือว่า ขั้วเหนือ (North pole) และเรียกปลายที่ชี้ไปทางทิศใต้ว่า ขั้วใต้ (South pole) และเรียกปลายทั้งสองของแท่งแม่เหล็กว่า ขั้วแม่เหล็ก (Magnetic pole) ซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้จะมีอำนาจการดึงดูดและผลักกันแรงที่สุด



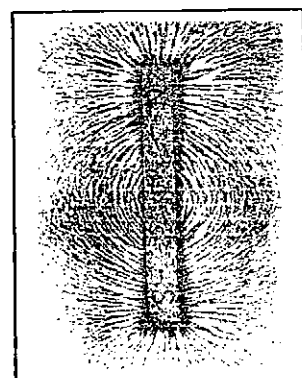
ภาพประกอบ 1 แสดงขั้วเหนือและขั้วใต้ของแม่เหล็ก  
ที่มา : <http://szksrv.isc.chubu.ac.jp/picture/physics/magnet-a.gif> (วันที่สืบค้น 29 พฤษภาคม 2547)

ในกรณีถ้ามีแท่งแม่เหล็กหลายแท่งแต่ไม่ทราบปลายใดเป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ สามารถทดสอบได้ง่ายๆ โดยการนำแท่งแม่เหล็กที่ทราบขั้วไปจ่อใกล้ๆ ปลายแท่งแม่เหล็กแล้วดูผลที่เกิดขึ้น ถ้าเกิดแรงดึงดูดกันแสดงว่าเป็นคนละขั้วกับอันที่นำมาล่อ แต่ถ้าผลักกันจะเป็นขั้วเดียวกันกับอันที่นำมาล่อ

### สนามแม่เหล็ก (Magnetic field)

สนามแม่เหล็ก คือ บริเวณที่มีแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ โดยไม่รวมแรงที่เนื่องจากแรงไฟฟ้าเมื่อประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าบริเวณใดๆ แล้วจะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อประจุไฟฟ้านั้น แสดงว่าบริเวณนั้นมี "สนามแม่เหล็ก" หรืออาจกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าเมื่อประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่จะก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ตัวมันเอง

แนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กเรียกว่า เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field line) ซึ่งใช้เป็นประจักษ์พยานว่ามีสนามแม่เหล็กในบริเวณนั้น แม้จะมองด้วยตาไม่เห็นบริเวณใดมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กน้อย สนามแม่เหล็กในบริเวณนั้นมีความเข้มข้นน้อย ส่วนบริเวณใดมีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมากบริเวณนั้นสนามแม่เหล็กมีความเข้มข้นสูง ได้แก่ บริเวณขั้วทั้งสองของสนามแม่เหล็ก



เมื่อวางเข็มทิศที่ตำแหน่งต่างๆ ในบริเวณรอบๆ แท่งแม่เหล็ก จะได้แนวการวางตัวของเข็มทิศว่าอยู่ในแนวของเส้นสนามแม่เหล็ก เช่นกันดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 แสดงสนามแม่เหล็ก  
ที่มา : <http://www.integracoustics.com/MUG/MUG/articles/basic/bar-magnet.jpg> (วันที่สืบค้น 29 พฤษภาคม 2547)

### การคำนวณสนามแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็กเป็นบริเวณที่มีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งผ่าน ถ้าบริเวณใดมีเส้นแรงแม่เหล็กผ่านมาก บริเวณนั้นจะมีความแรงมาก หรือความเข้มของสนามแม่เหล็กสูง

ความแรงของสนามแม่เหล็กอาจกำหนดได้ดังนี้

“จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่าน คือ ค่าสนามแม่เหล็ก ณ ที่จุดนั้น”

กำหนดให้

$\phi$  เป็นจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์

$A$  เป็นพื้นที่หน้าตัดของบริเวณที่เส้นแรงแม่เหล็กผ่าน มีหน่วยเป็นตารางเมตร

$B$  เป็นสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเทสลา

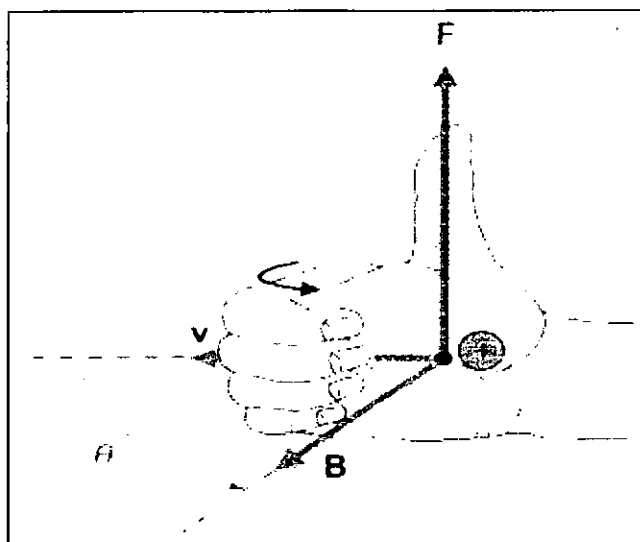
ดังนั้น

$$B = \frac{\phi}{A}$$

### สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า

ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำนั้น ทิศของเส้นแรงแม่เหล็กที่วนรอบเส้นลวดขณะที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเราอาจหาได้โดยอาศัยกฎดังต่อไปนี้

1. กฎมือขวา ใช้มือขวากำเส้นลวดให้นิ้วหัวแม่มือทาบไปตามเส้นลวด และชี้ตามทิศที่กระแสไฟฟ้าไหล นิ้วทั้งสี่ที่เหลือจะชี้ทิศของเส้นแรงแม่เหล็กที่วนรอบเส้นลวดนั้น



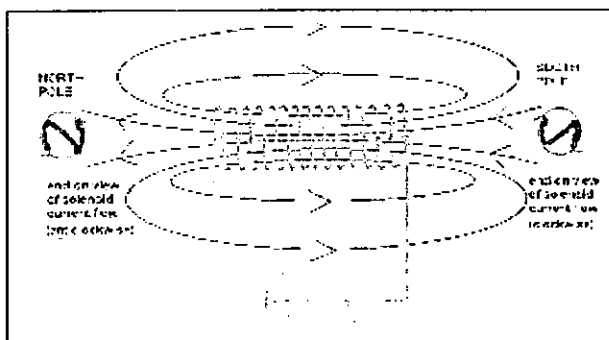
ภาพประกอบ 3 กฎมือขวาแสดงทิศกระแสไฟฟ้าตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็ก

ที่มา : [http://www.rsu.ac.th/tlsd/e\\_learning/b\\_field/mag4.htm](http://www.rsu.ac.th/tlsd/e_learning/b_field/mag4.htm) วันที่สืบค้น 9 พฤศจิกายน 2547

2. กฎเกลียวเปิดจุกขวด เมื่อใช้เกลียวเปิดจุกขวดขณะที่กำลังหมุนเกลียวเปิดจุกขวด หรือเกลียวเข้าสู่จุกขวด ถ้าเราให้ทิศการเคลื่อนที่ (เข้าหรือออก) ของเกลียวเป็นทิศการไหลของ กระแสไฟฟ้า ทิศการหมุนเกลียวจะเป็นทิศของเส้นแรงแม่เหล็กที่วนรอบเส้นลวดตัวนำนั้น

ในกรณีที่เป็นขดลวดโซเลนอยด์ (Solenoid) ถ้าให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เราสามารถ หาทิศของสนามแม่เหล็กของโซเลนอยด์ได้ โดยมองทางปลายของโซเลนอยด์ด้านที่กระแสไฟฟ้า ไหลเข้า เราจะทราบว่าปลายนั้นประพฤติกรรมเหมือนขั้วเหนือหรือขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก โดย พิจารณาดามรูป

วิธีที่ 1 มองปลายใดปลายหนึ่งถ้ากระแสไฟฟ้าทวนเข็มนาฬิกาสนามแม่เหล็กมีทิศพุ่ง ออก เป็นขั้วเหนือ ถ้ากระแสไฟฟ้าตามเข็มนาฬิกาสนามแม่เหล็กมีทิศพุ่งเข้าเป็นขั้วใต้



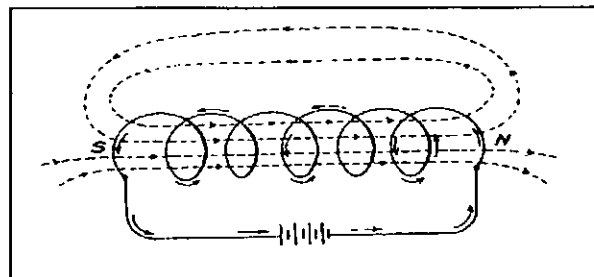
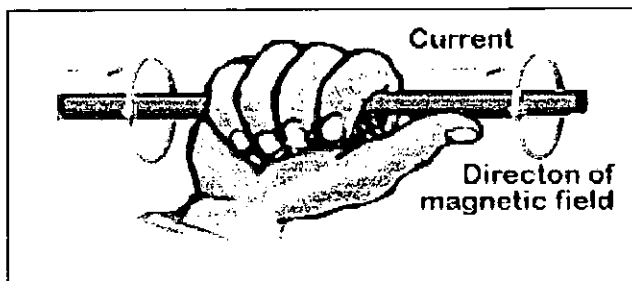
ภาพประกอบ 4 แสดงแสดงการไหลของกระแสไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

ที่มา

<http://www.cyberphysics.pwp.blueyonder.co.uk/topics/physics/magnetsm/solenoid.gif>

วันที่สืบค้น 9 พฤศจิกายน 2547

วิธีที่ 2 ใช้กฎมือขวา คือ “กำมือขวาให้นิ้วทั้งสี่ส่วนไปตามทิศของกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือที่ชี้ออกจะแสดงทิศของขั้วเหนือที่เกิดขึ้นดังรูป



ภาพประกอบที่ 5 แสดงนิ้วทั้งสี่แทนทิศกระแสไฟฟ้าและนิ้วหัวแม่มือแทนสนามแม่เหล็ก

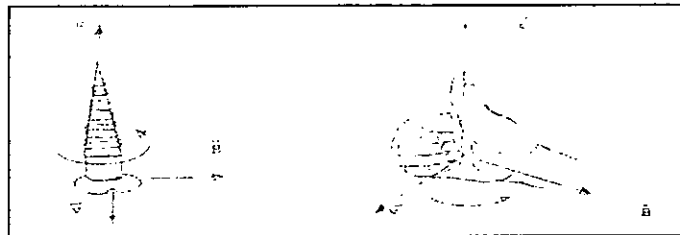
ที่มา : [www.powerworks.com.au](http://www.powerworks.com.au) และ <http://radiography.gulfcoast.edu/rte1613/Potatoes/Magnetsm.htm>

วันที่สืบค้น 9 พฤศจิกายน 2547

เหล็กอ่อนที่อยู่ภายในขดลวดโซเลนอยด์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านจะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าได้

## การหาทิศของแรงบนประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

1. ประจุบวก (+q) สามารถหาทิศของแรงโดยใช้แบบการหมุนตะปูเกลียวขวา โดยหมุนตะปูเกลียวในทิศจาก  $\vec{v}$  ไปยัง  $\vec{B}$  ผ่านมุม  $90^\circ$  ทิศการเคลื่อนที่ของตะปูเกลียวจะแสดงทิศของแรง  $\vec{F}$  ที่เกิดขึ้นหรือใช้กฎมือขวาโดยแบ่มือขวาออกให้นิ้วทั้งสี่แทนทิศของ  $\vec{v}$  แล้วกำมือโดยให้นิ้วทั้งสี่งอไปทาง  $\vec{B}$  ดังรูป



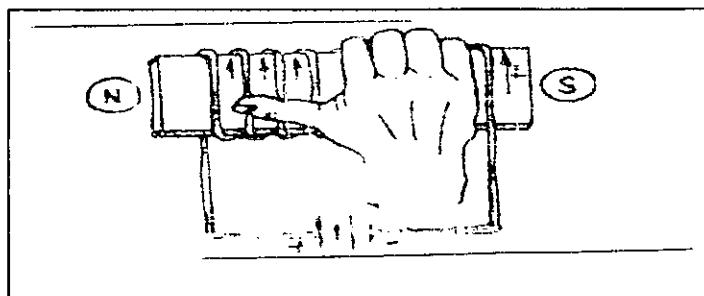
ภาพประกอบ 6 แสดงการหาทิศของแรงบนประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

การหมุนมือขวาให้นึกเสมอว่าประจุไฟฟ้าบวกอยู่ที่ฝ่ามือขวาเมื่อกางมือออกนิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศความเร็ว หันฝ่ามือไปตามทิศของ  $\vec{B}$  แล้วกำมือนิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศของ  $\vec{F}$  ลักษณะของ  $\vec{v}$ ,  $\vec{B}$  และ  $\vec{F}$  ต้องตั้งฉากซึ่งกันและกัน แรงจะมีค่ามากที่สุด  $\vec{F}$

2. ประจุลบ ใช้หลักการเดียวกับประจุบวก แต่ทิศของแรง  $\vec{F}$  มีทิศตรงข้ามกับประจุบวก

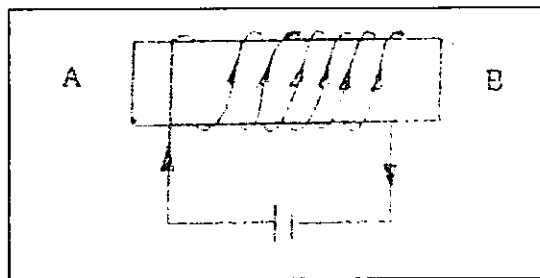
## การหาขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกับสนามแม่เหล็กถาวร คือ จะมีขั้วแม่เหล็ก ขั้วเหนือ (N) และ ขั้วใต้ (S) เหมือนกัน การเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็กก็จะเคลื่อนที่จากขั้วเหนือ (N) ไปขั้วใต้ (S) จากภายนอก และเคลื่อนที่จากขั้วใต้ (S) ไปขั้วเหนือ (N) จากภายในเหมือนกัน แต่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าสนามแม่เหล็กถาวรตรงที่สามารถเปลี่ยนขั้วได้ เพราะขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดตัวนำและขึ้นอยู่กับทิศทางการพันของขดลวดตัวนำ



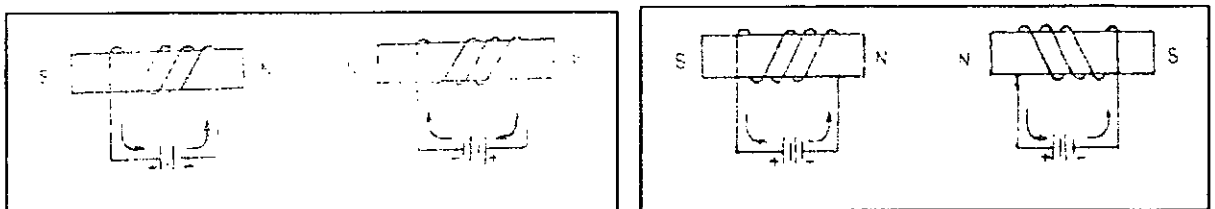
ภาพประกอบ 7 แสดงการหาขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าจากภาพประกอบ 7

การหาขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) ของแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถหาได้โดยใช้กฎมือขวาซึ่งกล่าวไว้ดังนี้ ให้ใช้มือขวากำรอบขดลวดโดยให้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปในทิศทางกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางที่เกิดขั้วเหนือ (N) ของขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งขดลวดหรือคอยล์ (Coil) นั้นจะเปรียบเทียบกับลักษณะเหมือนแท่งแม่เหล็ก โดยไม่คำนึงถึงว่าแกนกลางที่สอดเข้าไปในขดลวดหรือคอยล์ (Coil) จะเป็นแกนเหล็กหรือแกนอากาศก็จะมีขั้วแม่เหล็กเกิดขึ้นเหมือนกันทุกประการ แต่ถ้าใช้แกนเหล็กก็จะเพิ่มความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กภายในขดลวดให้มากขึ้น และจะมีความเข้มของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอตลอดแท่ง ส่วนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดจะขึ้นอยู่กับทิศทางกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวด และทิศทางพันขดลวดบนแกนเท่านั้น



ภาพประกอบ 8 แสดงทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับพันขดลวดบนสนามแม่เหล็ก

จากภาพประกอบ 8 ทิศทางการพันขดลวดตัวนำบนแกนเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) ทั้งสองรูปเหมือนกัน แต่การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดตัวนำต่างกัน เมื่อใช้กฎมือขวาหาขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าขั้วแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับทิศทางกระแสไฟฟ้า

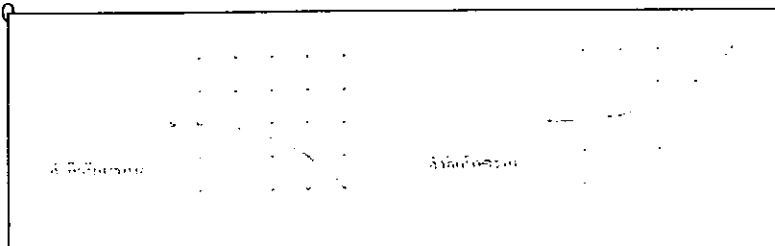


ภาพประกอบ 9 แสดงทิศทางพันขดลวดบนแกนเฟอร์โรแมกเนติก

จากภาพประกอบ 9 ทิศทางการพันขดลวดบนแกนเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) ทั้งสองภาพต่างกัน แต่การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดตัวนำมีทิศทางเหมือนกัน เมื่อใช้กฎมือขวาหาขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะเห็นว่า ขั้วของแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับทิศทางพันขดลวดตัวนำ

### ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

สนามแม่เหล็กสามารถดูด และผลักวัสดุขนาดใหญ่ได้ ถ้าเป็นกรณีอนุภาคขนาดเล็กที่เป็นองค์ประกอบของอะตอมเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะถูกแรง เนื่องจากสนามแม่เหล็ก หรือแรงแม่เหล็ก (magnetic force) กระทำ ทำให้แนวการเคลื่อนที่เปลี่ยนไป ดังภาพประกอบ 10



เมื่อหันซ้ายเหนือเข้าใกล้ตลอด

(X แทนสนามแม่เหล็กที่มีทิศพุ่งเข้า และตั้งฉากกับกระดาษ)

เมื่อหันซ้ายใต้เข้าใกล้ตลอด

(. แทนสนามแม่เหล็กที่มีทิศพุ่งออก และตั้งฉากกับกระดาษ)

ภาพประกอบ 10 แสดงแรงแม่เหล็กและแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก

ถ้าอนุภาคไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคไฟฟ้าซึ่งกำลังเคลื่อนที่ เราสรุปได้ว่าแรงที่เกิดจากสนามแม่เหล็กต่อประจุไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ จะเป็นสัดส่วนกับประจุไฟฟ้าและความเร็วของมัน และทิศทางของแรงจะตั้งฉากกับความเร็วประจุไฟฟ้า อาจเขียนความสัมพันธ์ของแรง  $\vec{F}$  ที่กระทำบนประจุไฟฟ้า  $q$  ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $\vec{v}$  ในสนามแม่เหล็ก  $\vec{B}$  ได้ดังนี้

$$\vec{F} = q\vec{v}\vec{B}$$

ถ้า  $\theta$  เป็นมุมระหว่าง  $\vec{v}$  กับ  $\vec{B}$

$$F = qvB \sin \theta$$

กำหนดให้

$F$  = แรงที่เกิดบนประจุที่กำลังเคลื่อนที่ (นิวตัน)

$q$  = ประจุที่วิ่งผ่านสนามแม่เหล็ก (คูลอมบ์)

$v$  = ความเร็วของประจุไฟฟ้า (เมตรต่อวินาที)

$B$  = สนามแม่เหล็ก (เทสลา)

$\theta$  = มุมระหว่างทิศการเคลื่อนที่ ( $\vec{v}$ ) กับทิศของสนามแม่เหล็ก ( $\vec{B}$ )

ข้อสังเกต

1. ถ้าประจุไฟฟ้าวิ่งตามสนามแม่เหล็กหรือวิ่งสวนกับสนามแม่เหล็ก

คือ  $\theta = 0$  หรือ  $\theta = 180^\circ$

ดังนั้น  $F = qvB \sin \theta$

$$= 0$$

$$\text{หรือ } F = qvB \sin 180^\circ \\ = 0$$

2. ถ้าประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก  $\theta = 90^\circ$

$$\text{ดังนั้น } F = qvB \sin 90^\circ \\ = qvB$$

นั่นคือ  $F = qvB$  ซึ่งเป็นแรงมีขนาดสูงสุด

**ตัวอย่างที่ 1** โปรตรอนเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กด้วยความเร็ว  $10^7$  เมตรต่อวินาที เข้าสู่สนามแม่เหล็กที่มีขนาด  $1.3 \times 10^{-5}$  เทสลา จงหาแรงที่กระทำบนโปรตรอน เมื่อโปรตรอนมีประจุ  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมป์

**วิธีทำ** จาก  $F = qvB \sin \theta$

เมื่อโปรตรอนมีความเร็วตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก แสดงว่า  $\theta = 90^\circ$

$$\text{นั่นคือ } q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$v = 10^7 \text{ m/s}$$

$$B = 1.3 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าสูตร } F &= (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (1.3 \times 10^{-5} \text{ T}) \times 10^7 \text{ m/s} \\ &= 1.6 \times 1.3 \times 10^{-17} \text{ N} \\ &= 2.1 \times 10^{-17} \end{aligned}$$

นั่นคือแรงที่กระทำต่อโปรตรอนมีค่า  $2.1 \times 10^{-17} \text{ N}$  **ตอบ**

**ตัวอย่างที่ 2** อิเล็กตรอนวิ่งด้วยความเร็ว  $10^6$  เมตรต่อวินาที ไปในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กขนาด  $10^{-3}$  เทสลา จงหา

ก. แรงที่เกิดขึ้นบนอิเล็กตรอน

ข. ความเร่งที่เกิดกับอิเล็กตรอน

**วิธีทำ** ก. แรงที่เกิดขึ้นบนอิเล็กตรอน

$$\text{จากสูตร } F = qvB \sin \theta$$

$$\text{ในที่นี้ } q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$v = 10^6 \text{ m/s}$$

$$B = 10^{-3} \text{ T}$$

$$\sin \theta = 90 = 1$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าสูตร } F &= (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (10^6 \text{ m/s}) \times (10^{-3}) \\ &= 1.6 \times 10^{-19} \text{ N} \end{aligned}$$

นั่นคือ แรงที่เกิดขึ้นบนอิเล็กตรอนมีขนาด  $1.6 \times 10^{-19} \text{ N}$

ข. ความเร่งที่เกิดขึ้นกับอิเล็กตรอน

จากสูตร  $F = ma$

ในที่นี้  $F = 1.6 \times 10^{-19} \text{ N}$

$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

แทนค่าสูตร  $1.6 \times 10^{-19} \text{ N} = (9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}) \times a$

$$a = \frac{(1.6 \times 10^{-19} \text{ N})}{(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})}$$

$$a = \frac{(1.6 \times 10^{-15+31})}{9.1}$$

$$= 0.176 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$$

$$= 1.76 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

นั่นคือ ความเร่งที่เกิดขึ้นมีขนาด  $1.76 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$  ตอบ

ตัวอย่างที่ 3 อิเล็กตรอนวิ่งด้วยความเร็ว  $10^7$  เมตรต่อวินาที ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก  
ขนาด  $10^{-4}$  เทสลา จงคำนวณหา

ก. แรงที่เกิดขึ้นบนอิเล็กตรอน

ข. อิเล็กตรอนวิ่งด้วยรัศมีความโค้งเท่าใด

วิธีทำ ก. แรงที่เกิดขึ้นบนอิเล็กตรอน

จากสูตร  $F = qvB \sin \theta$

ในที่นี้  $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$v = 10^7 \text{ m/s}$

$B = 10^{-4} \text{ T}$

แทนค่าสูตร

$$F = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times 10^7 \text{ m/s} \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$= 1.6 \times 10^{-16} \text{ N}$$

นั่นคือ แรงที่เกิดขึ้นบนอิเล็กตรอนมีขนาด  $1.6 \times 10^{-16}$  นิวตัน

ข. ถ้าสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ อิเล็กตรอนวิ่งด้วยรัศมีความโค้งเท่าใด

จากสูตร  $R = \frac{mv}{qB}$

ในที่นี้  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

$v = 10^7 \text{ m/s}$

$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$\begin{aligned}
 B &= 10^{-4} \text{ T} \\
 \text{แทนค่าสูตร} \quad R &= \frac{(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}) \times 10^7 \text{ m/s}}{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times 10^{-4} \text{ T}} \\
 R &= \frac{(9.1 \times 10^{-31+7+19+4})}{1.6} \\
 &= 5.68 \times 10^{-1} \text{ m} \\
 R &= 0.57 \text{ m}
 \end{aligned}$$

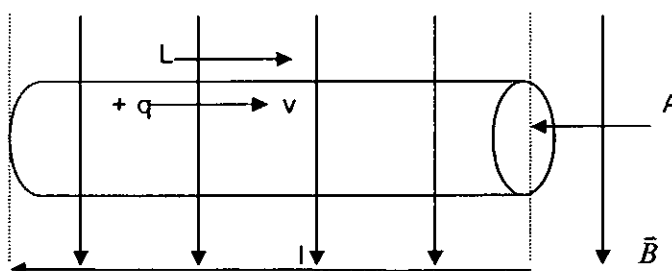
นั่นคือ อิเล็กตรอนวิ่งด้วยรัศมีความโค้ง 0.57m ตอบ

### แรงบนตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

ตามที่กำหนดให้กระแสไฟฟ้ามีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของประจุบวก ถ้าประจุเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำบนประจุนั้น ดังนั้นถ้าประจุเคลื่อนที่ในตัวนำ ตัวนำนั้นก็จะมีแรงกระทำด้วย ฉะนั้นถ้ามีกระแสไหลผ่านในตัวนำ และวางอยู่ในสนามแม่เหล็กตัวนำนั้นย่อมมีแรงกระทำด้วย ทิศของแรงที่กระทำย่อมเหมือนกับทิศทางของแรงบนประจุบวกที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กนั่นเอง

กำหนดให้

- L เป็นความยาวของลวดตัวนำ (เมตร)
- AI เป็นปริมาตรของลวดตัวนำ (ลูกบาศก์เมตร)
- n เป็นจำนวนประจุไฟฟ้าใน 1 หน่วยปริมาตร (คูลอมบ์)
- v เป็นความเร็วลอยเลื่อนของประจุไฟฟ้า (เมตรต่อวินาที)
- B เป็นสนามแม่เหล็ก (เทสลา)
- I เป็นกระแสไฟฟ้า = nevA (แอมแปร์)
- e = q เป็นประจุไฟฟ้า =  $1.6 \times 10^{-19}$  (คูลอมบ์)



จากรูป ให้ประจุ +q เคลื่อนที่ตั้งฉากในสนามแม่เหล็ก  $\vec{B}$  ด้วยความเร็วลอยเลื่อน v เมตรต่อวินาที ดังนั้น

$$F = qvB \sin 90^\circ$$

หรือ  $F = qvB$

นั่นคือประจุ 1 ตัว มีแรงกระทำ  $F = qvB$

เมื่อตัวนำยาว  $l$  เมตร และมีพื้นที่ภาคตัดขวาง  $A$  ตารางเมตร หรือมีปริมาตร  $Al$  ลูกบาศก์เมตร และ  $n$  เป็นจำนวนประจุไฟฟ้าใน  $l$  หน่วยปริมาตร

ดังนั้น ลวดตัวนำมีปริมาตร  $Al$  ลูกบาศก์เมตร จึงมีประจุไฟฟ้า  $nAl$  ตัว

เมื่อประจุไฟฟ้า  $nAl$  ตัว จะมีแรงกระทำขนาด  $qvB \cdot nAl$  นิวตัน

ดังนั้นแรงทั้งหมด ( $F$ ) =  $nqvA \cdot lB$

จาก  $I = nevA$  และ  $e = q$

ดังนั้นจะได้  $F = IlB$

ถ้าให้  $\theta$  เป็นมุมระหว่างทิศที่กระแสไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็ก

จะได้ว่า  $F = IlB \sin \theta$

### การหาทิศของแรง

ใช้มือขวาเช่นเดียวกับการหาทิศของ  $F$  โดยให้นิ้วทั้งสี่แทนทิศของกระแสไฟฟ้าที่ไหล แล้วกำมือหาทิศสนามแม่เหล็ก ( $B$ ) นิ้วหัวแม่มือจะแทนทิศของแรง ( $F$ ) เช่นเดียวกัน

ตัวอย่างที่ 1 ลวดยาว 1 เมตร มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 10 แอมแปร์ ทำมุม  $30^\circ$  กับสนามแม่เหล็กขนาด 1.5 เทสลา จงหาแรงที่กระทำบนเส้นลวดนั้น

วิธีทำ จากสูตร  $F = IlB \sin \theta$

ในที่นี้  $I = 10 \text{ A}$

$l = 1 \text{ m}$

$B = 1.5 \text{ T}$

$\sin 30^\circ = 0.5$

แทนค่า  $F = 10\text{A} \times 1\text{m} \times 1.5\text{T} \times 0.5$

$= 7.5 \text{ N}$

นั่นคือ แรงกระทำบนเส้นลวดขนาด 7.5 N ตอบ

ตัวอย่างที่ 2 เส้นลวดตัวนำยาว 5 เซนติเมตร มีมวล 50 กรัม วางพาดบนลวดที่ตรึงอยู่กับที่ ถ้าลวดนั้นมีกระแสไฟฟ้าคงตัวผ่าน 5 แอมแปร์ อยู่ในสนามแม่เหล็กขนาด 0.2 เทสลา จงหา

ก. ความเร่งของเส้นลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั้น

ข. เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที เส้นลวดนั้นจะมีความเร็วเท่าใด

วิธีทำ

จากสูตร  $F = IlB$

$I =$  กระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดคงที่ 5 A

$$\begin{aligned}
 l &= 5 \times 10^{-2} \quad \text{m} \\
 B &= 0.2 \quad \text{T} \\
 \text{แทนค่าสูตร} \quad F &= 5 \times 5 \times 10^{-2} \times 0.2 \\
 F &= 5 \times 10^{-2} \quad \text{T} \\
 \text{ก. หาความเร่งของเส้นลวดได้จาก} \quad F &= ma \\
 \text{เมื่อลวดมีมวล} &= 50 \times 10^{-3} \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น} \quad a &= \frac{F}{m} \\
 a &= \frac{5 \times 10^{-2} \text{ N}}{5 \times 10^{-3} \text{ kg}} \\
 a &= 1 \quad \text{m/s}^2
 \end{aligned}$$

นั่นคือความเร่งของเส้นลวดมีขนาด  $1 \text{ m/s}^2$  มีทิศทางขวามือ

ข. เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที เส้นลวดมีความเร็วเท่าใด

$$\text{จาก} \quad v = u + at$$

$$\text{ในที่นี้} \quad u = 0 \quad (\text{เพราะลวดอยู่นิ่ง})$$

$$a = 1 \quad \text{m/s}^2$$

$$t = 4 \quad \text{s}$$

$$\text{แทนค่าสูตร} \quad v = 0 + 1 \times 4$$

$$v = 4 \quad \text{m/s}^2$$

นั่นคือ เมื่อเวลาผ่านไป 4 s เส้นลวดมีความเร็ว  $4 \text{ m/s}$  ตอบ

### การทดลองที่ 3

## เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

\*\*\*\*\*

#### จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาทิศของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก
2. เพื่อศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็กและทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 120 นาที (2 คาบ)

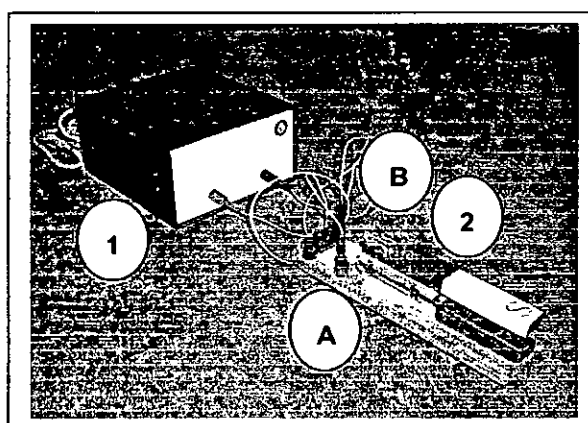
#### อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจำนวน 1 ชุด
2. ลวดตัวนำทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาว 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร

#### ตอนที่ 1 ศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อกระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก A ไป B

##### วิธีการทดลอง

1. ประกอบชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดังภาพ



ส่วนที่ 1 ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Supply)

ส่วนที่ 2 ชุดแม่เหล็กถาวรและฐานรองลวดตัวนำ

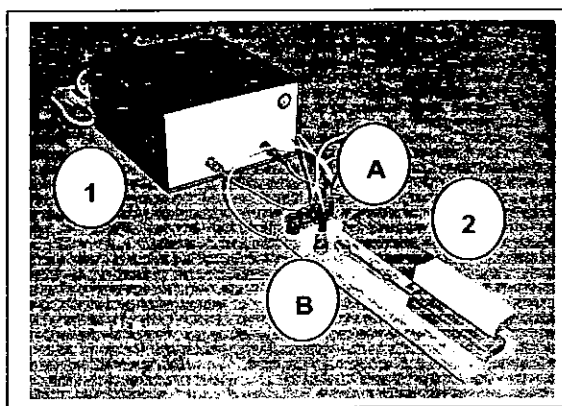
2. จัดวางให้แนวของเส้นลวดตัวนำตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก ที่ด้านปลายสุดของแท่งแม่เหล็ก

3. ต่อสายไฟจากแหล่งจ่ายไฟเข้ากับชุดทดลอง
4. เปิดสวิตช์ที่หม้อแปลงไฟฟ้า สังเกตการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ ทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำและวัฏระยะทางที่ลวดตัวนำเคลื่อนที่ได้ บันทึกผลการทดลอง
5. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุป

**ตอนที่ 2** ศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อกระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก B ไป A

วิธีการทดลอง

1. ประกอบชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดังภาพ



2. ทำการทดลองเหมือนใน **ตอนที่ 1** โดยเปลี่ยนทิศการต่อสายไฟจากแหล่งจ่ายไฟเข้ากับชุดทดลอง โดยให้ทิศของกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่จาก B ไป A

## แบบบันทึกผลการทดลอง

### การทดลองที่ 3

เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มี  
สนามแม่เหล็ก

\*\*\*\*\*

วัน / เดือน / ปี ..... ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ..... / ..... กลุ่มที่ .....

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

- 1) ..... เลขที่ .....
- 2) ..... เลขที่ .....
- 3) ..... เลขที่ .....
- 4) ..... เลขที่ .....
- 5) ..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดลอง	ทิศของกระแสไฟฟ้า					
	จาก A ไป B			จาก B ไป A		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ						
ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้						

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลอง เมื่อกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเคลื่อนจาก A ไป B ลวดตัวนำมีการเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. จากการทดลอง เมื่อกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเคลื่อนจาก B ไป A ลวดตัวนำมีการเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่า ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้ามีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. จงเขียนแผนภาพแสดงทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำทั้ง 2 กรณี

**กรณีที่ 1** กระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก A ไป B

.....

.....

.....

.....

**กรณีที่ 2** กระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก B ไป A

.....

.....

.....

.....

5. เมื่อทิศของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยน ระยะทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



คู่มือการใช้ชุดทดลอง  
เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก  
สำหรับครู

จัดทำโดย  
นางสาวพรรณรัตน์ อารมณ์พิศาล  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### การทดลองที่ 3

#### เรื่อง แรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

\*\*\*\*\*

#### จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาทิศของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก
2. เพื่อศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทิศของกระแสไฟฟ้าทิศของสนามแม่เหล็กและทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 120 นาที (2 คาบ)

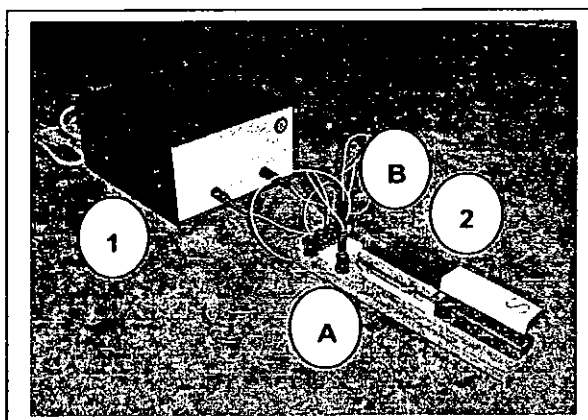
#### อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจำนวน 1 ชุด
2. ลวดตัวนำทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาว 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร

#### ตอนที่ 1 ศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อกระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก A ไป B

#### วิธีการทดลอง

1. ประกอบชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดังภาพ



ส่วนที่ 1 ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Supply)

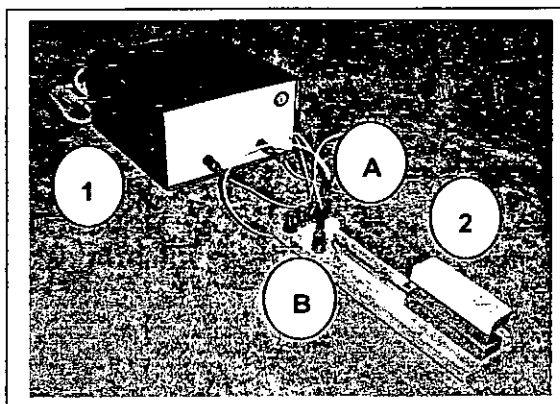
ส่วนที่ 2 ชุดแม่เหล็กถาวรและฐานรองลวดตัวนำ

2. จัดวางให้แนวของเส้นลวดตัวนำตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก ที่ด้านปลายสุดของแท่งแม่เหล็ก

3. ต่อสายไฟจากแหล่งจ่ายไฟเข้ากับชุดทดลอง
4. เปิดสวิตช์ที่หม้อแปลงไฟฟ้า สังเกตการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ ทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำและวัตรระยะทางที่ลวดตัวนำเคลื่อนที่ได้ บันทึกผลการทดลอง
5. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุป

**ตอนที่ 2** ศึกษาทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเมื่อกระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก B ไป A  
**วิธีการทดลอง**

1. ประกอบชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดังภาพ



2. ทำการทดลองเหมือนใน **ตอนที่ 1** โดยเปลี่ยนทิศการต่อสายไฟจากแหล่งจ่ายไฟเข้ากับชุดทดลอง โดยให้ทิศของกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่จาก B ไป A

## ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดลอง	ทิศของกระแสไฟฟ้า					
	จาก A ไป B			จาก B ไป A		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ	ขวา-ซ้าย	ขวา-ซ้าย	ขวา-ซ้าย	ซ้าย-ขวา	ซ้าย-ขวา	ซ้าย-ขวา
ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้	10	10	10	-	-	-

กำหนดให้ด้านปลายแท่งแม่เหล็กอยู่ด้านซ้ายมือของผู้ทดลอง

## แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลอง เมื่อกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเคลื่อนจาก A ไป B ลวดตัวนำมีการเคลื่อนที่อย่างไร

.....เมื่อกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเคลื่อนที่จาก A ไป B ลวดตัวนำเคลื่อนที่.....  
จากขวาไปซ้าย.....เมื่อด้านปลายแท่งแม่เหล็กอยู่ขวามือผู้ทดลอง.....

2. จากการทดลอง เมื่อกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเคลื่อนจาก B ไป A ลวดตัวนำมีการเคลื่อนที่อย่างไร

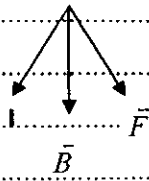
.....เมื่อกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเคลื่อนที่จาก B ไป A ลวดตัวนำเคลื่อนที่.....  
จากซ้ายไปขวา.....เมื่อด้านปลายแท่งแม่เหล็กอยู่ขวามือผู้ทดลอง.....

3. นักเรียนคิดว่า ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้ามีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำหรือไม่อย่างไร

.....มีผล.....เพราะเมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า.....ทิศการเคลื่อนที่ของ.....  
.....ลวดตัวนำก็เปลี่ยนไปด้วย.....

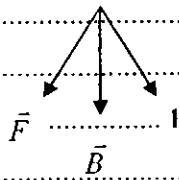
4. จงเขียนแผนภาพแสดงทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำทั้ง 2 กรณี

กรณีที่ 1 กระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก A ไป B



ทิศของ  $I$ ,  $B$  และ  $F$   
ตั้งฉากซึ่งกันและกัน

กรณีที่ 2 กระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก B ไป A



ทิศของ  $I$ ,  $B$  และ  $F$   
ตั้งฉากซึ่งกันและกัน

5. เมื่อทิศของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยน ระยะทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร

.....ทิศของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยน.....ระยะทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำไม่เปลี่ยนแปลง.....

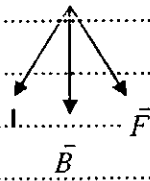
สรุปผลการทดลอง

.....ทิศของกระแสไฟฟ้าจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำ.....เมื่อทิศของ.....  
กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนไป.....(กลับทิศทาง).....ลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง.....  
กลับกันด้วย.....ความสัมพันธ์ระหว่างทิศของกระแสไฟฟ้า.....ทิศของสนาม.....  
แม่เหล็กและทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ.....จะตั้งฉากซึ่งกันและกัน.....  
และเป็นไปตามกฎมือ

ขวา.....

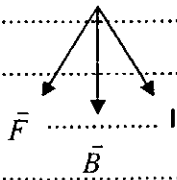


กรณีที่ 1 กระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก A ไป B



ทิศของ  $I$ ,  $B$  และ  $F$   
ตั้งฉากซึ่งกันและกัน

กรณีที่ 2 กระแสไฟฟ้าเคลื่อนจาก B ไป A



ทิศของ  $I$ ,  $B$  และ  $F$   
ตั้งฉากซึ่งกันและกัน

5. เมื่อทิศของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยน ระยะทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร

.....ทิศของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยน.....ระยะทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำไม่เปลี่ยนแปลง.....

สรุปผลการทดลอง

.....ทิศของกระแสไฟฟ้าจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำ.....เมื่อทิศของ  
.....กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนไป.....(กลับทิศทาง).....ลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง.....  
.....กลับกันด้วย.....ความสัมพันธ์ระหว่างทิศของกระแสไฟฟ้า.....ทิศของสนาม.....  
.....แม่เหล็กและทิศการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ.....จะตั้งฉากซึ่งกันและกัน.....  
.....และเป็นไปตามกฎมือขวา.....

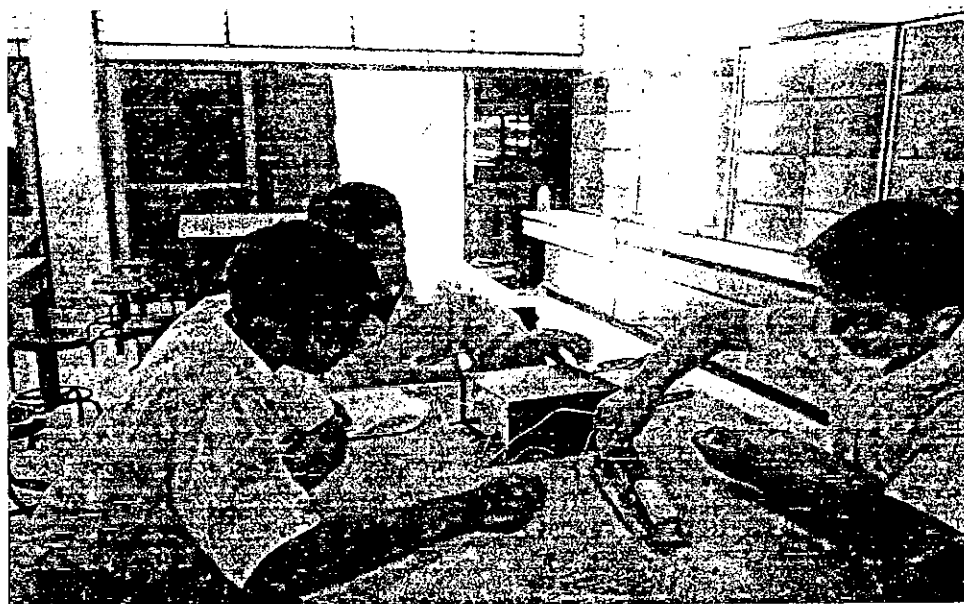


**ภาคผนวก ช.**

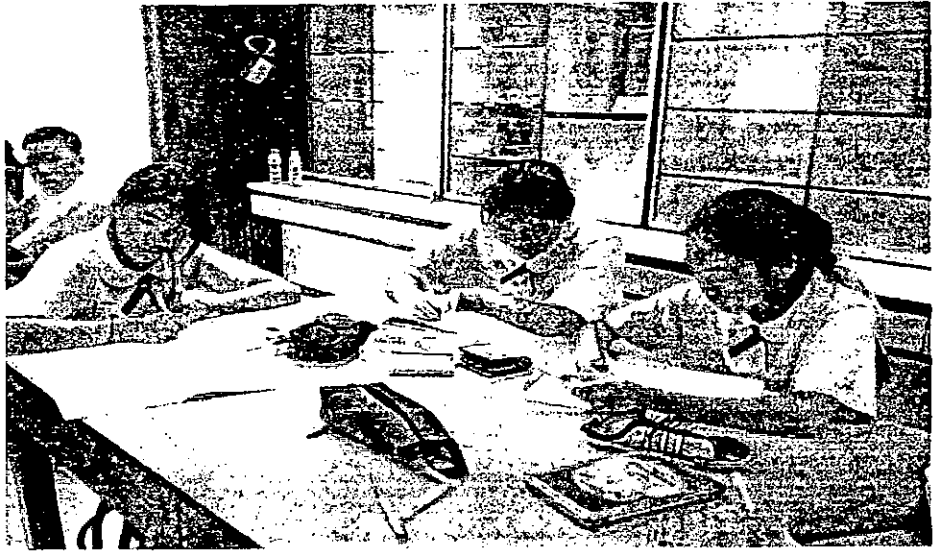
**ภาพประกอบการวิจัย**



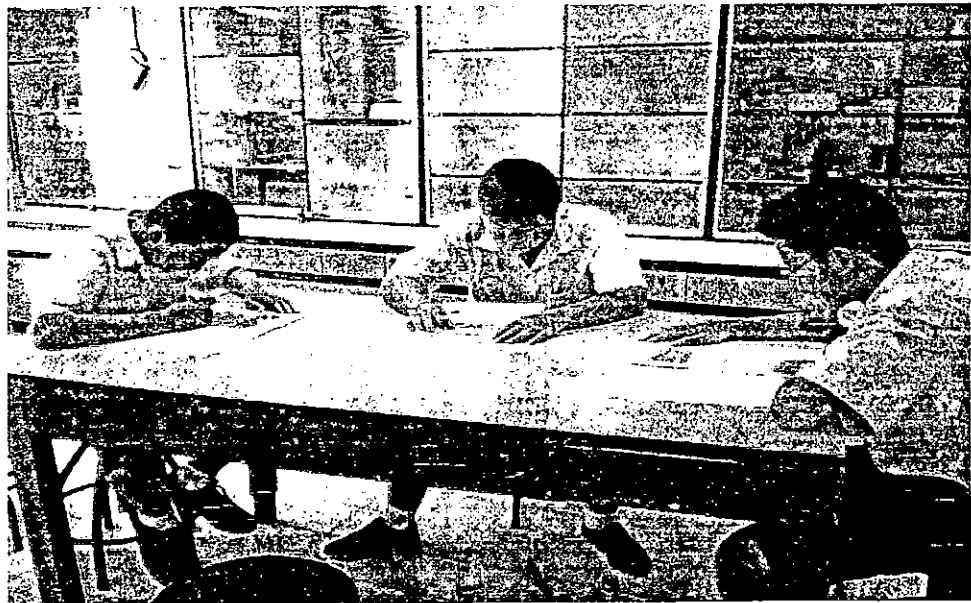
ภาพประกอบ 1 การ Try out แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านความรู้กับนักเรียน 74 คน



ภาพประกอบ 2 การ Try out ชุดทดลองกับนักเรียน 9 คน



ภาพประกอบ 3 การ Try out ชุดทดลองกับนักเรียน 15 คน ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง ระหว่างเรียน



ภาพประกอบ 4 การ Try out ชุดทดลองกับนักเรียน 15 คน ทำแบบทดลองวัดผลการเรียนรู้ หลังเรียน



ภาพประกอบ 5 การ Try out ชุดทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองเรียน  
ระหว่างเรียน



ภาพประกอบ 6 การ Try out ชุดทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองเรียน  
หลังเรียน

ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวพรรณรัตน์ อารณพิศาล
วันเดือนปีเกิด	7 พฤศจิกายน 2521
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	48/9 ถนนราชดำเนิน ตำบลพระปฐมเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2536	มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตวิทยาลัยนครปฐม จังหวัดนครปฐม
พ.ศ. 2538	มัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตวิทยาลัยนครปฐม จังหวัดนครปฐม และมัธยมศึกษาตอนปลาย ศูนย์การศึกษา นอกโรงเรียน จังหวัดนครปฐม
พ.ศ. 2542	วท.บ.(ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2548	กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร