

## การใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต

ยุทธศักดิ์ สวัสดิวงศ์ชัย

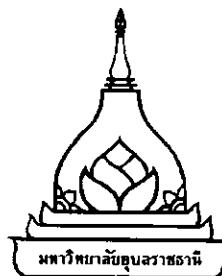
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
ปีการศึกษา 2558  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



USING THE SIMPLE VAN DER GRAAF EXPERIMENT  
FOR ELECTROSTATIC LEARNING

YUTTASAK SAWATWONGCHAYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THEREQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION  
FACULTY OF SCIENCE  
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY  
ACADEMIC YEAR 2015  
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต

ผู้วิจัย นายยุทธศักดิ์ สวัสดิ์วงศ์ชัย

คณะกรรมการสอบ

ดร.วัชรินทร์ เมฆลา

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม

กรรมการ

ดร.โชคศิลป์ ธนาธีร์

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม)

.....  
.....  
.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประเสริฐ)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....  
.....  
.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
ปีการศึกษา 2558

## กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดีเยี่ยมจาก ดร.วัชรินกร เมฆลา ดร.โชคศิลป์ มนเสื่อง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรช วุฒิพรหม ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี ทุกท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาและวิจัยแก่ข้าพเจ้า นายสาวก กลาง ประพันธ์ อตีตผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร นายชาญชัย สายสุด อตีต ผู้อำนวยการโรงเรียนนาจิกพิทยาคม นายศักดิ์ สวัสดิ์พล อตีตผู้อำนวยการโรงเรียนครีเจริญศึกษา นายธีระพล พยัคฆ์พล ผู้อำนวยการโรงเรียนครีเจริญศึกษา ที่สนับสนุนและเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้ พัฒนาตนทางการศึกษาเป็นอย่างดี ได้ให้คำปรึกษาและชี้แนะ และคณะกรรมการโรงเรียน ครีเจริญศึกษา ที่มีส่วนช่วยเหลือ แนะนำ และให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนกลุ่ม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เอื้อเพื่อสถานที่ วัดดุ๊บกรณ์ต่างๆ สำหรับการทำวิจัย

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่ออย่างยุทธ - คุณแม่ฉัตรสุดา สวัสดิ์วงศ์ชัย และญาติพี่น้อง ทุกคน ที่มอบความรัก ช่วยเหลือดูแลเป็นกำลังใจ และส่งเสริมให้โอกาสทางการศึกษาด้วยดีมาตลอด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบเป็นเครื่องบูชาคุณ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย ขอให้ทุกท่านคงมีแต่ความสุข ความเจริญ ตลอดไป

ยุทธศักดิ์ สวัสดิ์วงศ์ชัย  
ผู้วิจัย

## บทคัดย่อ

เรื่อง	: การใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต
ผู้วิจัย	: ยุทธศักดิ์ สวัสดีวงศ์ชัย
ชื่อปริญญา	: วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	: วิทยาศาสตรศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพرحم
คำสำคัญ	: ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟ, ไฟฟ้าสถิต, วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิตโดยใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายประกอบไปด้วย ชุดอุปกรณ์การทดลองและคู่มือการใช้งาน ขั้นตอนการใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายคือ การประดิษฐ์ชุดทดลองและประเมินความคิดเห็นต่อชุดทดลองที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน จากนั้นนำชุดทดลองไปทดลองใช้ เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองโดยผู้ใช้งาน ได้แก่ ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์จำนวน 30 คน ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ความเหมาะสมของชุดทดลองอยู่ในระดับมากที่สุด คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.69 ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายที่พัฒนาได้นำไปใช้ร่วมกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ห้าขั้น แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความพึงพอใจ และชุดกิจกรรมการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางมีค่า  $\langle \bar{x} \rangle$  เท่ากับ 0.53 และมีความพึงพอใจต่อการเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิตในระดับต่ำมาก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเนื่องจากการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม และปฏิบัติการทดลองเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ

## ABSTRACT

TITLE : USING THE SIMPLE VAN DER GRAAF EXPERIMENT  
FOR ELECTROSTATIC LEARNING

AUTHOR : YUTTASAK SAWATWONGCHAYA

DEGREE : MASTER DEGREE OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASST. PROF. SURA WUTTIPROM, Ph. D.

KEYWORDS : VAN DER GRAAF EXPERIMENT, ELECTROSTATIC, 5E INQUIRY LEARNING CYCLE

This research was aimed to use the simple Van Der Graaf experiment for learning in electrostatic topic. The simple Van Der Graaf experiment consists of the Van Der Graaf equipment and the user manual. The simple Van Der Graaf experiment has been evaluated for appropriateness by five teachers who have teaching experiences in physics and evaluated for user's satisfaction by thirty science teachers. Appropriateness of The simple Van Der Graaf experiment for instruction was in a highest level, mean score was 4.62 and in a highest level for user's satisfaction, mean score was 4.69. This simple Van Der Graaf experiment was used for learning with 5E inquiry cycle. One-group pretest-posttest desing was used in this research. The research tools consisted of learning plans, achievement tests, satisfaction questionnaire and experiment sets. The results showed that the students' learning achievement on the post-instruction was significantly higher than that on the pre-instruction at alpha level 0.01. The average normalized gain was in amedium gain ( $\langle g \rangle = 0.53$ ). It also found that the learning activities drew students'satisfaction in good levels.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
<b>บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	6
2.2 หลักสูตรกลุ่มการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	8
2.3 เอกสารเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน	11
2.4 ไฟฟ้าสถิต	13
2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้	23
2.6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	26
2.7 การวัดเจตคติ	27
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	32
3.2 แบบแผนการวิจัย	32
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	33
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	38
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b>	
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	40
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อการเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิต	43
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของครูต่อஆดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย	43

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ ๕ สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	46
5.2 เจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าสถิต	47
5.3 ข้อเสนอแนะ	47
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>49</b>
<b>ภาคผนวก</b>	
ก เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	55
ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (แผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้)	64
ค ภาพประกอบการทำกิจกรรม	93
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	<b>98</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวนำไฟฟ้าและอวนไฟฟ้า	15
3.1 แบบแผนการวิจัยที่มีการทดสอบก่อน – หลังเรียน (One group Pretest Posttest Design)	32
3.2 ข้อสอบแบ่งตามเนื้อหาที่ใช้ผล	33
4.1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	40
4.2 คะแนนทดสอบ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตโดยแยกตามเนื้อหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน	41
4.3 ผลร้อยละและแปลความหมายของระดับความคิดเห็นนักเรียน	44
4.4 ผลร้อยละและแปลความหมายของระดับความคิดเห็นครุภัณฑ์สาระวิทยาศาสตร์ ก.1	45
ก.2 ผลร้อยละและแปลความหมายของระดับความคิดเห็นนักเรียน	61
ก.2 ผลร้อยละและแปลความหมายของระดับความคิดเห็นครุภัณฑ์สาระวิทยาศาสตร์	63

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะเหนี่ยวนำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดอำนาจใจไฟฟ้าได้มีอนามัยลักษัน	17
2.2 การทำให้เกิดประจุอิสระบนตัวนำด้วยการเหนี่ยวนำ (BOUND CHARGE)	17
2.3 การทำให้เกิดประจุไฟฟ้า อิสระชนิดเดียวกันกับวัตถุที่ใช้เหนี่ยวนำ	19
2.4 อิเล็กโตรสโคปแบบพิธบล (Pith electroscope)	19
2.5 อิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นทองคำเปลว (Gold leaf electroscope)	20
2.6 อิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นทองคำเปลว เมื่อทำให้มีประจุไฟฟ้า	20
3.1 แผนผังองค์ประกอบหลักของการเกิดประจุไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต แนวเดอร์กราฟ	35
3.2 ส่วนประกอบอุปกรณ์ชุดทดลองแนวเดอร์กราฟอย่างง่าย การสร้างชุดทดลอง แนวเดอร์กราฟอย่างง่าย	36
4.1 พัฒนาการทางการเรียนรายข้อ (single test item normalized gain)	41
4.2 พัฒนาการทางการเรียนรายบุคคล (Single student normalized gain)	42
4.3 ร้อยละของจำนวนนักเรียนพัฒนาการทางการเรียนรายบุคคล (Percentile Single student normalized gain)	42
ค.1 สร้างชุดทดลองแนวเดอร์กราฟอย่างง่าย	94
ค.2 การอภิปรายผลจากการทดลอง	94
ค.3 การทดลองชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และชนิดของประจุไฟฟ้า	95
ค.4 การทดลองชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และชนิดของประจุไฟฟ้า	95
ค.5 ชุดทดลองแนวเดอร์กราฟอย่างง่าย	96
ค.6 ชุดทดลองแนวเดอร์กราฟอย่างง่าย	96
ค.7 จัดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	97

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวด 4 แนวทางการจัดการศึกษา มาตรา 22 และมาตรา 24 การจัดการศึกษาต้องยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ตามความสามารถ และเต็มตามศักยภาพ โดยให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยายการเรียนรู้ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียนการสอน ให้สอดคล้องกับสภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งนี้ ทั้งผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนไปพร้อมกันจากสื่อ และแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ และสามารถจัดการเรียนรู้ ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2546) อีกทั้งหมวด 9 เทคโนโลยีเพื่อการศึกษามาตรา 67 ระบุต้องมีการ ส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา การติดตาม ตรวจสอบและประเมินผลการ ใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาเพื่อส่งเสริมให้เกิดการใช้อย่างคุ้มค่า และเหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้ ของคนไทย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542)

ในปัจจุบันการนำสื่อการสอนนวัตกรรมมาใช้ในการศึกษากำลังเป็นที่สนใจกันอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้ด้วยเหตุที่การศึกษามุ่งที่จะพัฒนาผู้เรียนให้รู้จักคิดเป็น ทำเป็น และมีความรับผิดชอบ ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนจึงต่างไปจากเดิม คือมุ่งให้ผู้เรียนรู้จักแสดงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอน ทำหน้าที่อยู่เบื้องหลังแนะนำ ผู้สอนจำเป็นต้องนำเอารูปแบบการสอนใหม่ ๆ พร้อมทั้งสื่อการสอน และนวัตกรรมทางการศึกษามาใช้เพื่อให้การเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ (บริยา อนุพงษ์วงศ์, 2554) กระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาหาสำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ ความรู้นั้นอย่างมีความหมายจึงจะสามารถสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ใน สมองอันยาวนานการที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ต้องผ่านกระบวนการที่หลากหลายโดยเฉพาะ อย่างเช่นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) โดยรูปแบบการสอนนี้ช่วยให้นักเรียน มีผลลัพธ์ทางการเรียนสูงขึ้นผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป เนื่องจากนักเรียนเกิดความเชื่อมโยง ความรู้มีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะแสดงหาความรู้ใหม่ ๆ รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียน การสอนนี้ทำให้นักเรียนมีความสนุกสนาน กระตือรือร้นและสนใจเรียนมากขึ้น (ยุพา กุมภาร์, 2550) ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางดังกล่าววิธีหนึ่งคือการเรียนรู้จากการสอนตามรูปแบบ การสอน 5E ที่เรียกว่า 5E Instructional Model มีวิธีการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนการจัด การเรียนการสอนตามรูปแบบ 5E เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีกระบวนการให้นักเรียนเรียนรู้กัน อย่างอิสระ ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิด และเรียนรู้ด้วยตนเองรวมทั้งแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และหาความรู้ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้

นั้นอย่างมีความหมายจึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองอย่างยาวนาน ทำให้มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญระดับ .01 (เยาวลักษณ์ ชื่นอารมย์, 2549) เช่นเดียวกับที่ พิมพ์มาดา มงคลแสน (2553) พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ BSCS 5E สามารถมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 77.27 อีกทั้งนักเรียนสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย

รูปแบบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ คือ การทำความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎี และ การวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาทางฟิสิกส์ที่อาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ การทดลอง หรือการปฏิบัติเป็นสิ่งที่จะแก้ปัญหาในความไม่เข้าใจในหลักการหรือทฤษฎีได้ เนื่องจากนักเรียนได้ทดลอง และหาเหตุผลด้วยตนเอง นักเรียนจะได้องค์ความรู้ด้วยตัวเอง และจะทำให้นักเรียนจำได้ตลอด มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่จะทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีดีขึ้น และจะส่งผลต่อคะแนนผลสัมฤทธิ์นั้น ชุดการทดลองหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน เป็นตัวเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากนักเรียนได้ทดลอง ลงมือปฏิบัติเอง สิ่งใดที่นักเรียนได้ทดลองลงมือปฏิบัติและได้คำตอบด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนมีความจำ ความเข้าใจอันยาวนาน (ศักดิ์ชาย สิงห์ทอง, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับ ชาเรินา พลสา (2553) พบว่าการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

โรงเรียนในระดับมัธยมศึกษา ได้จัดการเรียนการสอนนักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องเรียนรู้ทฤษฎี และการปฏิบัติ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนนำประภากារณ์ที่สังเกตได้มาวิเคราะห์ และสังเคราะห์ เพื่อตอบปัญหาหรือสมมติฐาน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือปฏิบัติการต่าง ๆ เพื่อรับและสนับสนุนการเรียน การสอน สำหรับวิชาฟิสิกส์ 4 การจัดการเรียนการสอนในเรื่องไฟฟ้าสถิติ โดยปฏิบัติการทางประจุไฟฟ้าที่นำสัมภาระ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอร์กราฟ คือประภากារณ์การเหนี่ยวแน่นประจุ เพื่อให้เกิดประจุชนิดเดียวกันบนวัสดุ ซึ่งในการทดลองนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจในประภากារณ์ทางธรรมชาติของการเกิดไฟฟ้าสถิต จากการขัดสีหรืออุณหภูมิและการเหนี่ยวแน่นให้เกิดประจุ

อย่างไรก็ตามเครื่องมือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษานาดเล็ก ยังขาดแคลนและไม่เพียงพอ ผู้ดำเนินการวิจัยเห็นว่าสามารถนำวัสดุที่หาง่าย และมีอยู่ทั่วไปตามห้องคลาเดียปรับปรุง และพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบแวนเดอร์กราฟ ทำให้ต้นทุนของชุดทดลอง มีราคาถูกลง นักเรียนสามารถเห็นประภากារณ์ทางประจุได้อย่างชัดเจน และเกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย สำหรับการเรียน การสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต เพื่อนำมาใช้ประกอบการสอนในห้องเรียน ทดสอบที่มีอยู่ในปัจจุบันที่มีราคาสูง โดยสามารถทำขึ้นเอง มีประสิทธิภาพดี และเพื่อให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีเจริญ ศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาที่ต้องการใช้สื่อดังกล่าวประกอบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ หาความรู้ เพื่อพัฒนาสื่อและเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิตของนักเรียนต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อชุดทดลองชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนจากการใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ
- 1.2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- 1.3.1 ความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ และครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อชุดทดลองชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตอยู่ระดับดีมาก
- 1.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- 1.3.3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะอยู่ในระดับดีมาก

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
  - ประชากร
 

ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 ปี 2556

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีเจริญศึกษา ปีการศึกษา 2556 ตำบลหัวตะพาน อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ จำนวน 30 คน
  - กลุ่มตัวอย่าง
 

ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 ปี 2556 จำนวน 30 คน โดยวิธีสุ่มแบบเจาะจง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีเจริญศึกษา ปีการศึกษา 2556 ตำบลหัวตะพาน อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ จำนวน 30 คนโดยการเลือกแบบเจาะจง
- 1.4.2 ตัวแปรที่ศึกษา
  - ตัวแปรต้น คือชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
  - ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียน จากการใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต หรือ เนื้อหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องตลอดจนสามารถเป็นแนวทางในการสอนที่เน้นการสืบเสาะ และกระบวนการ ลงมือปฏิบัติมากขึ้น

## 1.6 นิยามคัพเพิ่เฉพาะ

1.6.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนเป็นรูปแบบหนึ่งของการสืบเสาะหาความรู้ คือการสร้างความสนใจ (Engagement) การสำรวจและค้นหา (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายความรู้ (Elaboration) และการประเมินผล (Evaluation)

1.6.1.1 การสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการกระบวนการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน จุดประสงค์ที่สำคัญของขั้นตอนนี้ คือ ทำให้ผู้เรียนสนใจ โครงการในกิจกรรมที่จะนำเข้าสู่บทเรียน ควรจะเข้มข้นโดยประสบการณ์การเรียนรู้เดิมกับปัจจุบัน และควรเป็นกิจกรรมที่คาดว่ากำลังจะเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนสนใจจดจ่อที่จะศึกษาความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะ และเริ่มคิดเข้มข้นความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะกับประสบการณ์เดิม

1.6.1.2 การสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้เรียน มีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างและพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะ โดยการให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนในการทำกิจกรรมการสำรวจ และค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นผู้เรียนแต่ละคน หลังจากนั้นผู้เรียนแต่ละคนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะในระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมสำรวจและค้นหา เป็นโอกาสที่ผู้เรียนจะได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของผู้เรียนที่ยังไม่ถูกต้องและยังไม่สมบูรณ์ โดยการให้ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เรียน ครูควรระลึกอยู่เสมอเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียนตามประเด็นปัญหา ผลจากการที่ผู้เรียนมีใจจริงในการทำกิจกรรม ผู้เรียนควรจะสามารถเข้มข้นการสังเกต การจำแนกตัวแปร และคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้นได้

1.6.1.3 การอธิบาย (Explanation) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ครูควรให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับทักษะหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ การอธิบายนั้นต้องการให้ผู้เรียนได้ใช้ช้อสรุปร่วมกันในการเข้มข้นสิ่งที่เรียนรู้ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมนี้ครูควรซึ้งผู้เรียนเกี่ยวกับการสรุป และการอธิบายรายละเอียด แต่อย่างไรก็ตามครูควรระลึกอยู่เสมอว่ากิจกรรมเหล่านี้ยังคงเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นั่นคือ ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายด้วยตัวผู้เรียนเอง บทบาทของครูเพียงแต่ชี้แนะผ่านทางกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสอย่างเต็มที่ในการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้ชัดเจน ในที่สุดผู้เรียนควรจะสามารถอธิบายความคิดรวบยอดได้อย่างเข้าใจ โดยเข้มข้นโดยประสบการณ์ ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน

1.6.1.4 การขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและปฏิบัติตามที่ผู้เรียนต้องการ ในกรณีที่ผู้เรียนไม่เข้าใจหรือยังสับสนอยู่

หรืออาจจะเข้าใจเฉพาะข้อสรุปที่ได้จากการปฏิบัติการสำรวจ และค้นหาเท่านั้น ควรให้ประสบการณ์ ใหม่ผู้เรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น เป้าหมาย ที่สำคัญของขั้นนี้ คือ ครูควรชี้แนะให้ผู้เรียนได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนเกิด ความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะเพิ่มขึ้น

1.6.1.5 การประเมินผล (Evaluation) ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับ การอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง ระหว่างการเรียนการสอนในขั้นนี้ของรูปแบบการสอน ครูต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของตนเอง และยัง เปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ความเข้าใจ และพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย

1.6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาพิสิกส์ ขั้นมัยมุนศึกษา ปีที่ 6 เรื่อง ไฟฟ้าสถิตโดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบที่ผู้จัดสร้างขึ้น

1.6.3 ความพึงพอใจทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อความคิด การกระทำการเห็นคุณค่า ประโยชน์ และ การตัดสินใจในการแสวงหาความรู้ที่ปรากฏเป็นพฤติกรรม ซึ่งวัดจาก คะแนนที่นักเรียนตอบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่ผู้จัดสร้างขึ้น

1.6.4 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้หมายถึง ชุดกิจกรรมที่ผู้จัดสร้างขึ้นโดยมีชุดทดลองแวนเดอร์กราฟ อ่าย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

## บทที่ 2

### เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้า สถิต ด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- (1) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551
- (2) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- (3) การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน
- (4) ไฟฟ้าสถิต
- (5) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
- (6) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- (7) การวัดเจตคติ
- (8) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กระทรวงศึกษาธิการ (2551: 3) ได้ระบุหลักการ และจุดหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

##### 2.1.1 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญดังนี้

2.1.1.1 เป็นการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของ ความเป็นควบคู่ความเป็นสากล

2.1.1.2 เป็นการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนจะได้รับการศึกษาอย่างสมำเสมอ ภาค และมีคุณภาพ

2.1.1.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัด การศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพ และความต้องการของท้องถิ่น

2.1.1.4 เป็นหลักสูตรที่มีโครงสร้างยึดหยุ่นทั้งด้านสาระ เวลา และการจัดการการเรียนรู้

2.1.1.5 เป็นหลักสูตรที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.1.1.6 เป็นหลักสูตรที่จัดการศึกษาสำหรับ การศึกษาในระบบ นอกระบบ และตาม อัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

### 2.1.2 จุดมุ่งหมาย

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข และมีความเป็นไทย มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดจุดหมาย เพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

2.1.2.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.1.2.2 มีความรู้อันเป็นสาข และมีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.1.2.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.1.2.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.2.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนา สิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่าง มีความสุข

### 2.1.3 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ ๕ ประการ ดังนี้

2.1.3.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรม ในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยน ข้อมูลข่าวสาร และประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจา ต่อรองเพื่อขัด และลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลัก เหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบ ที่มีต่อตนเองและสังคม

2.1.3.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเอง และสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.1.3.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรค ต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์ และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม สร้างหาความรู้ ประยุกต์ ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบ ที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.3.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการ อยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความ ขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม และสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลักเลี้ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.1.3.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยี ด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเอง และสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

#### 2.1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

2.1.4.1 รักชาติ ศาสนา กษัตริย์

2.1.4.2 ซื่อสัตย์สุจริต

2.1.4.3 มีวินัย

2.1.4.4 ใฝ่เรียนรู้

2.1.4.5 อยู่อย่างพอเพียง

2.1.4.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

2.1.4.7 รักความเป็นไทย

2.1.4.8 มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้อง ตามบริบทและจุดเด่นของตนเอง

#### 2.1.5 มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมอง และพหุปัจจัย หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ ๘ กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

2.1.5.1 ภาษาไทย

2.1.5.2 คณิตศาสตร์

2.1.5.3 วิทยาศาสตร์

2.1.5.4 สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

2.1.5.5 สุขศึกษาและพลศึกษา

2.1.5.6 ศิลปะ

2.1.5.7 การงานอาชีพและเทคโนโลยี

2.1.5.8 ภาษาต่างประเทศ

### 2.2 หลักสูตรกลุ่มการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับ ทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ และ ผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของ ความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการ ค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่ หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็น

สังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge - based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทํากิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

- (1) สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำเนินชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำเนินชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ
- (2) ชีวิตกับสิ่งแวดล้อมสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ
- (3) สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมีและการแยกสาร
- (4) แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน
- (5) พลังงาน พลังงานกับการดำเนินชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวัตถุไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี และปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาเคมีทางชีวภาพ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- (6) กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรรมชาติ สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ
- (7) ตารางธาตุและอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิกิริยาเคมีและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
- (8) ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

## **สาระและมาตรฐานการเรียนรู้**

### **สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำเนินชีวิต**

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตของตนเอง และดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### **สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม**

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

### **สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร**

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงดึงเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลายการเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### **สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่**

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### **สาระที่ 5 พลังงาน**

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำเนินชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

## สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนพิภูโลกและภายนอกโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัมฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

## สาระที่ 7 ตารางศาสตร์และอวากาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ การแลกซึ่และเอกสารการปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวากาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

## สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

### 2.3 เอกสารเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน และประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง และได้ผลในการเรียนการสอนแบบวิทยาศาสตร์ (ชาเรน่า พลสา, 2553)

#### 2.3.1 รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนวิชาวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีแต่ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และตามมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E พิมพ์พัณร์ เดชะคุปต์ (2545) กล่าวว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เป็นวิธีการที่นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกเพื่อสอดคล้องกับการเรียนการสอนในปัจจุบันที่เน้นทักษะความรู้และกระบวนการหาความรู้ด้วยตนเองจากการศึกษาวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ทั้งในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาพบว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นแต่ในระดับประถมศึกษาพบงานที่ใช้วิจัยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E น้อยกว่าระดับมัธยมศึกษา

กระบวนการการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นวิธีหนึ่งที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย และประสบผลสำเร็จ พิมพ์มาดา มงคลแสน (2553) ได้ศึกษาพบว่าักเรียนส่วนใหญ่มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน และครูดีมากการเรียนรู้ส่วนมากจะเกิดขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้สนทนากับเพื่อนและครู ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความชัดเจนในมโนทัศน์มากขึ้นครอบคลุมมากขึ้นโดยการให้โอกาสักเรียนได้เกี่ยวข้องกับปัญหาใหม่เพื่อเสริมความเข้าใจที่ได้

จากการสำรวจนักเรียนได้แลกเปลี่ยนข้อคิดข้อมูลกับเพื่อน เพื่อปรับขยายถ่ายโยงความคิดจนได้เห็นความคิดที่ชัดเจนครอบคลุมสอดคล้องกับผลการศึกษาของยุพา ภูมิภา (2550) พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างประสบการณ์ที่มีความหมายด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติตัวอย่างตนเองได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยแผนแบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมโดยนักเรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะแสวงหาความรู้ใหม่ และสร้างเสริมประสบการณ์ มีความกระตือรือร้นและสนใจเรียนส่งผลต่อคะแนนสัมฤทธิ์ทางการเรียนทำให้คะแนนสูงกว่าเกณฑ์เป้าหมายร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 83.33

สุวัฒน์ นิยมค้า (2551) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ว่าเป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นหาหรือสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ไม่เคยรู้มาก่อนโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เยาวลักษณ์ ชื่นอารมย์ (2549) ได้การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิม โดยนักเรียนมีความรู้และทักษะมากขึ้น และส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกถึงลักษณะของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเจตคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รัชฎา ศิลามัน (2552; อ้างอิงจาก Sun and Trowbridge, 1973) ได้สรุปลักษณะของการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ดังนี้

- (1) เป็นการสอนที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง
- (2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการสร้างมโนมติโดยตัวผู้เรียน
- (3) ระดับความคาดหวังของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น หลังจากที่ได้ประสบผลสำเร็จในการเสาะหาความรู้ในระดับหนึ่ง
- (4) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการพัฒนาความสามารถด้านต่าง ๆ ของนักเรียน เช่น ความสามารถทางวิชาการทางสังคม ความคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ซึ่งต้องอาศัยความเป็นอิสระ และให้นักเรียนมีโอกาสคิด
- (5) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E จะหลีกเลี่ยงการเรียนรู้ระดับวิชา หรือการบรรยายแต่เน้นการทดลองเพื่อให้นักเรียนค้นพบตัวเอง
- (6) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E จะกำหนดเวลาสำหรับการเรียน

จากการศึกษาสรุปได้ว่าการสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมนักเรียนให้สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปได้รับใหม่กับความรู้ที่มีอยู่เดิมได้ ทำให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ พัฒนาความคิดโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### 2.3.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอน ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

(1) **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสนใจ หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้สึกเดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถา กำหนดประเด็นที่ศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาสืบต่อ ๆ หรืออาจกระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อนแต่ไม่ควรบังคับนักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถานที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่ครูจะใช้ในการศึกษาเมื่อคำถานที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นอาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยนำไปสู่ความเข้าใจเรื่อง หรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

(2) **ขั้นสำรวจและค้นหาความรู้ (Exploration)** เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถานที่น่าสนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้ และมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

(3) **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เมื่อได้ข้อมูลที่เพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือวารูป สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

(4) **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ หรือเหตุผลอื่น ๆ ใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

(5) **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง และมีกันน้อยเพียงใดจากขั้นนี้จะนำสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

## 2.4 ไฟฟ้าสถิต

ไฟฟ้าสถิต (Electrostatics) เป็นแขนงวิชาไฟฟ้าที่กล่าวถึงวิชาไฟฟ้าที่ปรากฏอยู่นิ่งกับที่ เป็นที่ทราบกันมาแต่สมัยโบราณแล้ว คือ เมื่อนำแห่งอิฐพัลมามถูกบ้าไฟ หรือถูกบ้าสักหลาดแล้วแห่งอิฐพัลสามารถดูดของเบา ๆ ได้ เช่น ชนนก ชิ้นกระดาษ ๆ เป็นต้น ความจริงนี้ รีโอเฟรตัส (Theophratus) ทาลีส (Thales) ไพลนี (Pliny) เป็นผู้ได้ทดลองพบมาแล้ว แต่ไม่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าให้กว้างขวางออกไป

ต่อมา ดร.กิลเบิร์ต (Dr.Gilbert) เป็นคนแรกที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ให้กว้างขวางออกไป และพบร่วมวัตถุอีกมากชนิด ที่เมื่อนำมาถูกันแล้ว ให้ผลเช่นเดียวกัน กิลเบิร์ต เรียก باسمว่าที่ได้จากการขัดสีวัตถุต่างๆ ว่า "electricity" โดยมาจากคำว่า electron ที่ชาวกรีกเรียกคำพันนั่นเอง ซึ่งคำ electricity นี้ใช้กันมาจนถึงปัจจุบัน

การที่วัตถุสองชนิดที่นำมาถูกันแล้ว เกิดมีอำนาจดูดของเบา ๆ ได้นั้น เรียกว่า วัตถุทั้งสองต่าง เกิดมีประจุไฟฟ้า (charge) ขึ้น การกระทำที่ทำให้วัตถุเกิดมีสถานะไฟฟ้าขึ้น เรียกว่า การชาร์จ (charge) วัตถุ หรือ electrify วัตถุ เมื่อวัตถุนั้น หมดอำนาจไฟฟ้าแล้ว เรียกว่า วัตถุนั้นเป็นกลาง (neutral)

#### 2.4.1 การทำให้เกิดประจุไฟฟ้าโดยการขัดสี

เมื่อนำวัตถุต่างชนิดกันที่เหมาะสมมาขัดสีกัน วัตถุทั้งสอง ต่างเกิดประจุไฟฟ้าบนผิวของ วัตถุ และวัตถุทั้งสอง ต่างแสดงอำนาจไฟฟ้าดูดของเบา ๆ ได้ ในวันที่มีอากาศแห้ง ๆ ทดลองถูหัว พลาสติก ด้วยผ้าแพรอย่างแรงหนัก ๆ ครั้ง แล้วนำหัวนั้นไปล่อใกล้ชั้นกระดาษเล็ก ๆ จะพบว่าหัว ดูดชั้นกระดาษได้ แสดงให้เห็นชัดว่าขณะนี้หัว มีประจุไฟฟ้าขึ้น และแสดงอำนาจไฟฟ้าอ่อนมาได้ จากผลการทดลอง เราทราบว่า ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนหัวและบนแพรเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน สำหรับวัตถุต่างชนิดคู่อื่น ๆ ที่เหมาะสม ให้ผลเช่นเดียวกัน

#### 2.4.2 ชนิดของประจุไฟฟ้า แรงกระทำที่เกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้า

ทดลองนำผ้าแพร ถูกับแก้วผิวเกลี้ยงสองแผ่น แล้วนำเท่งแก้วทั้งสองขึ้นแขวนไว้ ใกล้ ๆ กัน จะปรากฏว่าแท่งแก้วทั้งสองเบนเนื่องจากกัน แสดงว่าเกิดมีแรงผลักระหว่างแท่งแก้วทั้งสอง นำเท่งแก้วผิวเกลี้ยงชนิดเดียวกันอีกคู่หนึ่งถูด้วยขนสัตว์ แล้ว

นำขึ้นแขวนเข่นเดียวกัน จะปรากฏว่าแท่งแก้วคู่นี้ผลักกัน และเบนห่างจากกันแต่ถ้านำ แท่งแก้วที่ถูด้วยผ้าแพร จากคู่แรกมาหนึ่งแท่ง แขวนคู่กับอีกหนึ่งแท่งจากคู่หางที่ถูด้วยขนสัตว์แล้ว จะปรากฏว่าแท่งแก้วทั้งสองเบนเข้าหากัน แสดงว่าแท่งแก้วคู่นี้ดูดกัน เมื่อทำการทดลองซ้ำหลาย ครั้งก็จะปรากฏผลเช่นเดียวกัน

จากการทดลองแสดงว่า ประจุไฟฟ้าที่เกิดบนแท่งแก้วคู่แรกต้องเป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน เพราะต่างถูด้วยแพรด้วยกัน และประจุไฟฟ้าที่เกิดบนแท่งแก้วคู่หางที่เป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน เพราะต่างถูด้วยขนสัตว์เข่นเดียวกัน โดยที่แท่งแก้วคู่แรกผลักกันและแท่งแก้วคู่หางผลักกัน แต่แท่งแก้วจากคู่แรกและจากคู่หางดูดกันย่อมแสดงว่า ประจุไฟฟ้าบนแท่งแก้วคู่แรกและคู่หางต้อง เป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน แม้ว่าจะทดลองใช้วัตถุคู่อื่น ๆ ที่เหมาะสม ก็จะให้ผลทำงานเดียวกัน จึงสรุปผลได้ว่า ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการขัดสีมีต่างกันอยู่สองชนิดเท่านั้นจึงได้กำหนดชนิดประจุไฟฟ้า โดยเรียกประจุไฟฟ้าชนิดหนึ่งว่า ประจุไฟฟ้าบวก (positive charge) และเรียกประจุไฟฟ้า อีกชนิดหนึ่งว่า ประจุไฟฟ้าลบ (negative charge) ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันย่อมผลักกัน แต่ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันย่อมดูดกัน

(1) ประจุไฟฟ้าบวก คือ ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นแท่งแก้วผิวเกลี้ยง ภายหลังที่นำมาถูด้วยผ้า แพร

(2) ประจุไฟฟ้าลบ คือ ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนแท่งอีโบไนต์ (ebonite) ภายหลังที่นำมา ถูด้วยขนสัตว์ หรือสักหลาด



### 2.4.3 วัตถุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต

ผลที่ปรากฏจากการนำวัตถุต่างชนิดที่เป็นคู่ที่เหมาะสมมาทำการถูกัน แล้วเกิดประจุไฟฟ้านิ่งของวัตถุแต่ละคู่นั้น กล่าวคือ เกิดไฟฟ้าสถิตบนผิวของวัตถุ และประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนผิวของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ จะเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันเสมอ ซึ่งได้มีการทำบัญชีของวัตถุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตโดยการขัดสีไว้ โดยจัดเรียงตามลำดับของการขัดสีไว้ (frictional order) ดังนี้

- (1) ขนสัตว์
- (2) ขนแกะหรือสักหลาด
- (3) ไม้
- (4) เชลแลค (shellac)
- (5) ยางสน
- (6) คริสตัล
- (7) แก้วผิวเคลือย
- (8) ผ้าฝ้าย หรือสำลี
- (9) กระดาษ
- (10) ผ้าแพร
- (11) แก้วผิวrukhruek
- (12) ผิวหนัง
- (13) โลหะต่าง ๆ
- (14) ยางอินเดีย (India rubber)
- (15) กำมะถัน
- (16) กระดาษ
- (17) อีโบโนïte (ebonite)
- (18) ยาง Gutta-perchta
- (19) ผ้าแพร Amalgamated
- (20) เชลลูโลイด์ (Celluloid)

เมื่อนำวัตถุคู่ใดคู่หนึ่งดับประกายในบัญชีมาถูกัน วัตถุที่มีเลขลำดับน้อยกว่า จะประกายมีประจุไฟฟ้าบวก ส่วนวัตถุที่มีเลขลำดับมากกว่าจะประกายมีประจุไฟฟ้าลบ เช่น นำขนสัตว์หมายเลข 1 ถูกับแก้วผิวเคลือยหมายเลข 7 และ ประกายว่า ผ้าขนสัตว์จะประกายมีประจุไฟฟ้าบวก บนผิวส่วนบนผิวแก้วจะประกายประจุไฟฟ้าลบ แต่ถ้านำแก้วผิวเคลือยหมายเลข 7 ไปถูกับผ้าแพรหมายเลข 10 และ บนผิวแก้วจะประกายประจุไฟฟ้าบวก ส่วนผ้าแพรจะประกายมีประจุไฟฟ้าลบ

### 2.4.4 ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) และฉนวนไฟฟ้า (Insulator)

ตารางที่ 2.1 ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

ตัวนำไฟฟ้า (เรียงลำดับจากตัวนำไฟฟ้า ที่สุดลงไป)	พากกึงตัวนำไฟฟ้า กึ่งฉนวนไฟฟ้า (เรียงลำดับจากความเป็น ตัวนำไฟฟ้ามากไปหาน้อย)	ฉนวนไฟฟ้า (เรียงลำดับไปทางฉนวนไฟฟ้า ที่สุด)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เงิน</li> <li>2. ทองแดง</li> <li>3. ทองคำ</li> <li>4. อะลูมิเนียม</li> <li>5. สังกะสี</li> <li>6. ปลาตินัม</li> <li>7. เหล็ก</li> <li>8. ปรอท</li> <li>9. แท่งถ่าน</li> <li>10. สารละลายของกรด ด่างและเกลือ</li> <li>11. น้ำธรรมชาติ</li> <li>12. ร่างกาย</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. ผ้าลินิน</li> <li>14. ผ้าฝ้ายหรือสำลี</li> <li>15. ไม้</li> <li>16. หินอ่อน</li> <li>17. กระดาษ</li> <li>18. งาช้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>19. น้ำบริสุทธิ์</li> <li>20. น้ำมันต่าง ๆ</li> <li>21. กระเบื้องเคลือบ</li> <li>22. ขนสัตว์</li> <li>23. ไหม</li> <li>24. กำมะถัน</li> <li>25. ยาง Gutta-perchta</li> <li>26. เชลแลค</li> <li>27. คริสตัล</li> <li>28. อีโบโนïte</li> <li>29. เทียนไข</li> <li>30. แก้ว</li> <li>31. อากาศแห้ง ๆ</li> <li>32. พุส ควอร์ตซ์</li> </ol>

ตัวนำไฟฟ้า คือ วัตถุที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปได้โดยสะดวก เช่น โลหะต่าง ๆ สารละลายของกรด เปส และเกลือ เป็นต้น

ฉนวนไฟฟ้า คือ วัตถุที่ไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปโดยสะดวก หรือไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านไป เช่น กระเบื้องเคลื่อน ยางอิโบโนต์ เป็นต้น

#### 2.4.5 ทฤษฎีไฟฟ้า

ทฤษฎีไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีอิเล็กตรอน (Electron theory)

ทฤษฎีอิเล็กตรอน ทฤษฎีนี้เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของอะตอม กล่าวคือ วัตถุทุกชนิดย่อมประกอบด้วยอะตอม (atom) เป็นจำนวนมากมาย และแต่ละอะตอมจะประกอบด้วยอนุภาคมูลฐาน หลายชนิด เช่น อิเล็กตรอน (electron) โปรตอน (proton) นิวตรอน (neutron) เป็นต้น เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอะตอม

โดยปกติอะตอมของธาตุย่อมเป็นกลาง (neutron) เสมอ คือไม่แสดงอำนาจไฟฟ้า ทั้งนี้ เพราะว่าโดยภาวะปกติโปรตอนที่นิวเคลียสของอะตอมย่อมมีจำนวนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน ที่เคลื่อนที่เป็นวงโคจรรอบนิวเคลียสเสมอ และโปรตอนมีปริมาณไฟฟ้าเท่ากับอิเล็กตรอน และเป็นชนิดตรงกันข้ามจึงเป็นสาเหตุให้อะตอมของธาตุ ดำรงสภาพเป็นกลางอยู่ได้และไม่แสดงอำนาจไฟฟ้า ยกมา การอธิบายปรากฏการณ์ทางไฟฟ้า จะอธิบายโดยใช้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นหลัก เนื่องจากโปรตอนหลุดออกจากนิวเคลียสได้ยากมาก ส่วนอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่หลุดออกจากนิวเคลียสได้ง่ายกว่า กล่าวคือ เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่หลุดออกจากอะตอมใดที่เป็นกลางเข้าไปสู่อะตอมอื่นที่เป็นกลางแล้ว อะตอมซึ่งสูญเสียอิเล็กตรอนไป ก็จะแสดงอำนาจไฟฟ้าบวก คือ ปรากฏเป็นประจุไฟฟ้าบวกขึ้นทันทีซึ่งเป็นอำนาจไฟฟ้าของโปรตอนที่นิวเคลียสของอะตอม ส่วนอะตอมอื่นที่เป็นกลางเมื่อได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นก็จะแสดงอำนาจไฟฟ้าลบ คือปรากฏเป็นประจุไฟฟ้าลบขึ้นทันที ซึ่งเป็นอำนาจไฟฟ้าของอิเล็กตรอนที่ได้รับเพิ่มมานั่นเอง

สำหรับการนำแห่งแก้วผิวเคลือบถูกับผ้าแพร แห่งแก้วเกิดมีประจุไฟฟ้าบวก ส่วนผ้าแพรเกิดประจุไฟฟ้าลบนั้น อธิบายด้วยทฤษฎีอิเล็กตรอนได้ คือ เมื่อก่อนถูกัน ทั้งแห่งแก้ว และผ้าแพร ต่างเป็นกลาง คือ ต่างมีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน เมื่อนำมาถูกันแล้วจะเป็นผลให้ อิเล็กตรอนตามผิวของแห่งแก้วเคลื่อนที่จากแห่งแก้วเข้าผ้าแพร ดังนั้น จำนวนโปรตอนที่มีในแห่งแก้ว จึงมีปรากฏมีประจุไฟฟ้าบวก ส่วนผ้าแพร ได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นมาจากการแห่งแก้ว จะนั้นจำนวน อิเล็กตรอนที่มีในผ้าแพรขณะนั้น มีจำนวนมากกว่าโปรตอน ผ้าแพรจึงแสดงอำนาจไฟฟ้าลบซึ่งเป็นอำนาจไฟฟ้าของอิเล็กตรอน ผ้าแพรจึงปรากฏมีประจุไฟฟ้าลบ

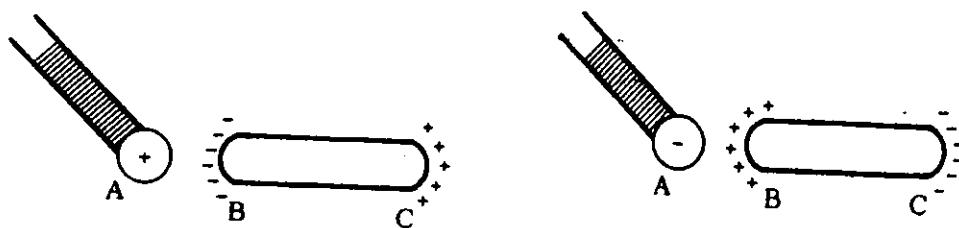
ตามทฤษฎีนี้จะเห็นได้ว่า ประจุไฟฟ้าที่มีปรากฏขึ้นบนวัตถุใด ๆ เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ถ่ายเทอิเล็กตรอนนั่นเอง

#### 2.4.6 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Electrical induction)

วัตถุใด ๆ ก็ตาม เมื่อปรากฏมีประจุไฟฟ้าขึ้นแล้ว ประจุไฟฟ้าที่มีปรากฏอยู่นั้นจะส่งอำนาจไฟฟ้าออกไปเป็นบริเวณโดยรอบ เรียกว่า “สนามไฟฟ้า” ถ้านำวัตถุอื่นซึ่งเป็นกลางเข้ามาในสนามไฟฟ้านี้ วัตถุที่นำเข้ามานั้นจะแสดงอำนาจไฟฟ้าได้ และจะปรากฏมีประจุไฟฟ้าบวกและลบเกิดขึ้นพร้อมกับนิวเคลียสของวัตถุนั้น การที่วัตถุซึ่งมีประจุไฟฟ้าส่งอำนาจไฟฟ้าออกไป เป็นผลให้วัตถุอื่นที่เป็นกลางเกิดมีประจุไฟฟ้าขึ้นบนผิวของวัตถุได้เช่นนี้ เราเรียกว่า การเหนี่ยวนำไฟฟ้าและเรียก

ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยวิธีการเช่นนี้ว่า ประจุไฟฟ้าเนียวนำ (induced charge) ซึ่งจะเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งชนิดบวกและชนิดลบ จะมีจำนวนเท่ากัน ประจุไฟฟ้าเนียวนำที่เกิดทางด้านใกล้กับประจุไฟฟ้าที่นำมาล่อ จะเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันกับประจุไฟฟ้าที่นำมาล่อเสมอวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะเนียวนำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดอำนาจไฟฟ้าได้ เมื่อนำมาใกล้กัน

A มีประจุไฟฟ้าบวกนำมาใกล้ BC ซึ่งเป็นกลาง อิเล็กตรอนในวัตถุ BC จะมาอหทีปลาย B เนื่องจากถูก A ดูด ปลาย B จึงเป็นประจุลบ ปลาย C เกิดประจุบวก เหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นคราว ถ้าเรา A ออก อิเล็กตรอนที่ B จะเคลื่อนที่กลับสู่ที่เดิม BC จึงเป็นกลางเหมือนเดิม



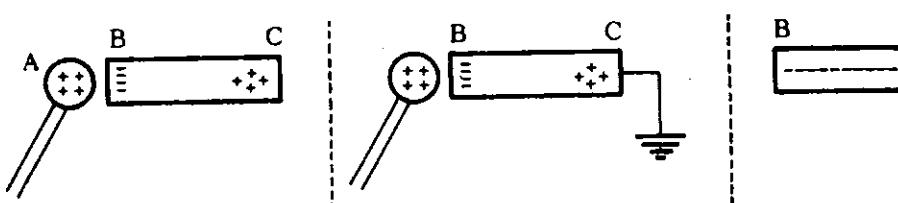
ภาพที่ 2.1 วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะเนียวนำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดอำนาจไฟฟ้าได้เมื่อนำมาใกล้กัน

A มีประจุไฟฟ้าลบอิเล็กตรอนทางด้าน B ถูกผลักให้เคลื่อนย้ายไปอยู่ทางด้าน C ทำให้ด้าน B เกิดประจุบวก และ C เกิดประจุลบ แต่ประจุนี้ไม่อิสระ เพราะเมื่อเรา A ออกไป BC จะเป็นกลางเหมือนเดิม

จะเห็นว่า การเนียวนำจะเกิดประจุชนิดตรงข้าม ที่ปลายซึ่งอยู่ใกล้กับประจุที่นำมาล่อเสมอ จึงทำให้เกิดแรงดึงดูดวัตถุที่เป็นกลางอย่างเดียวเท่านั้น ไม่มีการผลัก

การทำให้เกิดประจุอิสระบนตัวนำด้วยการเนียวนำ (BOUND CHARGE)

- (1) การทำวิธีนี้วัตถุที่ได้รับการเนียวนำจะมีประจุตรงข้ามกับวัตถุที่นำมาเนียวนำ
- (2) วัตถุที่เนียวนำ จะไม่สูญเสียประจุ



ภาพที่ 2.2 การทำให้เกิดประจุอิสระบนตัวนำด้วยการเนียวนำ (BOUND CHARGE)

(1) ถ้า A เป็นประจุบวก ถูกนำไปใกล้วัตถุตัวนำ BC ซึ่งเป็นกลาง อิเล็กตรอนจะมาที่ปลาย B (ดังรูป) ทำให้ปลาย C เป็นประจุบวก

เจานี้ว่าแต่ที่ปลาย C ทำให้ส่วนเหลือๆออก (ขณะที่ A ยังเหนียวอยู่) ต่อมาเรา A ออกประจุลบกระจายออกทั่ว BC ทำให้ตัวนำ BC เป็นลบ ซึ่งเรียกว่า BOUND CHARGE

- (2) ในทำนองเดียวกัน ถ้าปลาย A เป็นประจุลบ ย่อมทำให้ BC เป็นบวก

\*\* ให้สังเกตว่า อิเล็กตรอนเป็นตัวเคลื่อนที่เสมอ ดังนั้นเวลาที่เราอ่านว่าแต่หรือต่อลงติน อิเล็กตรอนจากปลาย C จะลงตินหรือออกจากตินขึ้นมา ทำให้ปลาย C เป็นกลาง

#### 2.4.7 วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าตู้ดวัตถุที่เป็นกลางได้อย่างไร

เมื่อนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเข้าใกล้ที่เป็นกลางจะประกฎมีการดูดกันขึ้น เช่น นำแท่งแก้วที่ถูกด้วยผ้าแพรแล้วเข้าไปใกล้ชิ้นกระดาษเล็ก ๆ จะเห็นแท่งแก้วดูดชิ้นกระดาษเข้าไปทางแท่งแก้วเป็นต้น หรือโดยได้ว่าการกระทำเช่นนี้ ก่อนให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นก่อน เพราะวัตถุที่เป็นกลางนั้น อยู่ในสนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้านั้น ตามผิวด้านใกล้ลักษณะที่เป็นกลาง จึงเกิดมีประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นชนิดตรงกันข้ามกับชนิดประจุไฟฟ้าที่นำมาล่อ จึงเป็นเหตุให้เกิดการดูดกันขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้าที่ต่างชนิดกัน

#### 2.4.8 การทำให้วัตถุตัวนำเกิดประจุไฟฟ้าอิสระทำได้ 3 วิธีคือ

2.4.8.1 การนำวัตถุอื่นมาถูดตัวนำ เมื่อประสีจะให้ตัวนำเกิดมีประจุไฟฟ้าอิสระชนิดได้ให้นำวัตถุตัวนำอื่นที่เหมาะสมดังแสดงไว้ในบัญชีของหัวข้อที่ 12.4 มาทำการถู ก็จะได้ประจุไฟฟ้าอิสระเกิดขึ้นบนตัวนำนั้น ๆ ตามต้องการ แต่พึงระวังว่า ตัวนำที่เราต้องการจะให้เกิดประจุอิสระนั้น ต้องมีด้ามจับเป็นจำนวนมากไฟฟ้า หรือหุ้มปลายข้างหนึ่งด้วยฉนวนไฟฟ้า หรือวางอยู่บนฉนวนไฟฟ้า

2.4.8.2 การสัมผัส โดยการนำวัตถุตัวนำอื่นที่มีประจุไฟฟ้าอิสระอยู่แล้วมาสัมผัสกับตัวนำที่เราต้องการจะให้เกิดมีประจุไฟฟ้าอิสระ การกระทำเช่นนี้จะเกิดการถ่ายเทประจุไฟฟาระหว่างตัวนำทั้งสอง และในที่สุดตัวนำทั้งสองต่างจะมีประจุไฟฟ้าอิสระ และต่างจะมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน ซึ่งตามทฤษฎีอิเล็กตรอนแล้ว การถ่ายเทประจุไฟฟ้าให้กันนั้น เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนั่นเอง ซึ่งในการทำให้เกิดประจุไฟฟ้าอิสระด้วยการสัมผัสนั้น อาจสรุปได้ว่า

1) ประจุไฟฟ้าอิสระที่ตัวนำได้รับ จะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกับชนิดของประจุไฟฟ้านั้นที่นำมาสัมผัสเสมอไป

2) เมื่อสัมผัสกันแล้ว ตัวนำทั้งสองต่างจะมีศักดิ์ไฟฟ้าเท่ากัน

3) ประจุไฟฟ้าอิสระที่ตัวนำทั้งสองมี ภายหลังสัมผัสกันแล้วนั้น จะมีจำนวนเท่ากัน หรืออาจไม่มีเท่ากันก็ได้ ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความจุไฟฟ้าของตัวนำทั้งสอง

4) ประจุไฟฟาร่วมทั้งหมดบนตัวนำทั้งสองภายหลังที่สัมผัสแล้ว จะมีจำนวนเท่ากับประจุไฟฟ้าทั้งหมดก่อนสัมผัสกัน

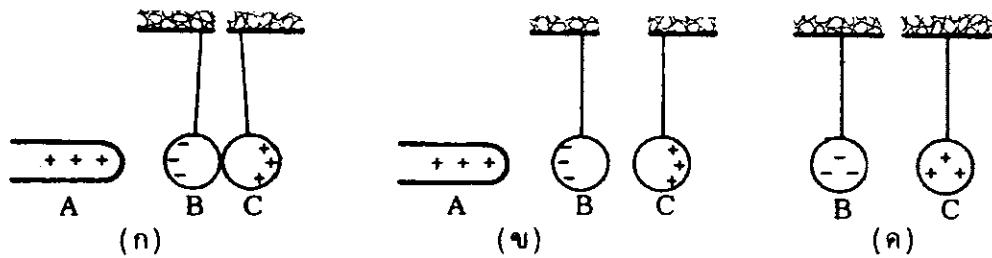
2.4.8.3 การเหนี่ยวนำทำได้โดยนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าอิสระ ด้วยการเหนี่ยวนำนั้น สรุปได้ว่า

1) ประจุไฟฟ้าอิสระที่ตัวนำได้รับ จะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดตรงกันข้ามกับชนิดของประจุไฟฟ้านั้นที่ใช้เหนี่ยวนำ

2) วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวนำไม่สูญเสียประจุไฟฟ้าเลย

ข้อสังเกต ในขณะที่เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าอยู่นั้น วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าบางอาจมีศักย์ไฟฟ้าลบหรือศักย์ไฟฟ้าศูนย์ และวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าลบ อาจมีศักย์ไฟฟ้าบวก หรือศักย์ไฟฟ้าศูนย์ก็ได้

สำหรับการทำให้เกิดประจุไฟฟ้า อิสระชนิดเดียวกันกับวัตถุที่ใช้เหนี่ยวนำ ก็ย่อมกระทำได้โดยการตัดแปลงวิธีการดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.1



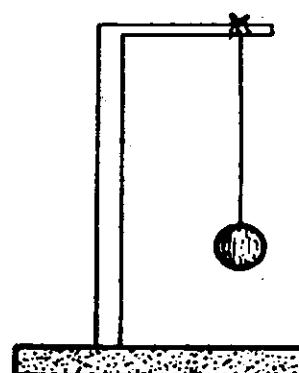
ภาพที่ 2.3 การทำให้เกิดประจุไฟฟ้า อิสระชนิดเดียวกันกับวัตถุที่ใช้เห็นี่ยวนำ

สมมติ วัตถุ A มีประจุไฟฟ้าบวกอิสระซึ่งเราใช้เป็นตัวเห็นี่ยวนำ นำวัตถุตัวนำ B และ C สองขึ้นต่างวางลงบนจนวนไฟฟ้า หรือห้อยแขวนจากจนวนไฟฟ้า ให้ผิวของตัวนำหั้งสองสามผิวสักกัน ในการทำเช่นนี้ ตัวนำโดยได้ให้ B อยู่ใกล้ A มากกว่า C (ดังรูป ก.) ประจุไฟฟ้าบวกบนผิวของ A จะทำการเห็นี่ยวนำ B และ C เป็นผลให้เกิดประจุไฟฟ้าเห็นี่ยวนำแบบขึ้นบนผิวของ B ทางด้านใกล้สุด กับ A และเกิดประจุไฟฟ้าเห็นี่ยวนำบนผิว C ด้านใกล้สุดจาก A เลื่อน B และ C ให้แยกออกจากกัน (ดังรูป ข.) แล้วยก A ออกไป (ดังรูป ค.) ก็จะได้ประจุไฟฟ้าอิสระบนผิwtัวนำ B และได้ประจุไฟฟ้าอิสระบนตัวนำ C จะเห็นว่าเป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันกับประจุไฟฟ้าบนตัวนำ A ที่ใช้เห็นี่ยวนำ

#### 2.4.9 อิเล็กโตรสโคป (Electroscope)

อิเล็กโตรสโคป เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจไฟฟ้าสถิต ที่ควรทราบในชั้นนี้มี 2 ชนิด คือ

2.4.9.1 อิเล็กโตรสโคปแบบพิธบล (Pith electroscope) อิเล็กโตรสโคปแบบนี้ เป็นอิเล็กโตรสโคปแบบง่ายที่สุด ประกอบด้วยลูกกลมเล็กที่ทำด้วยไส้เมี๊ยบ หรือไส้หัญญากล่องซึ่งมีน้ำหนักเบามาก ตัวลูกกลมแขวนด้วยเชือกด้าย หรือไหมเส้นเล็ก ๆ จากปลายเสาที่ตั้งบนแท่นจนวนไฟฟ้า ดังภาพที่ 2.4



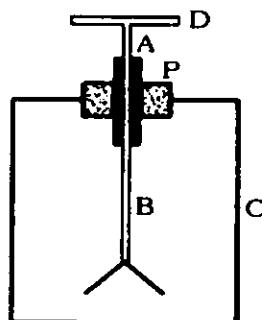
ภาพที่ 2.4 อิเล็กโตรสโคปแบบพิธบล (Pith electroscope)

- เมื่อต้องการตรวจวัตถุใดมีประจุไฟฟ้าหรือไม่ ก็ปฏิบัติตามนี้ ใช้นิวเคลียกลุกกลมให้หัว แนะนำว่า ลูกกลมเป็นกลางจริง ๆ จากนั้นนำวัตถุที่ต้องการตรวจว่ามีประจุไฟฟ้าหรือไม่เข้ามา

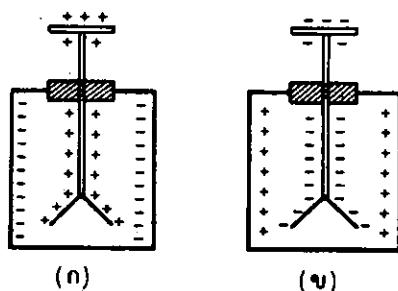
ใกล้ ๆ ลูกกลมนั้น หากปราศจากว่าลูกกลมเคลื่อนที่โดยถูกดูดเข้าหาวัตถุนั้นและเมื่อลูกกลมถูกดูดเข้าจนสัมผัสกับผิวตัวถุนนั้นแล้ว ลูกกลมจะเคลื่อนที่ติดหนึ่งกันห่างจากตัวถุนนั้น ซึ่งเมื่อลูกกลมติดห่างกันแล้ว จะนำวัตถุนั้นมาล่อใกล้เพียงใดลูกกลมจะเคลื่อนหนีห่างโดยตลอด เมื่อปราศจากเช่นนี้ ก็แสดงว่า วัตถุที่นำมาทดลองนั้นมีประจุไฟฟ้าถ้าปราศจากว่า เมื่อนำวัตถุที่ต้องการตรวจสอบเข้าใกล้ลูกกลมนั้นแล้วลูกกลมไม่เคลื่อนที่เลย ก็แสดงว่าวัตถุนั้นเป็นกลางไม่มีประจุไฟฟ้า

2) เมื่อต้องการใช้อิเล็กโตรสโคปนี้ตรวจนิประจุให้ปฏิบัติตามนี้ ขั้นแรก ทำการให้ประจุไฟฟ้าที่ทราบนิประจุแล้วแก่ ลูกกลมเสียก่อน ขั้นต่อไปจึงนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งต้องการตรวจนิประจุนั้นมา ใกล้ลูกกลม หากปราศจากว่า เกิดแรงผลักโดยลูกกลมเคลื่อนที่หนีห่างวัตถุ ก็แสดงว่าประจุไฟฟ้านวัตถุนั้นเป็นชนิดเดียวกันกับประจุไฟฟ้านลูกกลม แต่ถ้าปราศจากว่าเกิดแรงดูด คือลูกกลมเคลื่อนที่เข้าหาวัตถุนั้น ก็แสดงว่าประจุไฟฟ้านวัตถุนั้นเป็นประจุต่างชนิดกันกับประจุไฟฟ้านลูกกลม เมื่อทราบทราบนิประจุไฟฟ้านลูกกลมอยู่แล้ว จึงสามารถบอกได้ว่าประจุไฟฟ้านวัตถุนั้นเป็นชนิดใด

2.4.9.2 อิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นทองคำเปลว (Gold leaf electroscope) อิเล็กโตรสโคปแบบนี้ประกอบด้วยแผ่นทองคำเปลว หรือแผ่นอะลูминียมบาง ๆ ส่องแผ่น ติดห้อยประยุกต์กันที่ปลายแท่งโลหะ AB ปลายบนของแท่งโลหะนี้เชื่อมติดกับจานโลหะ D ตัวแท่งโลหะสองตัวนี้ติดแน่นอยู่ในฉนวนไฟฟ้าท่อนหนึ่ง (ระบายน้ำในรูป) ซึ่งอาจเป็นแท่งอิบิโนต์ก็ได้ ตัวท่อนฉนวนเสียบแน่นติดอยู่กับปลั๊กยาง P ซึ่งสองแบบสนิทกับฝาบนของกล่องโลหะ C ด้านหน้าและด้านหลังของกล่องโลหะจะตัดออก และกรุไว้ด้วยแผ่นกระดาษ เพื่อให้มองเห็นแผ่นทองคำเปลวได้สะดวก



ภาพที่ 2.5 อิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นทองคำเปลว (Gold leaf electroscope)



ภาพที่ 2.6 อิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นทองคำเปลว เมื่อกำให้มีประจุไฟฟ้า

เนื่องจากตัวกล่องเป็นโลหะ และวางอยู่บนพื้น กีฬาถูกเออร์ทอยู่ตลอดเวลา ศักย์ไฟฟ้าของตัวกล่องโลหะจึงเป็นศูนย์เท่ากับ ศักย์ไฟฟ้าของโลกอยู่เสมอ แผ่นทองคำเปลวทั้งสอง จะงานออกจากกันได้ เพราะเกิดความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทองคำกับกล่องโลหะ เมื่อนำอิเล็กโตรสโคป ตั้งบนพื้นโต๊ะ ตัวกล่องโลหะถูกเออร์ทอยู่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เท่ากับศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เท่ากับ ศักย์ไฟฟ้าของโลกอยู่ตลอดเวลา เมื่อให้ประจุไฟฟ้าแก่จานโลหะแผ่นทองคำเปลวทั้งสอง และทั้งสาม สิ่งนี้จะมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันโดยตลอด

ขณะนี้จะเกิดความต่างศักย์ไฟฟาระหว่างแผ่นทองคำเปลว กับกระปองโลหะทันที แผ่น ทองคำเปลวจะงานออกจากกัน (ดังรูป ก.) ส่วนรูป ข. แสดงการให้ประจุไฟฟ้าลบอิสระแก่จานโลหะ ดังนั้นแผ่นทองคำเปลวจึงปรากฏมีประจุไฟฟ้าลบ จึงย้อมมีศักย์ไฟฟ้าลบ ส่วนผิวในของกล่องโลหะ มีประจุไฟฟ้าเหลี่ยวนำชนิดบวก แต่ศักย์ไฟฟ้าศูนย์ จงเกิดความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทองคำกับกล่อง โลหะ แผ่นทองคำจึงอ้าออก

ถ้าภาชนะที่ใส่เป็นขวดแก้ว แผ่นทองคำเปลว ก็การออกได้ เมื่อมีประจุไฟฟ้ามากที่จานบน เพราะแผ่นทองคำเปลวทั้งสองมีประจุตรงกัน จึงผลักกันทำให้การออก

#### 2.4.10 การนำอิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นทองคำเปลวไปใช้ประโยชน์

ในการศึกษาไฟฟ้าสถิตเบื้องต้น เรานำอิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นทองคำเปลวไปใช้ ประโยชน์แสดงความจริงทางไฟฟ้าสถิตได้มากหลายประการ ที่สมควรทราบในชั้นนี้ คือ ใช้เพื่อ ประโยชน์ดังนี้

##### 2.4.10.1 ตรวจว่าวัตถุมีประจุไฟฟ้าหรือไม่

##### 2.4.10.2 ตรวจชนิดของประจุไฟฟ้า

##### 2.4.10.3 ตรวจว่าวัตถุหนึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าหรืออนุวไฟฟ้า

โดยทั้ง 3 ประการที่กล่าวถึงจะปฏิบัติดังนี้

(1) ตรวจว่าวัตถุมีประจุไฟฟ้าหรือไม่ ทำได้โดยวางอิเล็กโตรสโคปลงบนพื้นโต๊ะ เพื่อให้ กล่องโลหะถูกเอียง ใช้นิ้วแตะจานโลหะเพื่อให้จานโลหะ ก้านโลหะและแผ่นทองคำเปลวเป็นกลางจริง ๆ ในกรณีแผ่นทองจะหุบจากนิ้นนำวัตถุที่จะตรวจเข้ามาล่อใกล้ ๆ จานโลหะ ถ้าปรากฏแผ่นทองคำหุบ อยู่อย่างเดิม แสดงว่าวัตถุที่นำมาทดลองนั้นเป็นกลางไม่มีประจุไฟฟ้า แต่ถ้าปรากฏว่าแผ่นทองคำ อ้าออก ก็แสดงว่า วัตถุนั้นมีประจุไฟฟ้า

(2) ตรวจชนิดของประจุไฟฟ้า ทำได้โดยการให้ประจุอิสระที่ทราบชนิดแล้วแก่จานโลหะ ของอิเล็กโตรสโคปเสียก่อน แผ่นทองคำย่อมจะการออก จากนี้จึงนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแล้วเข้ามาล่อ ใกล้จานโลหะ

(2.1) ถ้าปรากฏว่าแผ่นทองคำออกมากขึ้น แสดงว่าประจุไฟฟ้าบนวัตถุนั้น เป็น ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันกับประจุไฟฟ้าที่มีอยู่บนจานโลหะของอิเล็กโตรสโคป ในกรณีนี้ ถ้ายิ่งเลื่อน วัตถุเข้าใกล้จานโลหะเข้าไปอีก แผ่นทองจะการออกมากขึ้นอีก

(2.2) ถ้าปรากฏว่าแผ่นทองกลับการน้อยลงคือเกือบหุบ แสดงว่าประจุไฟฟ้าบน วัตถุนั้นเป็นประจุต่างชนิดกับประจุไฟฟ้าที่มีบนจานโลหะ สำหรับกรณีนี้ถ้าหากนำวัตถุนั้นเข้าใกล้จาน โลหะเข้าไปอีก แผ่นทองจะหุบลงอีกจนในที่สุดจะหุบสนิท ถ้าเลื่อนวัตถุนั้นเข้าใกล้อีก คราวนี้ แผ่นทองจะเริ่มการออกได้อีก

(3) ตรวจว่าตัวคุณนึงเป็นตัวนำหรืออนวนไฟฟ้า ทำได้โดยให้ประจุไฟฟ้าอิสระแก่จาน อิเล็กโตรสโคปเสียก่อนจะเป็นประจุไฟฟ้านิดใดก็ได้ แผ่นทองจะการอ้าออก จากนั้นถือวัตถุที่ต้องการ จะตรวจมาแต่ที่จานโลหะ (ขณะนี้วัตถุอิร์ทอยู่เพราเราถือไว้)

(3.1) ถ้าปรากฏว่าแผ่นทองหุบสนิท แสดงว่าวัตถุนั้นเป็นตัวนำไฟฟ้า เพราะประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ระหว่างแผ่นทองกับผิวโลกโดยผ่านวัตถุตัวนำและเมื่อ จนที่สุดแผ่นทองมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เท่ากับศักย์ของโลกความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทอง และตัวกล่องโลหะจึงไม่มี แผ่นทองจึงหุบสนิท

(3.2) ถ้าปรากฏว่าแผ่นทองคงอยู่อย่างเดิม ก็แสดงว่าวัตถุที่นำมาทดลองนี้เป็นอนวนไฟฟ้า การที่แผ่นทองยังคงคงอยู่ได้ก็เพราะว่าไม่มีการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าระหว่างแผ่นทองกับผิวโลก เนื่องจากประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านอนวนไฟฟ้าไม่ได้ ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทอง และตัวกล่องโลหะจึงยังคงมีอยู่ แผ่นทองจึงยังคงอยู่ได้

#### 2.4.11 แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์

แรงที่เกิดระหว่างประจุฟ้า มีทั้งแรงดูดและแรงดัก และเป็นแรงต่างร่วม คือ ทั้ง 2 ฝ่าย จะออกแรงกระทำซึ่งกันและกันด้วยแรงเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม

ประจุชนิดเดียวกันจะผลักกัน และประจุต่างชนิดกัน จะดูดกัน Charles Augustin de Coulomb ได้ทำการทดลอง และสรุปผลเป็นกฎไว้วัดนี้

“แรงระหว่างประจุไฟฟ้าคู่หนึ่ง จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของประจุแต่สัดส่วน ผกผันกับกำลังสองของระยะทาง ระหว่างประจุคู่นั้น”

การคำนวณแรงระหว่างประจุ

Charles Augustin de Coulomb เป็นผู้วัดแรงระหว่างประจุ แรงระหว่างประจุเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุทั้งสองนั้น

$$F = \frac{1}{r^2}$$

และพบว่า แรงระหว่างประจุขึ้นอยู่กับประจุที่จะกระทำกันด้วย

$$F = \alpha Q_1 Q_2$$

$$F = \alpha \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{K Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$K = 8.98747 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

$$\approx 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

หมายเหตุเราอาจใช้ค่า K เป็นรูป  $\epsilon_0$  (Permittivity constant) ได้ดังนี้

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8.85418 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$$

ซึ่งแทนค่า จะได้  $K = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

หมายเหตุ เนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้นการรวมแรงจึงต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย

## 2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้

### 2.5.1 ความหมายของชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรมมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน เช่น ชุดการสอนชุดการเรียนสำเร็จรูปชุดการสอนรายบุคคลชุดการเรียนด้วยตนเองชุดกิจกรรมซึ่งเป็นชุดของสื่อประสมที่จัดทำขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนสำหรับคำกล่าวเรียกข้อต่าง ๆ ในที่นี้จะหมายถึงชุดกิจกรรมโดยมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ารัม โพธิ์พัฒน์ (2550) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมว่า ชุดกิจกรรมคือสื่อการสอนชนิดหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองตามขั้นตอนที่กำหนดได้สามารถแก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างนักเรียนหรือบุคคลส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เต็มความสามารถและเกิดพัฒนาการตามเป้าหมายของการเรียนรู้โดยครูเป็นผู้จัดให้และแนะนำนักเรียนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รุ่งอรุณ เรียรpron (2549) ว่า ชุดกิจกรรมคือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยนำเสนอ วัสดุอุปกรณ์ และวัตกรรมต่าง ๆ มาให้นักเรียนได้ศึกษา ลงมือปฏิบัติตัวอย่างตนเองแล้วเกิดการเรียนรู้และสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและส่งเสริมให้นักเรียนมีผลการเรียนที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

ชาเรينا พลสา (2553) ชุดกิจกรรมคือชุดของสื่อประสมที่มีการนำสื่อและกิจกรรมหลาย ๆ อย่างมาประกอบกันเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจน มีความสมบูรณ์ในตนเองทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพครุภูมิการเตรียมความพร้อมก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ประสบความสำเร็จในการสอน

จากการที่นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายชุดกิจกรรมที่ก่อสำเนาสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนที่เป็นสื่อการเรียนสำเร็จรูปที่มีลักษณะที่เป็นชุดบทเรียนที่มีการจัดเป็นระบบมีขั้นตอนต่าง ๆ ผู้เรียนสามารถศึกษา ได้ด้วยตนเองตามความสามารถ ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล หรือเรียนแบบร่วมมือเป็นกระบวนการกรากลุ่ม มีสื่อที่ประกอบการใช้ชุดกิจกรรมขณะเรียน มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ และการเสริมแรงการเรียนจะเสริจสมบูรณ์ในตัว เพราะมีการประเมินผลการเรียน ภายในชุด เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดทักษะในการเรียนรู้ การแสดงความรู้ได้ด้วยตนเอง

### 2.5.2 ประเภทของชุดกิจกรรม

ในการที่ผู้สร้างจะตัดสินใจว่า จะสร้างชุดกิจกรรมในรูปแบบใดนั้น จะต้องศึกษารูปแบบและประเภทของชุดกิจกรรมว่ามีอยู่กี่ประเภท ในแต่ละประเภทมีจุดมุ่งหมายในการใช้แตกต่างกันตามแต่ละประเภทของชุดกิจกรรมนั้น มีนักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของชุดกิจกรรมไว้ ดังนี้

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525) ได้แบ่งประเภทของชุดกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภทคือ

(1) ชุดกิจกรรมสำหรับครู เป็นชุดกิจกรรมสำหรับจัดให้ครูโดยเฉพาะ มีคุณมือ และเครื่องมือ สำหรับครู ซึ่งพร้อมที่จะนำไปใช้สอนให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมที่คาดหวัง ครูเป็นผู้ดำเนินการควบคุม กิจกรรมทั้งหมด นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมโดยครูเป็นผู้ดูแล

(2) ชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน เป็นชุดกิจกรรมสำหรับจัดให้นักเรียน เรียนด้วยตนเอง ครูมีหน้าที่เพียงจัดอุปกรณ์ และมอบชุดกิจกรรมให้แล้วคอยรับรายงานเป็นระยะ ๆ ให้คำแนะนำเมื่อมีปัญหา และประเมินผลชุดกิจกรรมนี้ จะฝึกการเรียนด้วยตนเอง เมื่อนักเรียนจบการศึกษาจากโรงเรียนไปแล้วก็ สามารถเรียนรู้หรือศึกษาสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง

(3) ชุดกิจกรรมที่ครูและนักเรียนใช้ร่วมกัน ชุดนี้มีลักษณะสมควรห่วงชุดแบบที่ 1 และ ชุดแบบที่ 2 ครูเป็นผู้ดูแล และกิจกรรมบางอย่างครูต้องเป็นผู้แสดงนำให้นักเรียนดูแล กิจกรรม บางอย่างนักเรียนต้องทำด้วยตนเอง ชุดกิจกรรมแบบนี้เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษา ซึ่งเริ่มฝึกให้รู้จักการเรียนด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ดูแล

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2542) ได้แบ่งชุดกิจกรรมที่ใช้อยู่เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

(1) ชุดกิจกรรมประกอบคำบรรยายเป็นชุดการสอนสำหรับผู้สอนจะใช้สอนผู้เรียนเป็นกลุ่มใหญ่หรือเป็นการสอนที่ต้องการปูพื้นฐานให้นักเรียนส่วนใหญ่รู้ และเข้าใจในเวลาเดียวกันมุ่ง ในการขยายเนื้อหาสาระให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

(2) ชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรมเป็นชุดการสอนสำหรับให้นักเรียนเรียนร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 5 – 7 คนโดยใช้สื่อการสอนที่บรรจุไว้ในชุดกิจกรรมแต่ละชุดมุ่งที่จะฝึกทักษะ ในเนื้อหาวิชาที่เรียน และให้นักเรียนมีโอกาสทำงานร่วมกัน

(3) ชุดการสอนแบบรายบุคคลหรือชุดการสอนตามเอกตภาพเป็นชุดการสอนสำหรับเรียน ด้วยตนเองเป็นรายบุคคลคือผู้เรียนจะต้องศึกษาหาความรู้ตามความสามารถ และความสนใจของตนเองผู้เรียนได้ทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียนเพิ่มเติมผู้เรียนสามารถจะประเมินผลการเรียนด้วยตนเองได้ด้วย

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมในแต่ละประเภทนั้นจะเป็นตัวกำหนดบทบาทหน้าที่ ของครู และนักเรียนแตกต่างกันออกไปการจะเลือกผลิตชุดกิจกรรมชุดใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของครู หรือผู้ผลิตเองดังนั้นในการสร้างชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยจึงยึดทบทวนให้นักเรียนเป็นผู้ ทำการศึกษาเนื้อหา และปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองในรูปแบบของชุดกิจกรรมแบบกิจกรรมกลุ่ม ครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะแนวทาง หรือค่อยให้คำปรึกษามี่อนักเรียนพบปัญหารือข้อสงสัยที่เกิด จากการเรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

### 2.5.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรม

บุญเกื้อควรหาเวชได้จำแนกองค์ประกอบที่สำคัญ ๆ ภายในชุดกิจกรรมไว้ 4 ส่วนคือ

2.5.3.1 คุณมือเป็นคุณมือและแผนการสอนสำหรับผู้สอนหรือผู้เรียนตามชนิดของชุดกิจกรรม ภายในคุณมือจะชี้แจงถึงวิธีการใช้ชุดกิจกรรมเอาไว้อย่างละเอียดทำเป็นเล่มหรือแผ่นพับ

2.5.3.2 บัตรคำสั่งหรือคำแนะนำจะเป็นส่วนที่บอกให้ผู้เรียนดำเนินการเรียนหรือประกอบ กิจกรรมแต่ละอย่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้บัตร จะมีอยู่ในชุดกิจกรรมแบบกลุ่มและรายละเอียดซึ่งจะ ประกอบไปด้วย

- 1) คำอธิบายในเรื่องที่จะศึกษา
- 2) คำสั่งให้ผู้เรียนดำเนินการ
- 3) การสรุปบทเรียน

2.5.3.3 เนื้อหาสาระ และสื่อจะบรรจุไว้ในรูปของสื่อการสอนต่าง ๆ ประกอบด้วย บทเรียนโปรแกรมสไลด์ เทปบันทึกเสียง ตัวอย่างจริง รูปภาพ เป็นต้น ผู้เรียนจะศึกษาจากสื่อการสอนต่าง ๆ ที่บรรจุอยู่ในชุดการสอนตามบัตรที่กำหนดให้

2.5.3.4 แบบประเมินผลผู้เรียนจะทำการประเมินผลที่อยู่ในชุดกิจกรรมอาจเป็นแบบฝึกหัดให้เดิมค่าในช่องว่าง เลือกคำตอบที่ถูก จับคู่ ดูผลจากการทดลอง หรือให้ทำกิจกรรม เป็นต้น

คณะกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525) ได้จัดองค์ประกอบของชุดกิจกรรมคือ

- 1) คู่มือครูมีรายละเอียดเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมเนื้อหาผลงาน ที่คาดหวังจากนักเรียนสื่อการสอนหนังสือประกอบการค้นคว้าสำหรับครูแนวทางการประเมินผลขั้นการดำเนินการสอน
- 2) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- 3) บัตรต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบกิจกรรมได้แก่บัตรคำสั่งบัตรเนื้อหาบัตร กิจกรรมบัตรคำตามบัตรเฉลย
- 4) สื่อการเรียนการสอนที่เลือกไว้

#### 2.5.4 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม

ในการใช้ชุดกิจกรรมเพื่อช่วยในการจัดการเรียนรู้นั้นนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง ประโยชน์ของชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

ชาเรีนา พลสา (2553) กล่าวว่า ประโยชน์ของชุดกิจกรรมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนของครู และส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้โดย การศึกษา และปฏิบัติกิจกรรมจากชุดกิจกรรมด้วยตนเองเป็นการแสวงหา และค้นพบความรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองทั้งสิ้น ทำให้ไม่เกิดการเบื่อหน่ายการเรียน มีความกระตือรือร้นที่จะค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เพื่อความมั่นใจ และภาคภูมิใจในความสามารถของตนเอง ได้รับประสบการณ์ตรงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและส่วนรวม

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2542) ได้กล่าวโดยสรุปถึงประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ดังนี้

(1) ส่งเสริมการเรียนแบบรายบุคคลผู้เรียนเรียนได้ตามความสามารถความสนใจตามเวลา และโอกาสที่เหมาะสมของแต่ละคน

(2) ช่วยจัดปัญหาการขาดแคลนครู เพราะชุดกิจกรรมช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเอง หรือต้องการความช่วยเหลือจากผู้สอนเพียงเล็กน้อย

(3) ช่วยในการศึกษานอกระบบโรงเรียน เพราะผู้เรียนสามารถนำอาชุดกิจกรรมไปใช้ได้ทุกสถานที่และทุกเวลา

- (4) ช่วยลดภาระและช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้แก่ครูเพื่อฯกิจกรรมผลิตไว้เป็นหมวดหมู่สามารถนำไปใช้ได้ทันที
- (5) เป็นประโยชน์ในการสอนแบบศูนย์การเรียน
- (6) ช่วยให้ครูวัดผลผู้เรียนได้ตรงตามความมุ่งหมาย
- (7) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นฝึกการตัดสินใจแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- (8) ช่วยให้ผู้เรียนจำแนกได้รับความรู้แนวเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ
- (9) ช่วยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักเคารพนับถือความคิดเห็นของผู้อื่น
- พรทพย แก้ไขดี (2545) ประโยชน์ฯกิจกรรมเป็นดังนี้
- (1) ช่วยส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองตามจุดประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง
- (2) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกรรมต่าง ๆ ตามความสามารถของแต่ละบุคคล
- (3) ผู้เรียนทราบผลการปฏิบัติกรรมนั้น ๆ อย่างรวดเร็ว
- (4) ทำให้ไม่เกิดความเบื่อหน่ายหรือเกิดความท้อถอยในการเรียนรู้ เพราะผู้เรียนมีสิทธิ์ที่จะกลับไปศึกษาเรื่องที่ตนเองไม่เข้าใจใหม่ได้
- จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่าประโยชน์ของฯกิจกรรมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองตามอัตภาพตามความสามารถของแต่ละบุคคลในทุก ๆ ด้านมีอิสระในการเรียนรู้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่พบด้วยตนเอง และฝึกทักษะกระบวนการคิดด้านต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ไม่เกิดความเบื่อหน่ายสามารถเรียนรู้ และเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้นซึ่งเป็นการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

## 2.6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้

### 2.6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรัญ (2548: 95) ได้สรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอันเนื่องมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนการผลสัมฤทธิ์สอนของครู ว่าผู้เรียน มีความสามารถหรือสัมฤทธิ์ผลในแต่ละรายวิชามากน้อยเพียงใดผลการทดสอบวัดจะเป็นประโยชน์ต่อ การพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้ หรือมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ และเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุง และพัฒนาการสอนของครูให้มีคุณภาพ และประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การที่จะทำให้ได้ผลการทดสอบมีความถูกต้อง เที่ยงตรงเชื่อถือได้้นั้นจะต้องใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีคุณภาพซึ่งผ่านการสร้างอย่างถูกต้องตามหลักวิชา

### 2.6.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วว่ามีอยู่เท่าใด แบบสอบถามประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด (สมนึก กัททิยธนี, 2549: 73)

2.6.2.1 แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher – made Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน จะมีนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มนี้เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปในโรงเรียน

2.6.2.2 ข้อสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ เช่นเดียวกับแบบทดสอบที่ครูสร้าง แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพต่าง ๆ ของผู้เรียนที่ต่างกลุ่มกัน เช่น เปรียบเทียบคุณภาพของนักเรียนในโรงเรียนแห่งหนึ่งกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ทั่วประเทศ (แบบทดสอบมาตรฐานระดับชาติ) หรือกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ทั่วจังหวัด (แบบทดสอบมาตรฐานระดับจังหวัด) เป็นต้น

สรุปได้ว่า ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 2 ชนิด คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher – made Test) และ ข้อสอบมาตรฐาน (Standardized Test) ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาพิสิกส์ เรื่องไฟฟ้าสถิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก

## 2.7 การวัดเจตคติ

การวัดเจตคติเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนต้องอาศัยการตอบสนองออกแบบเป็นลักษณะภาษาหรือ พฤติกรรมภายนอก การวัดเจตคติมีหลากหลายด้านรวมกัน วิธีการวัดเจตคติสามารถถัดได้ด้วย การสังเกต หรือ การทดสอบ หรือด้วยแบบทดสอบ

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อการคิดการกระทำและการตัดสินใจที่จะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรากฏให้เห็นเป็นพฤติกรรม ซึ่งจะทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ได้แก่ ความสนใจฝรั่ງความเชื่อสัตย์ ความอดทนมุ่งมั่นความมีใจกว้างความคิดสร้างสรรค์ มีความสนใจ และความกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ

สมจิต สวนไพบูลย์ (2526) ให้ข้อเสนอว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้น จำเป็นต้องใช้เวลา คงไม่สามารถดำเนินการให้นักเรียนบรรลุดประสงค์ในช่วงระยะเวลาอันสั้น หรือเพียงบทเรียนใดบทเรียนหนึ่งเท่านั้น แต่จะต้องดำเนินการให้นักเรียนคิดค้นแก้ปัญหา เพื่อให้ได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือช่วยในการเสาะแสวงหาความรู้ เหล่านั้น จัดโอกาสให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ปรึกษาหารือกันเป็นประจำอยู่ตลอดเวลาจึงพอจะช่วย ให้นักเรียนบรรลุดประสงค์ที่กำหนดได้

มาตรการวัดจิตวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับความนิยมนิยมนำมาใช้ในการศึกษาและวิจัย คือ มาตราวัดจิตวิทยาศาสตร์ ของลิเคริท ผู้สร้างคือ เรนิส ลิเคริท (RenisLikert) มาตราวัดแบบนี้ ประกอบด้วย ข้อความ ที่เป็นความรู้สึกเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหลาย ๆ ข้อความ มีทั้งข้อความที่กล่าวถึง สิ่งนั้นทั้งในทางที่ดี (ทางบวก) และทางที่ไม่ดี (ทางลบ) เมื่อผู้ตอบได้อ่านข้อความนั้นแล้ว ให้บ่งว่า ตนเองมีความรู้สึกต่อสิ่งนั้นเหมือนหรือไม่

หลักในการสร้างมาตราวัดจิตวิทยาศาสตร์ ของลิเคริท โดยสรุป คือ

(1) จัดช่วงความเห็นออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เห็นด้วยกับส่วนที่ไม่เห็นด้วย

(1.1) ส่วนที่เห็นด้วย แบ่งเป็น เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย

- (1.2) ส่วนที่ไม่เห็นด้วย แบ่งเป็น ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- (2) เนื่องจากบางเรื่องรา คุณเราไม่อาจตัดสินได้ หรือมีความไม่แน่ใจว่าเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย ดังนั้นจึงได้กำหนดช่วงกลางระหว่างเห็นด้วยกับไม่เห็นด้วย อีกช่วงหนึ่ง รวมเป็น 5 ช่วง ดังนี้  
เห็นด้วยอย่างยิ่ง / เห็นด้วย / ไม่แน่ใจ / ไม่เห็นด้วย / ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- (3) การอภิความเห็น ใช้วิธีการให้น้ำหนัก (Weight) ตามความเหมาะสมและ กำหนดคะแนนให้ ในแต่ละช่วงเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 หรือ 4, 3, 2, 1 และ 0 ตามลำดับ

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### งานวิจัยในประเทศ

กนกวรรณ เหลืองทอง (2549) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบร้า นักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสามารถ ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

สุพจน์ วงศ์คำจันทร์ (2550: 57-68) ได้เปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัดจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิดและเรียนแบบวัดจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อแนวคิดเลือกเกี่ยวกับมนติพิสิกส์: งาน พลังงานและโมเมนตัม และวิจารณญาณที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน นักเรียนในกลุ่มทดลอง มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์และมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์โดยส่วนรวม และเป็นรายด้านทุกด้านมากกว่าในกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กนกวนี แสงวิจิตรประชา (2550) ได้ทำการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและชีวิตพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบร้า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและชีวิตพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 5 ชุด พบร้า มีความเหมาะสมขององค์ประกอบดัง ๆ ของชุดกิจกรรมในระดับมาก โดยมีประสิทธิภาพเท่ากับ  $76.67/77.92$  นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชาเร이나 พลสา (2553) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบร้า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พิมพ์มาดา มงคลเสน (2553) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องไฟฟ้าโดยใช้รูปแบบการสอน BSCS 5E ร่วมกับยุทธศาสตร์การสอนสแครฟโพลิติ พบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เท่ากับ 17 คน จากนักเรียน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 77.27 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า�ักเรียนที่เรียนเรื่องไฟฟ้าโดยใช้รูปแบบการสอน BSCS 5E ร่วมกับยุทธศาสตร์การสอนสแครฟโพลิติ มีความคงทนในการเรียนรู้ และ นักเรียนคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

เยาวลักษณ์ ชื่นอรุณย (2549) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมวภูจักร การเรียนรู้ 5E พบร้า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมชุดกิจกรรมวภูจักร การเรียนรู้ 5E มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนมีความรู้และทักษะดีขึ้น และมี เจตคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออก ถึงลักษณะของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

#### งานวิจัยต่างประเทศ

แลดด์ และแอนเดอร์สัน (Ladd and Anderson, 1970: 395-400) ได้ศึกษาการสอนแบบ สืบเสาะหาความรู้จากการตั้งคำถามของครูเพื่อศึกษาผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้ครุจำนวน 40 คน ทำการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดย ถามคำถามในระดับสูงและระดับต่ำโดยทำการสอนนักเรียน 40 ห้องผลการวิจัยพบว่า�ักเรียนที่เรียน จากครุที่สอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้คำถามระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่ม ที่เรียนโดยครุที่มีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้คำถามในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฟาร์คาส (Farkas, 2002: 1243 - A) ได้ศึกษาผลของวิธีการสอนแบบปกติ และการสอนโดยใช้ ชุดการสอนที่มีต่อการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเจตคติการเรียนเจ้าใจในการเรียนและ ความสามารถในการแปลความหมายของนักเรียนชั้นปีที่เจ็ด ผลการศึกษาพบว่าในด้านผลสัมฤทธิ์ ชุดการสอนที่มีสื่อหลากหลายทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการ แปลความหมายดีขึ้น

ไซเบล คาคิโรกุล และซีเร็น (Sibel Balaci‡, Cakiroglu and Ceren Tekkaya§. 2006: 199- 203) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E (5 ขั้น) การจัดการเรียนรู้แบบ การเปลี่ยนแปลงความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (grade 8) ที่มีผลต่อความเข้าใจในวิชาชีววิทยา: การสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช ความเข้าใจของ ผู้เรียนวัดด้วยข้อสอบที่พัฒนาจาก Haslam และ Treagust ในการวิเคราะห์แนวความคิดที่ผิดพลาด ของนักเรียนใช้แบบวัดแนวคิดวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับชั้น (two-tier multiple choice) สอบก่อน เรียนและหลังเรียนในนักเรียนทั้งหมดจำนวน 101 คน กลุ่มตัวอย่างมี 3 กลุ่มในโรงเรียนเดียวกัน โดยใช้การสุมอย่างจำกัดความคุณและกลุ่มทดลอง นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ 5E จำนวน 33 คน, นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการเปลี่ยนแปลงความคิดจำนวน 34 คน และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติจำนวน 34 คน การวัดเจตคติและการสอบก่อน

เรียนใช้ ANCOVA (Analysis of covariance) เป็นการวิจัยเชิงทดลองประเภทหนึ่ง (Quasi-experiment) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยในกลุ่ม การทดลองมีเจคติที่ดีกว่ากลุ่มควบคุม และไม่พบความแตกต่างในกลุ่มที่สอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ 5E และการจัดการเรียนรู้แบบการเปลี่ยนแปลงความคิด และพบว่าการสอนด้วยด้วย 5E ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจง่ายขึ้น และมีแนวความคิดที่ถูกต้อง เมื่อนักเรียนได้ค้นคว้าแนวความคิดใหม่ และประสบการณ์ใหม่จะสามารถประเมินค่าได้จากประสบการณ์ที่ผ่านมาและเปิดโอกาสในการ อธิบาย การตีแยง และการอภิปรายทำให้เกิดการจัดแนวคิดที่เหมาะสม ในขั้นการขยายความรู้ นักเรียนจะเกิดความรอบรู้ สร้างแบบแผนแนวความคิดเพื่อใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้

พาราเรซี่ และคณะ (Patricia A. Beffa-Negrini and other, 2007: 66-71) ครูผู้สอน ขั้นมัธยมต้นที่บูรณาการหลักสูตรการสอนโดยเพิ่มความรู้ และทักษะความปลอดภัยในอาหารเข้าไป ในการสอนทักษะและแนวความคิดด้านวิทยาศาสตร์ โครงการพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา แห่งชาติและชีววิทยา ศึกษาการใช้ 5E ในการออกแบบการสอนออนไลน์ เรื่อง ความปลอดภัย ในอาหาร (Food Safety First) การอบรม 3 รูปแบบ 15 ชั่วโมง การสอนผ่านเว็บไซต์ (Web based instruction) ฝึกทักษะการใช้ภาษาแบบปฏิสัมพันธ์ และการอภิปราย (Interaction discussion) และเครื่องมือในการทดลองหรือการวัดผล มีครูผู้สอนลงทะเบียน 71 คน 38 ครั้ง ในการสอบก่อน เรียนและหลังเรียน จำนวนเก็บข้อมูลในปีต่อมาพบว่ามีความชัดเจน 60.5% เป็นไปได้ 34.2% ศึกษา ในผู้เรียน 3,570 คน มีส่วนร่วมในการฝึกฝนพบว่ามีประโยชน์มาก 71.1 % จากการวัดผลแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้รู้สึกประสบความสำเร็จในการเรียนแบบสืบเสาะ ทำให้สามารถการสอนแบบสืบเสาะไปใช้ ในการสอนเรื่องความปลอดภัยในอาหาร ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการสืบเสาะทำความรู้

แอนดรูว์ และพอล (Andrew M. Ray and Paul M. Beardsley, 2008: 13-22) ได้ศึกษาการ สอนเรื่องการสังเคราะห์ในพีช ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น (engage, explore, explain, extent และ evaluate) ร่วมกับความแตกต่างของครูผู้สอนในขั้นเร้าความสนใจของผู้เรียน โดยเน้น เรื่องพลังงานในการสังเคราะห์แสง และศึกษาระบบการเมื่อเวลาผ่านไปจากการเริ่มต้นการทดลอง จนครบ 1 วัน ปฏิบัติการจะเตรียมไว้เพื่อให้ทดสอบทฤษฎี ชุดควบคุม และการนำไปสรุปเป็นค่าสถิติ และการวิเคราะห์ การจัดปฏิบัติการเตรียมใกล้แหล่งน้ำและดำเนินการในระบบธรรมชาติ ซึ่งการสอน ในธรรมชาติพบว่าสามารถสร้างความตั้งใจให้กับผู้เรียน สร้างความกระตือรือร้นในการมีส่วนร่วม ผู้วิจัย พบร่วมกับการสอนในรูปแบบนี้สร้างความเข้าใจในการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์แสง และความประทับใจ แรกเริ่มของผู้เรียนแสดงออกมากเมื่อได้ปฏิบัติกิจกรรม ผู้เรียนความเข้าใจที่ลึกซึ้งของการสังเคราะห์ แสงและรู้ถึงคุณค่าของผลลัพธ์ที่พีชได้จากการสังเคราะห์แสง รวมถึงการเคลื่อนย้ายพลังงานและ วัฏจักรในระบบนิเวศ

แคนดานซ์ (Candace L. Walker and other, 2008: 56-61) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เพื่อเพิ่มความเข้าใจในการเรียนปฏิบัติการทดลองการเจือจางตามลำดับ (serial dilution) ของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวัสดุชีววิทยา ซึ่งเป็นแนวความคิดที่ยากต่อการเข้าใจ มีการประเมินระหว่างการปฏิบัติในภาคเรียน เพื่อชี้ัดความเข้าใจของผู้เรียน พบว่ามีการจัดการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น มีความจำเป็นสำหรับนักเรียนที่มีการเรียนในระดับกลางคือ 50% ของนักเรียน ทั้งห้อง โดยในกลุ่มควบคุมจัดการเรียนรู้แบบปกติ คือ ให้ผู้ช่วยสอนอธิบายการเจือจางตามลำดับโดย

การเขียนบนกระดานและแสดงการสาธิ จากนั้นนักเรียนปฏิบัติเป็นรายบุคคล หลังจากการปฏิบัติการทดลอง ผู้ช่วยสอนจะเตรียมคำตอบที่ถูกต้องไว้ และอธิบายแก่ผู้เรียน ในขั้นที่ 3 นักเรียน จะนำแนวคิดที่ได้ไปทดลองไปใช้ในการทดลองในการเจอจากตามลำดับของแบบที่เรียนในม การแยกแบบเทอริโอฟ้า และจุลินทรีย์ในไวน์ เป็นการจัดการเรียนรู้มากกว่าการเรียนปกติ ที่มีการสาธิแต่ ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนประมาณ 5 สัปดาห์ และทำการทดลองซ้ำในการออกแบบการ เจอจากการแยกยีสต์จากไวน์ในกลุ่มทดลอง ผู้เรียนอ่านปฏิบัติการทดลองและให้ความหมายของ คำศัพท์ (เร้าความสนใจ) ผู้ช่วยสอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนกลุ่มละ 4 คน ให้ผู้เรียนใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ โดยผู้ช่วยสอนแจกอุปกรณ์ หลอดทดลอง 4 หลอดที่มีน้ำสีอยู่ และใช้เครื่อง spectrophotometer อ่านค่า ให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการตั้งคำถามและให้ผู้เรียนเป็นศึกษาด้วย ตนเองในขั้นตอนปฏิบัติการและบันทึกเป็นขั้น ๆ จากการสังเกต และออกแบบการบันทึกการทดลอง ขั้นตอนการค้นคว้าผู้เรียนศึกษาเป็นกลุ่ม ๆ ในการสังเกตการณ์เลี้ยงแบบที่เรีย ในการทดลอง โดย ใช้การเจอจากที่ละ 10 เท่า ผู้เรียนเป็นผู้บันทึกการเกิดโคลนี และคำนวณการเจอจาก สุดท้ายผู้เรียน จะให้ความหมายของการเจอจากตามลำดับ ในขั้นการอธิบาย จัดผู้เรียนเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เพื่อเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนได้อภิปรายและวิเคราะห์แนวความคิดของการเจอจากตามลำดับ

ในขั้นที่ 3 ทำเหมือนกลุ่มควบคุม การสอนแบบสืบเสาะมีประโยชน์สำหรับนักเรียนในกลุ่มที่มีผล การเรียนระดับกลาง กลุ่มทดลองจะได้คะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุม การสอบครั้งที่ 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่าการสอนแบบสืบเสาะทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น และเข้าใจอย่างลึกซึ้งมากขึ้นจากการ นำแนวคิดไปใช้ในการทดลองซ้ำ

เคลวิน (Kevin Pyatt, Rod Sims, 2011) ได้ศึกษาลักษณะการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ของ นักเรียนชั้นปีที่ 1 ในวิชาเคมีโดยแยกเป็น 2 กลุ่มการเรียน โดยสร้างชุดการทดลองสมมูลจริง และ การทดลองจากการใช้ชุดการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติ ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ผู้ทดลองได้เปรียบเทียบการสอนทั้งสองกลุ่มนี้โดยใช้แบบสอบถามการทดลอง ที่ได้พัฒนาขึ้น พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มให้ผลสัมฤทธิ์ที่ดีเหมือนกัน และ แสดงให้เห็นว่าเจตคติของ นักเรียนทั้งสองกลุ่มอยู่ระดับดี การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สำหรับชุดการทดลองสมมูล จริงหรือชุดทดลองในห้องปฏิบัติการทำให้นักเรียนมีทักษะการใช้เครื่องมืออยู่ในระดับดีมากเท่ากัน

จากการศึกษางานวิจัยทั้งต่างประเทศ และภายในประเทศไทยได้ว่าการจัดการเรียนรู้ครุภัณฑ์สอน ควรออกแบบการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้ ด้วยการเรียนรู้ของ ผู้เรียนอย่างหลากหลายช่องทาง เช่น ผู้เรียนมีโอกาสได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง มีการฝึกทักษะกระบวนการ ด้านต่าง ๆ จากการปฏิบัติการทดลอง และสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้ทำให้ ผู้เรียนเกิดการพัฒนาศักยภาพทางการเรียนรู้ได้ดีขึ้น แก้ปัญหาด้วยตนเองในรูปแบบของชุดกิจกรรม การเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เน้นให้นักเรียนมีความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตโดยใช้การทดลองอย่างง่าย โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

- (1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- (2) แบบแผนการวิจัย
- (3) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- (4) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 3.1.1 ประชากร

ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 ปี 2556

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีเจริญศึกษา ปีการศึกษา 2556 ตำบลหัวตะพาน อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ จำนวน 30 คน

##### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 ปี 2556 จำนวน 30 คน โดยวิธีสุ่มแบบเจาะจง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีเจริญศึกษา ปีการศึกษา 2556 ตำบลหัวตะพาน อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ จำนวน 30 คนโดยการเลือกแบบเจาะจง

#### 3.2 แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยที่มีการทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน (One group Pretest Posttest Design)

##### ตารางที่ 3.1 แบบแผนการวิจัยที่มีการทดสอบก่อน – หลังเรียน

(One group Pretest Posttest Design)

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>

### สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

- E แทน กลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้  
 T<sub>1</sub> แทน การสอบก่อนการทดลอง (Pretest)  
 X แทน การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้  
 T<sub>2</sub> แทน การสอบหลังการทดลอง (Posttest)

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว (One group Pretest Posttest Design) เนื้อหาที่ทำการสอน คือเรื่อง ไฟฟ้าสถิต แบ่งออกเป็น 2 เรื่อง เรื่องละ 5 ชั่วโมง รวม 10 ชั่วโมง โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ในแต่ละเรื่องได้ทำการทดลอง 2 ชั่วโมง และ เนื้อหา 3 ชั่วโมง ทำการสอนภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 การเก็บข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 15 ข้อ และ แบบวัดเจตคติต่อ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 15 ข้อ

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่เรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 แผน รวมทั้งหมด 10 คาบ โดยแผนที่ 1 เรื่อง การสร้างประจุอิสระ บนวัตถุ แผนที่ 2 เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้าโดยผู้วิจัยได้ศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้จากหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

3.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตจำนวน 15 ข้อ ให้นักเรียน ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลาทำ 50 นาที เมื่อดำเนินการสอนเสร็จ และดำเนินการทำกิจกรรม ชุดกิจกรรมการทดลองเรียบร้อยแล้ว จึงให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนใช้เวลาทำ 50 นาที แล้ว นำผลคะแนนที่ได้จากหลังเรียนไปวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

### ตารางที่ 3.2 ข้อสอบแบ่งตามเนื้อหาที่ใช้วัดผล

เนื้อหา	ความรู้ จำ	ความเข้าใจ	การคำนวณ
การทำให้เกิดประจุอิสระบนวัตถุ	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8
แรงระหว่างประจุไฟฟ้า	9, 10, 11	12, 13	14, 15

สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบที่วางไว้แล้ว นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำโดยจำแนกเนื้อหา จำนวน 15 ข้อโดยแบ่งเป็นเนื้อหาได้ดังนี้ 1) การทำให้เกิดประจุอิสระบนวัตถุ 2) แรงระหว่างประจุไฟฟ้า สำหรับข้อสอบได้แบ่งเนื้อหาเป็น 2 ส่วน ดังตารางที่ 3.2

ผู้วิจัยนำผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ทำการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยนำคะแนนก่อนและหลังเรียน เปรียบเทียบโดยใช้สถิติ t-test แบบ dependent และวิเคราะห์ระดับการพัฒนาความรู้ในการเรียนโดยใช้ normalized gain <math>\text{gain} </math>

3.3.3 แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิตจำนวน 15 ข้อ มีระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ตั้งแต่ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งจนถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนี้

- 5 ระดับความคิดเห็นเห็นด้วยอย่างยิ่ง
- 4 ระดับความคิดเห็นเห็นด้วย
- 3 ระดับความคิดเห็นไม่แน่ใจ
- 2 ระดับความคิดเห็นไม่เห็นด้วย
- 1 ระดับความคิดเห็นไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3.3.4 ชุดปฏิบัติการ เรื่องไฟฟ้าสถิต มีทั้งหมด 2 ชุด ดังนี้ การทำให้เกิดประจุอิสระบนวัตถุ และ แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

ชุดกิจกรรมที่ 1: กิจกรรมการทดลองที่พัฒนาขึ้นโดยมุ่งหวังให้นักเรียนมีความเข้าใจ และ หลักการเกิดประจุอิสระบนวัตถุ จากการขัดสี ถ่ายเท และเห็นี่ยวนำ โดยแบ่งกิจกรรมในชุดปฏิบัติการ นี้เป็น 2 ตอน คือตอนที่ 1 เป็นการศึกษาการเกิดประจุไฟฟ้าบนวัตถุชนิดต่าง ๆ โดย การขัดสี การถ่ายเท และการเห็นี่ยวนำ และตอนที่ 2 เป็นการศึกษา และสร้างอิเล็กโตรสโคปอย่างง่าย และ венเดอร์กราฟอย่างง่าย

ชุดกิจกรรมที่ 2: แรงระหว่างประจุไฟฟ้า เป็นกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้นักเรียนเข้าใจ ความสัมพันธ์ของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ขนาดของประจุไฟฟ้า และระยะห่างระหว่างประจุไฟฟ้า ในรูปแบบของกฎของคูลอมบ์ และวิธีการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงระหว่างประจุ ได้อย่างถูกต้อง และนำผลที่ได้ไปเรียบเทียบกับทฤษฎี และสรุปผล

### 3.3.5 ขั้นตอนการสร้างและออกแบบชุดทดลองแนวเดอร์กราฟอย่างง่าย

หลักการทำงาน

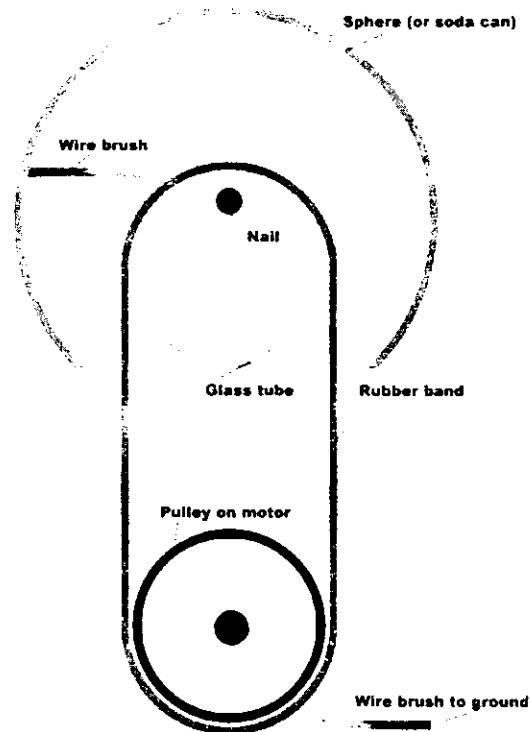
เมื่อวัตถุสองชนิดมาสูกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน วัตถุบางชนิดจะให้อิเล็กตรอน บางชนิดจะรับอิเล็กตรอนได้ดี (สุรัจตร ศรีรักษ์, 2541) ลำดับปริมาณประจุของวัสดุแสดงดังลำดับ ข้างล่างโดยที่ลำดับน้อยสุดจะมีการให้อิเล็กตรอนแล้วมีสมบัติเป็นประจุบากมากที่สุด และลำดับมาก สุดจะมีการรับอิเล็กตรอนแล้วมีสมบัติเป็นมีประจุลับมากที่สุด

- (1) ไยหิน (asbestos)
- (2) ขนกระต่าย (rabbit)
- (3) แก้ว (glass)
- (4) เส้นผม (hair)
- (5) ไนลอน (nylon)
- (6) ขนแกะ (wool)
- (7) ผ้าไหม (silk)
- (8) กระดาษ (paper)
- (9) ผ้าฝ้าย (cotton)
- (10) ยางแข็ง (hard rubber)
- (11) ยางสังเคราะห์ (synthetic rubber)
- (12) โพลีเอสเตอร์ (polyester)

- (13) สไตโรโฟม (styrofoam)
- (14) ออลอน (orlon)
- (15) โพลียูเรธาน (polyurethane)
- (16) โพลีเอทิลีน (polyethylene)
- (17) โพลีโพรพิลีน (polypropylene)
- (18) โพลีวีนิลคลอร์ไรด์ (polyvinyl chloride)
- (19) เทฟลอน (teflon)
- (20) ยางซิลิโคน (silicone rubber)

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

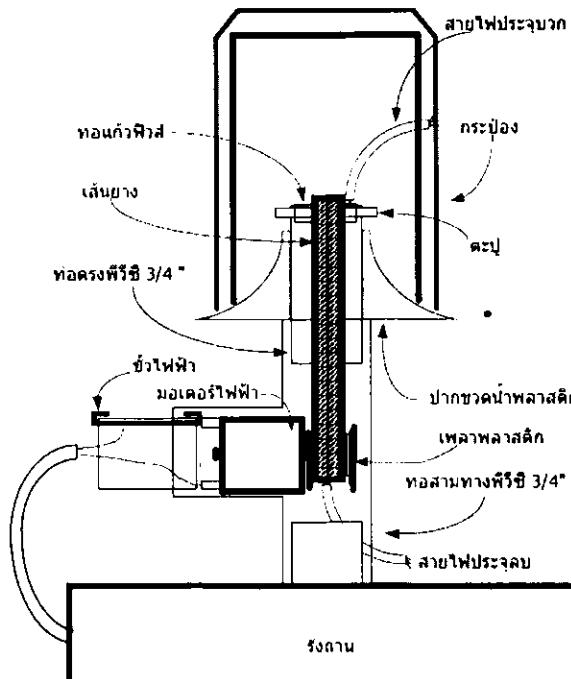
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตแบบวนเดอร์กราฟ (Van De Graaff) อาศัยหลักการถูกของยางกับหlodot แก้วโดยมีองค์ประกอบสำคัญ แสดงดังภาพที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ทำหน้าที่หมุนเพลา (สมเกียรติ ศุภเดช, 2542) ซึ่งมีเส้นยางร้อยอยู่ระหว่างเพลา และท่อแก้วซึ่งร้อยอยู่บนแกนตะปู เมื่อมอเตอร์หมุนเส้นยางจะถูกดึงให้ตึง ผิวของยางจะดึงอิเล็กตรอนจากท่อแก้ว ทำให้ผิวของท่อแก้ว มีประจุเป็นบวกมากพอที่จะดึงอิเล็กตรอนจากสายไฟด้านบนซึ่งต่ออยู่กับกระป๋อง เมื่ออิเล็กตรอนถูกดึงออกไประล้าทำให้ผิวด้านนอกของกระป๋องมีประจุเป็นบวก ส่วนสายไฟด้านล่างจะทำหน้าที่ดึงอิเล็กตรอนออกสู่อากาศหรือลงสู่ดิน



ภาพที่ 3.1 แผนผังองค์ประกอบหลักของการเกิดประจุไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต วนเดอร์กราฟ

### ส่วนประกอบของอุปกรณ์

- (1) ไม้เตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็ก 4.5 โวลต์ 1 ตัว
- (2) ฟิวส์ขนาด 0.5 แอมป์ 1 ตัว
- (3) ยางแบบหนา 0.5 เซ็นติเมตร 1 เส้น
- (4) ตะปูยาว 2 นิ้ว 1 ตัว
- (5) สายไฟฟ้อย ยาว 20 เซ็นติเมตร 1 เส้น
- (6) สายไฟฟ้อย ยาว 15 เซ็นติเมตร 2 เส้น
- (7) แกนเพลาพลาสติก 1 ชิ้น
- (8) ท่อพีวีซีตรง 3/4" ยาว 3.6 เซ็นติเมตร 1 ชิ้น
- (9) ท่อพีวีซีตรง 3/4" ยาว 2.0 เซ็นติเมตร 1 ชิ้น
- (10) ท่อพีวีซีสามทาง 3/4" 1 ชิ้น
- (11) รังถ่านไฟฉาย 3 ก้อน 1 ชิ้น
- (12) กระปองเครื่องดีมเปล่า 1 กระปอง
- (13) ปากขวดพลาสติก 1 ชิ้น
- (14) สวิตช์ 1 ตัว



ภาพที่ 3.2 ส่วนประกอบอุปกรณ์ชุดทดลองแวนเดอกราฟอย่างง่าย การสร้างชุดทดลอง  
แวนเดอกราฟอย่างง่าย

- (1) สร้างส่วนฐานโดยนำท่อพีวีซีตรง ทำกาวแห้งเร็วติดกับรังถ่านหรือแผ่นไม้
- (2) สร้างส่วนยึดตะปู โดยใช้ตะไบสามเหลี่ยมขัดร่องใส่ตะปูด้านบนท่อพีวีซีตรง โดยให้ความลึกพอติดกับขนาดตะปู

(3) ทำท่อแก้วจากพิวส์ โดยถอดข้าวพิวส์ทั้งสองด้านออกโดยใช้ความร้อนจากหัวแร้ง และใช้คิมจับข้าวตึงข้าวพิวส์ออก

(4) นำเพลาพลาสติกต่อเข้ากับมอเตอร์

(5) ต่อสายไฟคู่ยาว 20 เซ็นติเมตร เส้นหนึ่งต่อเข้ากับข้าวด้านหนึ่งของมอเตอร์ ส่วนอีกข้าวด้านหนึ่งต่อเข้ากับสวิตซ์

(6) ประกอบมอเตอร์เข้ากับห่อสามทางด้านที่ตั้งจากกับแนวท่อ ใช้เทปการพันรอบตัวมอเตอร์เพื่อให้กระชับกับขนาดของห่อ ต่อสายไฟจากมอเตอร์และสวิตซ์เข้ากับรังถ่าน

(7) นำท่อพิวส์ต่อเข้ากับห่อสามทางด้านแนวตรงแล้วนำตะบูร้อยเข้ากับห่อแก้ววางบนร่องที่ตัดไว้

(8) นำยางเส้นร้อยเข้ากับเพลาของมอเตอร์ และห่อแก้วที่รวมอยู่บนร่องของห่อพิวส์

(9) สร้างแท่นรองกระป้องโดยให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของห่องพอติดกับห่อพิวส์แล้วนำมาใส่ลงในห่อพิวส์ด้านบน

(10) ติดตั้งสายไฟประจุลับ โดยนำสายไฟยาว 15 เซ็นติเมตร ตัดฉนวนพลาสติกออกประมาณ 0.5 ซม. นำสายไฟใส่เข้าในช่องที่ห่อพิวส์สามทางให้ปลายเกือบสัมผัสถักกับเส้นยาง ใช้เทปการติดสายไฟกับห่อพิวส์

(11) ติดตั้งสายไฟประจุบวก โดยนำสายไฟยาว 15 เซ็นติเมตร ตัดฉนวนพลาสติกออกประมาณ 0.5 เซ็นติเมตร ส่วนอีกด้านหนึ่งตัดฉนวนออกประมาณ 10 เซ็นติเมตร นำด้านที่ตัดฉนวนออก 0.5 เซ็นติเมตร มาติดไว้กับปากห่อพิวส์ ให้เกือบสัมผัสถักกับเส้นยาง ติดสายไฟไว้กับปากห่อพิวส์ด้วยเทปการ ส่วนอีกปลายด้านหนึ่งนำมาติดไว้กับปากขวดพลาสติก

(12) นำกระปองน้ำอัดลมที่เปิดฝาแล้ววางบนแท่นรองกระป้อง (ปากขวดน้ำ) ติดกระป้องไว้บนแท่นรองด้วยเทปการ

**ขั้นตอนการทดสอบชุดทดลองแนวเดอร์กราฟอย่างง่าย**

ทดสอบการทำงานโดยตัดกระดาษให้เป็นเส้น ๆ แล้วนำมาติดไว้ที่ด้านบนของกระป้องด้วยเทปการ กดสวิตซ์ให้มอเตอร์ทำงานเมื่ออิเล็กตรอนถูกดึงออกไปแล้วทำให้ผิวด้านนอกของกระป้องและเส้นกระดาษมีประจุเป็นบวก สังเกตว่ากระดาษจะเคลื่อนไหว ชี้ขึ้น เนื่องจากเป็นประจุชนิดเดียวกัน จึงเกิดแรงผลักระหว่างประจุ

**ขั้นตอนประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ชุดทดลอง**

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อชุดทดลองมีลักษณะปลายปิด 5 ระดับ ซึ่งแบ่งออกเป็นสามส่วน ดังนี้ ด้านการออกแบบสื่อ ด้านการใช้งาน และด้านเนื้อหา โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายของความคิดเห็นของผู้ใช้ไว้ด้วย ค่าเฉลี่ย 1.00 - 5.00 แสดงว่า เห็นด้วยมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 4.50 - 5.00 แสดงว่า เห็นด้วยมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50 - 4.49 แสดงว่า เห็นด้วยมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 - 3.49 แสดงว่า เห็นด้วยปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 - 2.49 แสดงว่า เห็นด้วยน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.49 แสดงว่า เห็นด้วยน้อยที่สุด

การเก็บข้อมูลเพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และครุผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับความพึงพอใจชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย มีขั้นตอนดังนี้

(1) ชี้แจงวัตถุประสงค์ในการทำแบบสอบถามถามความพึงพอใจให้ผู้เชี่ยวชาญในมหาวิทยาลัย อุบลราชธานีทราบ

(2) ให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้งาน ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย จากนั้นให้ตอบแบบสอบถามถามความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลอง

(3) นำข้อมูลแบบสอบถามถามความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงชุดทดลอง

(4) ชี้แจงวัตถุประสงค์ในการทำแบบสอบถามถามความพึงพอใจให้ครุผู้สอนทราบ

(5) ให้ครุผู้สอนทดลองใช้งาน ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย จากนั้นให้ตอบแบบสอบถามถามความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลอง

(6) นำข้อมูลแบบสอบถามถามความพึงพอใจจากครุผู้สอนที่มีต่อชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

### 3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้จัดนำข้อมูลที่เก็บรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้โดยวิธีหาค่า normalized gain  $\langle g \rangle$  เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในงานวิจัยทางพิสิกส์ที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่ง Richard R. Hake นักพิสิกส์แห่ง University of Indiana ได้เสนอวิธีการประเมินผลการเรียนรู้โดยคำนึงถึง floor and ceiling effect เพราะเนื่องจากการสอบครั้งหนึ่ง ๆ มีข้อจำกัดในเรื่องคะแนนต่ำสุด (minimum or floor effect) ที่ทุกคนมีโอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่า 0 เปอร์เซ็นต์ และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด (maximum or ceiling effect) ที่ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์ โดยหากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงต่อผลการเรียนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (Richard R. Hake, 1998)

$$\langle g \rangle = \frac{(\%posttest) - (\%pretest)}{(100\%) - (\%pretest)}$$

โดยที่  $\langle g \rangle$  คือ ค่า normalized gain

% posttest คือ ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% pretest คือ ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

สำหรับค่า normalized gain เป็นการวัดผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของผู้เรียนว่าคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0 ซึ่งการประเมิน เช่นนี้ทำให้สามารถแก้ปัญหา floor and ceiling effect ได้ เพราะเป็นการปรับค่าผลการเรียนรู้ให้เป็นมาตรฐาน โดยแบ่งระดับผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นต่อผลการเรียนที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ ออกเป็น 3 ระดับคือ

High gain	คือ	$\langle g \rangle$	มีค่า	$0.7 \leq \langle g \rangle \leq 1.0$
Medium gain	คือ	$\langle g \rangle$	มีค่า	$0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$
Low gain	คือ	$\langle g \rangle$	มีค่า	$0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

การวิเคราะห์หาค่า normalized gain สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท โดยมีรายละเอียดดังนี้ (อภิสิทธิ์ รงไชย และคณะ, 2550)

(1) แบบแต่ละชั้นเรียน (Class normalized gain) หมายถึง การพิจารณาความเข้าใจโดยจากคะแนนเฉลี่ยของทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้งชั้น ค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นการบวกภาพรวมของทั้งชั้นว่ามีผลการเรียนดีขึ้นมากน้อยเพียงใด แต่หากต้องการดูว่าผู้เรียนแต่ละคนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นอย่างไรไม่อาจสรุปได้ด้วยวิธิการนี้ เพราะไม่ได้พิจารณาถึงคะแนนของผู้เรียนแต่ละคน ดูแต่คะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียนเท่านั้น

(2) แบบแต่ละรายบุคคล (Single student normalized gain) หมายถึง การพิจารณาว่าผู้เรียนแต่ละคนมีพัฒนาการอย่างไร โดยพิจารณาจากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของแต่ละคนมาคำนวณหาค่า normalized gain ข้อดีของการพิจารณาแบบแต่ละรายบุคคลนี้ผู้สอนสามารถดูพัฒนาการของผู้เรียนแต่ละคนได้เป็นอย่างดี และเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำได้ แต่หากผู้เรียนมีจำนวนมากการพิจารณารายบุคคลอาจต้องใช้เวลามาก

(3) แบบแต่ละรายข้อ (Single test item normalized gain) หมายถึง การพิจารณาว่าจำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกสำหรับข้อหนึ่ง ๆ เพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทำให้นำไปปรับปรุงการเรียนการสอนที่เกี่ยวกับหัวข้อนั้น ๆ ได้ และยังสามารถบอกได้ว่าวิธีการสอนนั้นทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาในหัวข้อนั้น ๆ ได้มากขึ้นจากเดิมมากน้อยเพียงใด ซึ่งใช้ในการประเมินคุณภาพของการสอนด้วย

(4) แบบแต่ละความคิดรวบยอด (Conceptual dimensional normalized gain) หมายถึง เป็นการพิจารณาว่าพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนที่มีต่อความคิดรวบยอดหนึ่ง ๆ เป็นอย่างไรสำหรับข้อสอบชุดหนึ่ง ๆ โดยเฉพาะข้อสอบวัดความคิดรวบยอดอยู่ในข้อสอบชุดเดียวกันซึ่งการพิจารณาเฉพาะคะแนนรวมจะไม่อาจบอกได้ว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในแต่ละแนวความคิดรวบยอดนั้นมากน้อยเพียงใด หากใช้การวัดแบบแต่ละความคิดรวบยอด จะเป็นอีกแนวทางในการพัฒนาการสอนได้ตรงกับแนวความคิดรวบยอดที่ผู้เรียนมีความเข้าใจผิดในทางพิสิกส์ได้

การวิเคราะห์แบบวัดเจตคติมีระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ตั้งแต่ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งจนถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง ทำการวิเคราะห์โดยนำผลแบบสำรวจหลังเรียน มาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายคะแนนของลิเครท โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยดังนี้

4.50 – 5.00	หมายถึง	มีเจตคติอยู่ในระดับมากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายถึง	มีเจตคติอยู่ในระดับมาก
2.50 – 3.49	หมายถึง	มีเจตคติอยู่ในระดับปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง	มีเจตคติอยู่ในระดับน้อย
ต่ำกว่า 1.50	หมายถึง	มีเจตคติอยู่ในระดับน้อยที่สุด

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการใช้ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีเจริญศึกษา จังหวัดอำนาจเจริญ ซึ่งผู้วิจัยกล่าวถึง การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ในหัวข้อต่อไปนี้

- (1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- (2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเจตคติ
- (3) ผลการสร้างชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย

### 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตแล้วจัดกิจกรรมในรูปแบบของการปฏิบัติการทดลอง 2 กิจกรรม คือ การทำให้เกิด ประจุอิสระบนวัตถุ และ แรงระหว่างประจุไฟฟ้าหลังจากการเรียนเสร็จสิ้น ให้นักเรียนทำแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกครั้ง นำผลการทำทดสอบมาวิเคราะห์พัฒนาการทางการเรียนของ นักเรียน ซึ่งได้แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียน  
และหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	N	$\bar{X}$ (%)	SD	t*	normalized gain $<g>$
ก่อนเรียน	30	3.90 (26.00%)	0.92	22.96	0.53
หลังเรียน	30	9.73 (64.89%)	1.44		

$$t (.01,29) = 2.4620$$

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่า t - test เท่ากับ 22.96 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้เรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยชุดปฏิบัติการ ทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตพัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และจากตารางพบว่าค่า normalized gain $<g>$  มีค่า 0.53 ซึ่งอยู่ในระดับ medium gain และแสดงว่านักเรียนมีการพัฒนาการทางการเรียนโดย ภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง

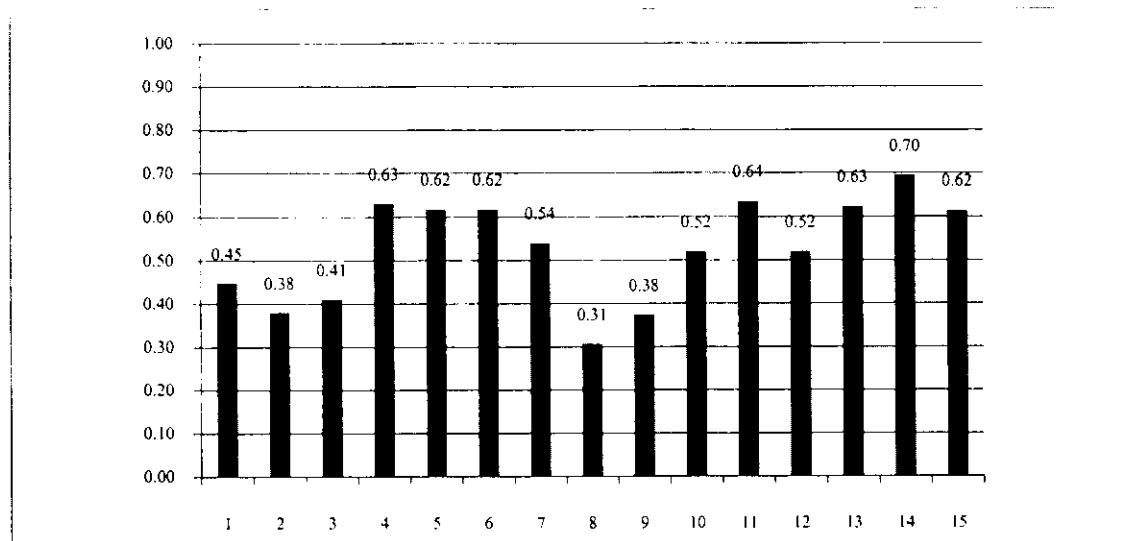
เมื่อพิจารณาพัฒนาการของนักเรียนในแต่ละเรื่อง เป็นการดูว่าพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนในเรื่องหนึ่งเป็นอย่างไร ซึ่งในแบบทดสอบนี้ประกอบด้วย เรื่อง การสร้างประจุอิสระบนวัตถุ และเรื่องแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2 คะแนนทดสอบ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตโดยแยกตามเนื้อหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 จำนวน 30 คน**

ทดสอบ	% ของคะแนนในแต่ละเนื้อหา	
	การสร้างประจุอิสระบนวัตถุ	แรงระหว่างประจุไฟฟ้า
ก่อนเรียน	30.00	22.86
หลังเรียน	64.17	65.71
normalized gain	0.49	0.56
ระดับ	medium gain	medium gain

จากตารางที่ 4.2 พบว่า เนื้อหาแรงระหว่างประจุไฟฟ้านักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนมากกว่า เนื้อหา การสร้างประจุอิสระบนวัตถุ คิดเป็น 0.56 และ 0.49 เท่า ของผลการเรียนสูงสุดที่จะมีโอกาส เพิ่มขึ้นໄไปได้ แล้วทั้งสองเนื้อหาการเรียนนักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง

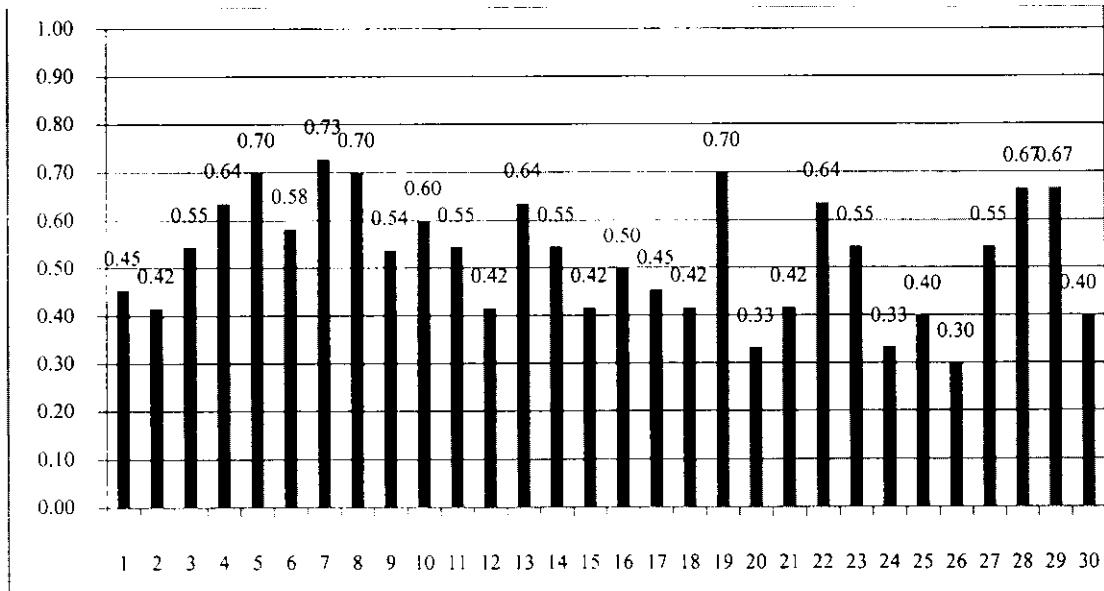
เมื่อพิจารณาการพัฒนาการทางการเรียนรายข้อ (single test item normalized gain) จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกสำหรับข้อสอบข้อนี้ ๆ เพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดในการทดสอบก่อนเรียนและ หลังเรียน โดยแสดงผลดังภาพ 4.1



**ภาพที่ 4.1 พัฒนาการทางการเรียนรายข้อ (single test item normalized gain)**

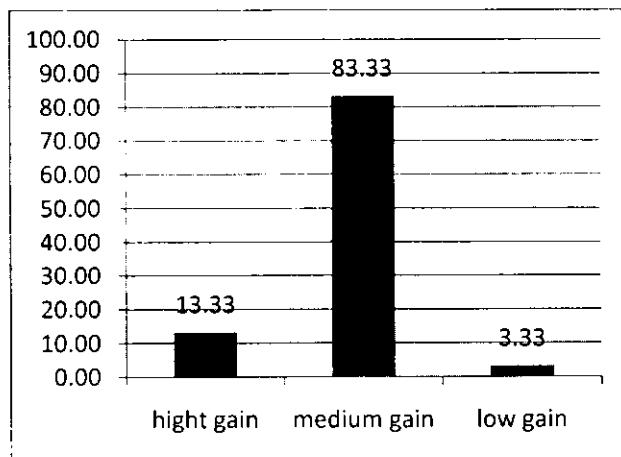
จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่า ข้อสอบที่แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการทางการเรียนรายชั้นที่อยู่ระดับ high gain จำนวน 1 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 6.67 ได้แก่ข้อ 14 และระดับ medium gain จำนวน 14 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 93.33

เมื่อพิจารณาการพัฒนาการทางการเรียนรายบุคคล (Single student normalized gain) ว่าจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกมีพัฒนาการทางการเรียนเป็นเท่าใดในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยแสดงผลดังภาพ 4.2



ภาพที่ 4.2 พัฒนาการทางการเรียนรายบุคคล (Single student normalized gain)

เมื่อพิจารณาการพัฒนาการทางการเรียนรายบุคคล (Single student normalized gain) ว่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกมีพัฒนาการทางการเรียนเป็นเท่าใดในการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน โดยแสดงผลดังภาพ 4.3



ภาพที่ 4.3 ร้อยละของจำนวนนักเรียนพัฒนาการทางการเรียนรายบุคคล (Percentile Single student normalized gain)

พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนาทางการเรียนอยู่ระดับ high gain มีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 นักเรียนที่มีการพัฒนาทางการเรียนอยู่ระดับ medium gain มีจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 และนักเรียนมีการพัฒนาทางการเรียนอยู่ระดับ low gain มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 จากการดูข้อมูลนักเรียนที่อยู่ระดับ high gain มีนักเรียนพัฒนาการทางการเรียนมากที่สุดโดยมีค่า normalized gain เท่ากับ 0.73 และเมื่อพิจารณา\_nักเรียนในระดับ low gain พบร้า นักเรียนจะมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเพียงเล็กน้อย โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้น 3 คะแนนเท่านั้น โดยมีค่า normalized gain น้อยที่สุดเท่ากับ 0.30

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อการเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิต

หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้โดยกระบวนการสืบเสาะและทำชุดทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความพึงพอใจที่มีต่อเรื่องไฟฟ้าสถิต จำนวน 15 ข้อมีระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ตั้งแต่ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งจนถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โดยนำผลแบบสำรวจหลังเรียนมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน ดังตารางที่ 4.3

จากตาราง 4.3 พบว่านักเรียนมีเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.94$ ) เมื่อพิจารณารายข้อที่ได้คะแนนสูงสุด 3 ขันดับแรกคือ ข้อที่ 12 ผู้เรียนมีทักษะในการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.40$ ) และ ข้อ 4 เนื้อหา้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และ ข้อ 11 กระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดมีค่า คะแนนเท่ากันคือ ( $\bar{X} = 4.13$ ) และจำนวนข้อที่ได้คะแนนในระดับมากมีจำนวน 14 ข้อ และข้อที่อยู่ในระดับปานกลางมีจำนวน 1 ข้อ

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของครูต่อชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย

หลังจากได้พัฒนาชุดทดลอง เรื่อง แวนเดอร์กราฟอย่างง่าย ให้ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์วัดความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ โดยมีรายการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบสื่อ ด้านการใช้งาน และด้านเนื้อหา ดังตารางที่ 4.4

จากตาราง 4.4 พบว่าครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มีเจตคติต่อชุดทดลอง เรื่อง แวนเดอร์กราฟอย่างง่าย เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.70$ ) เมื่อพิจารณาด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือ ด้านที่ 2 ด้านการใช้งาน ( $\bar{X} = 4.78$ ) ได้คะแนนเป็นอันดับที่ 2 คือ ด้านที่ 3 ด้านเนื้อหา ( $\bar{X} = 4.73$ ) และได้คะแนนเป็นอันดับที่ 3 คือ ด้านที่ 1 ด้านการออกแบบสื่อ ( $\bar{X} = 3.60$ )

ตารางที่ 4.3 ผลร้อยละและแปลความหมายของระดับความคิดเห็นนักเรียน

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียนแต่ละระดับ ความคิด					ค่าเฉลี่ยของ ระดับความ คิดเห็น	ร้อยละ	แปล ความหมาย
	5	4	3	2	1			
1. เนื้อหามีรายละเอียดชัดเจน เข้าใจง่าย	7	11	10	2	0	3.77	75.33	มาก
2. เนื้อหามีความเหมาะสมกับ ความสามารถของผู้เรียน	9	14	7	0	0	4.07	81.33	มาก
3. เนื้อหามีปริมาณเหมาะสมกับเวลา ที่ใช้สอน	5	10	9	6	0	3.47	69.33	มาก
4. เนื้อหามีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	10	14	6	0	0	4.13	82.67	มาก
5. กิจกรรมมีรายละเอียดและมี ขั้นตอนชัดเจน	11	11	5	3	0	4.00	80.00	มาก
6. กิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาของผู้เรียน	11	9	8	2	0	3.97	79.33	มาก
7. กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความ ช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	9	13	8	0	0	4.03	80.67	มาก
8. เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสม	8	12	7	3	0	3.83	76.67	มาก
9. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่อง <sup>ได้ดี</sup> ได้ดีและรวดเร็วขึ้น	10	11	7	2	0	3.97	79.33	มาก
10. เร้าความสนใจให้เกิดการฝึกซ้อม	10	14	5	1	0	4.10	82.00	มาก
11. กระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิด	12	10	8	0	0	4.13	82.67	มาก
12. ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้ สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้	17	8	5	0	0	4.40	88.00	มาก
13. มีการใช้การวัดและประเมินผลที่ หลากหลาย	4	10	12	4	0	3.47	69.33	ปานกลาง
14. มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	7	12	11	0	0	3.87	77.33	มาก
15. นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผล งานตนเองและงานของเพื่อน เฉลี่ยรวม	8	15	5	2	0	3.97	79.33	มาก
						3.94	78.89	มาก

(n=30)

ตารางที่ 4.4 ผลร้อยละและแปลความหมายของระดับความคิดเห็นครุภัลมสารวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	จำนวน ครุภัลมสารวิทยาศาสตร์					ค่าเฉลี่ยของ ระดับความ คิดเห็น	ร้อยละ	แปล ความหมาย
	5	4	3	2	1			
<b>1. ด้านการออกแบบสื่อ</b>								
1.1 ถูกต้องตามหลักการผลิตสื่อ	12	18	0	0	0	4.40	88.00	มาก
1.2 ราคาไม่แพงต้นทุนการผลิตต่ำคุ้มค่า ต่อการใช้งาน	24	6	0	0	0	4.80	96.00	มากที่สุด
1.3 มีความคงทน สามารถนำกลับมาใช้ ได้อีก	15	14	1	0	0	4.47	89.33	มาก
1.4 เป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่าง เหมาะสม	18	11	1	0	0	4.57	91.33	มากที่สุด
1.5 ทันสมัยແบลกใหม่ต่างจากการเรียน ปกติ	22	7	1	0	0	4.70	94.00	มากที่สุด
1.6 เป็นสื่อที่ส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรม ให้แก่ผู้เรียนไม่ขัดต่อคุณธรรมและ จริยธรรมที่พึงมีพึงปฏิบัติ	21	8	1	0	0	4.67	93.33	มากที่สุด
<b>2. ด้านการใช้งาน</b>								
2.1 ปลอดภัยสะดวก ง่ายต่อการใช้งาน	20	10	0	0	0	4.67	93.33	มากที่สุด
2.2 เร้าความสนใจให้เกิดการฝึกฝนเรื่อง ที่ต้องศึกษา	26	4	0	0	0	4.87	97.33	มากที่สุด
2.3 ช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน	25	5	0	0	0	4.83	96.67	มากที่สุด
2.4 กระตุนให้เกิดกระบวนการคิด	26	4	0	0	0	4.87	97.33	มากที่สุด
2.5 ส่งเสริมปัญญาสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับ ผู้เรียน	21	9	0	0	0	4.70	94.00	มากที่สุด
2.6 ส่งเสริมผู้เรียนให้เป็นผู้ปฏิบัติ	22	8	0	0	0	4.73	94.67	มากที่สุด
<b>3. ด้านเนื้อหา</b>								
3.1 มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับ เนื้อหาฯ	22	7	1	0	0	4.70	94.00	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับตัวบุคคลประสมค์การเรียนรู้	22	7	1	0	0	4.70	94.00	มากที่สุด
3.3 ถ่ายทอดเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็น รูปธรรม	24	6	0	0	0	4.80	96.00	มากที่สุด
3.4 เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่	23	7	0	0	0	4.77	95.33	มากที่สุด
3.5 ช่วยให้ผู้เรียนได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง	18	12	0	0	0	4.60	92.00	มากที่สุด
3.6 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย <sup>+</sup> และสามารถจำได้นาน	24	6	0	0	0	4.80	96.00	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยรวม</b>						4.70	94.04	มากที่สุด

(n=30)

## บทที่ 5

### สรุปผล ภารกิจการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบและสร้างชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ทำให้ได้ชุดทดลองที่สามารถนำไปใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอน ที่มีหลักการเห็นยิ่งนำ ประจุเพื่อให้เกิดประจุชนิดเดียวกันบนวัตถุ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนให้นักเรียน เข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของการเกิดไฟฟ้าสถิต จากการขัดสีหรืออุณหภูมิและการเห็นยิ่งนำให้เกิดประจุชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นจะถูกนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

การพัฒนาภารกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และศึกษา เจตคติต่อการทำการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับ การเรียนการสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะคือมีชุดปฏิบัติการทดลอง โดย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนศรีเจริญศึกษาจังหวัด อำนาจเจริญ จำนวน 30 คน ซึ่งได้มำโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง สามารถสรุปผลการศึกษาได้ ดังต่อไปนี้

#### 5.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียน การสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตประกอบกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ พบร่วม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนหลังเรียนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ เมื่อตรวจสอบพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้ class normalized gain <math>\text{gain}</math> พบร่วมมีค่า เท่ากับ 0.53 จัดว่ามีพัฒนาการทางการเรียนระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาพัฒนาการของนักเรียน ในแต่ละเนื้อหา หรือ conceptual dimensional class normalized gain เป็นการดูว่าพัฒนาการ หรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีต่อเนื้อหาหนึ่ง ๆ เป็นอย่างไร พบร่วม เนื้อหาภาคคำนวน เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้านักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนมากที่สุด โดยผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น จริงของนักเรียนคิดเป็น 0.70 เท่าคิดเป็นร้อยละ 70 ของผลการเรียนสูงสุดที่จะมีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ และเนื้อหาที่นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนน้อยที่สุด คือ เนื้อหาภาคความรู้ความจำ เรื่อง แรง ระหว่างประจุไฟฟ้าโดยมีผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียนคิดเป็น 0.31 เท่าคิดเป็นร้อยละ 31 ของผลการเรียนสูงสุดที่จะมีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ โดยรวมแล้วเนื้อหาการเรียนนักเรียนมีพัฒนาการ ทางการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ยังพิจารณาผลการทดสอบทางการเรียนรายข้อ (single test item normalized gain) ว่าจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกสำหรับข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ เพิ่มขึ้นเป็น เท่าใดในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบร่วม ข้อสอบที่แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการทางการเรียน รายข้อที่อยู่ระดับ high gain จำนวน 1 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 6.67 และระดับ medium gain จำนวน 14 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 93.33

เมื่อพิจารณาการพัฒนาการทางการเรียนรายบุคคล (Single student normalized gain) ว่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนาทางการเรียนอยู่ระดับ high gain คิดเป็นร้อยละ 13.33 นักเรียนที่มีการพัฒนาทางการเรียนอยู่ระดับ medium gain คิดเป็นร้อยละ 83.33 และนักเรียนมีการพัฒนาทางการเรียนอยู่ระดับ low gain คิดเป็นร้อยละ 3.33 จากการดูข้อมูลนักเรียนที่อยู่ระดับ high gain มีนักเรียนพัฒนาการทางการเรียนมากที่สุดโดยมีค่า normalized gain เท่ากับ 0.73 และเมื่อพิจารณานักเรียนในระดับ low gain พบร่วมมีค่า normalized gain น้อยที่สุดเท่ากับ 0.30

## 5.2 เจตคติต่อ กิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

นักเรียนหลังจากการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน มีเจตคติต่อ กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตพบว่า นักเรียนมีเจตคติ ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง สมดุลกลโดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ มีจำนวน 14 ข้อที่ได้ระดับมาก และ 1 ข้อ อยู่ในระดับปานกลาง

ครูผู้สอนที่มีระดับความพึงพอใจของต่อชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายสำหรับการเรียน การสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด โดยมีค่าระดับความพึงพอใจในแต่ละ ด้าน ดังนี้ ด้านการออกแบบสื่อครูผู้สอนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดต่อชุดทดลองที่ ราคาไม่แพง ต้นทุนการผลิตต่ำ คุ้มค่าต่อการใช้งาน เป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม ทันสมัย แปลกใหม่แตกต่างไปจากการเรียนปกติ เป็นสื่อที่ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม ให้แก่ผู้เรียน ไม่ขัดต่อ คุณธรรมและจริยธรรมที่พึงมี พึงปฏิบัติ ครูผู้สอนมีความพึงพอใจระดับมาก ต่อชุดทดลองที่มี ถูกต้องตามหลักการผลิตสื่อ มีความคงทน สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ด้านการใช้งาน ครูผู้สอนมีความ พึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดต่อชุดทดลองที่ ปลอดภัย สะดวก ง่ายต่อการใช้งาน เร้าความสนใจให้ เกิดการฝึกหัดเรื่องที่ต้องศึกษา ช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน กระตุนให้เกิดกระบวนการคิด สร้างเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ส่งเสริมผู้เรียนให้เป็นผู้ปฏิบัติ ด้านเนื้อหา ครูผู้สอน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดต่อชุดทดลองที่มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา subplot ล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ถ่ายทอดเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม เชื่อมโยงความรู้ ตามกับความรู้ใหม่ ช่วยให้ผู้เรียนได้ข้อสรุปที่ถูกต้องช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย และสามารถ จำกัดได้ด้านนี้

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.3.1 การจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตด้วยการสอนแบบสืบเสาะ หาความรู้

ในช่วงแรกของการทำกิจกรรมกลุ่มนักเรียนยังขาดการวางแผนการทำงานที่เป็นระบบ จะทำงานในส่วนที่ตนเองรับผิดชอบเท่านั้นไม่ถือเป็นหมายของกลุ่มเป็นหลัก ทำให้ทำงานไม่ดี เท่าที่ควรขาดการร่วมมือกันภายในกลุ่ม ไม่กล้าตัดสินใจ หรือ แสดงความคิดเห็นกัน และนักเรียน ยังขาดพื้นฐานความรู้หรือยังไม่เข้าใจหลักการที่เกี่ยวข้อง หรือทฤษฎีที่จำเป็นต่อการทดลองเท่าใดนัก ดังนั้น ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนคิด และอธิบายช้าอยู่บ่อย ๆ และกระตุ้นให้นักเรียนสามารถคิด

คำนวณเองได้ แต่หลังจากการจัดกิจกรรมต่อไปพบว่านักเรียนมีการเตรียมตัวมาล่วงหน้า มีการวางแผนงานในกลุ่มมากขึ้นเพื่อให้ทำงานทันตามกำหนดเวลา มีการแสดงความคิดเห็นในกลุ่มกล้าแสดงออกมากขึ้น มีความกระตือรือร้นในการทำงานกลุ่ม และในกิจกรรมส่วนที่มีการคำนวณพบว่า นักเรียนใช้เวลาในการคำนวณน้อยลง เนื่องมาจาก นักเรียนได้เรียนรู้ และสืบค้นเนื้อหามาก่อนหน้านี้มากขึ้นแล้ว ทำให้การทำงานในระยะหลังออกมารีบเป็นที่น่าพอใจ นักเรียนมีความมั่นใจในการทำงานมากขึ้น งานกลุ่มประสบความสำเร็จ มีความภาคภูมิใจในงานที่กลุ่มร่วมกันทำ ตลอดจนบรรยายกาศในการเรียนรู้ความสุข ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน อย่างอบอุ่น

### **5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงการเรียนการสอน**

เพื่อให้เนื้อหามีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงต้องบูรณาความรู้เรื่อง การคำนวณทางคณิตศาสตร์ และบางกิจกรรมควรปรับใช้กระชับมากขึ้น ปรับเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลาในการเรียน การสอนของโรงเรียนด้วย ส่งเสริมและการจัดทำอุปกรณ์ที่เพียงพอต่อการทำกิจกรรมของนักเรียน นอกจากนี้ควรศึกษาตัวแปรอื่นที่มีอิทธิพลต่อการเรียน เช่น ความคงทนทางการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางพิสิกส์ การวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อ กิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

## เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ เหลืองทอง. การศึกษาผลลัพธ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุด กิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ, 2549.

กนกวนี แสงวิจิตรประชา. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและชีวิตพืช สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2550.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. พระราชนิยมติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ปรับปรุง) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ชุดการเรียนการสอน สำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ทบทวนมหาวิทยาลัย, 2525.

ชาภีรีนา พลสา. การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ หาความรู้ที่มีต่อผลลัพธ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ, 2553.

บุญเกื้อ ควรหาเวช. นวัตกรรมการศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ, 2542.

ปริยา อนุพงษ์วงศ์. การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การกำหนดของคลื่นในท่ออากาศ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต, 2554.

พิชิต ฤทธิ์จรัญ. หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เย้าส์ออฟเคอร์มีสท์, 2548.

พิมพ์มาดา มงคลเสน. ผลลัพธ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องไฟฟ้าโดยใช้รูปแบบการสอน BSCS 5E ร่วมกับยุทธศาสตร์การสอนสแคฟฟ์โล์ดิ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน. กรุงเทพฯ: มาสเตอร์กรุ๊ป เมนเนจเม้นต์, 2545.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- พรทิพย์ แก้วใจดี. การพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่ใช้ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ต่อการเรียนคณิตศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545.
- ยุพา ภูมิภา. ผลลัพธ์ที่ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.
- เยาวลักษณ์ ชื่นอารมย์. การศึกษาผลลัพธ์ที่ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมวิจัยการเรียนรู้ 5E. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2549.
- รัชฎา ศิลป์มั่น. การประยุกต์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 69 (คลองหลวง) จังหวัดปทุมธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2552.
- รุ่งอรุณ เธียรประกอบ. การศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมฝึกทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลลัพธ์ที่ทางการเรียนทางและทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2549.
- ศักดิ์ชาย สิงห์ทอง. การใช้ชุดปฏิบัติการของไฟลเพื่อพัฒนาผลลัพธ์ทางการเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. การจัดสารการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: ครุสภากาดพราว, 2546.
- สุพจน์ วงศ์คำจันทร์. การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวิจัยการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิดและการเรียนแบบวิจัยการเรียนรู้ 5 ขั้นที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมนต์พิสิเก็ต งาน พลังงาน และโมเมนตัม และการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน.
- วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2550.
- สมจิต สรวนไฟบูลย์. วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2526.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สมนึก ภัททิยธนี. การวัดผลการศึกษา. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์, 2549.
- สมเกียรติ ศุภเดช. การศึกษา การออกแบบ และการสร้างมอเตอร์ไฟฟ้าสถิตขนาดจิ๋วนิดใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542.
- สุรัจตร ศรีรักษ์. การเปรียบเทียบผลลัพธ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดการสอนรายบุคคลกับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2541.
- สุวรรณ์ นิยมค้า. ทดลองและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คเซ็นเตอร์, 2551.
- อาร์ม โพธิ์พัฒน์. การศึกษาผลลัพธ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเขียนแผนผังมโนมติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์, 2550.
- Andrew M. Ray and Paul M. Beardsley. "Overcoming Student Misconceptions about Photosynthesis: A Model-and Inquiry-Based Approach Using Aquatic Plants", *Science Activities*. 45(1): 13-22, 2008.
- Candace L. and et al. "Implementing Inquiry-based Learning in Teaching Serial Dilutions", *Journal of College Science Teaching*. 37(6): 56-61; July/August, 2008.
- Farkas, R.D. "Effect (s) of Traditional Versus Learning-Styles Instructional Methods On Seventh-Grade Students Achievement, Attitudes, Empathy, and Transfer of Skills Through a Study of the Holocaust", *Dissertation Abstracts International*. 63(4): 1243-A, 2002.
- Kevin Pyatt, Rod Sims. "Virtual and Physical Experimentation in Inquiry-Based Science Labs: Attitudes, Performance and Access", *Science Education\_Technology*. 21(1): 133-147, 2011.
- Ladd, GeorgeT., and Hans O. Anderson. "Question and Earth Science Teaching: Using influence Effectively", *Journal of Geological Education*. 19(5): 236-238; November, 1970.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Patrica A. Beffa-Negrini, N. L. Cohen, M. J. Laus, and L. A. Mclandsborough.

“Development and Evaluation of an Online, Inquiry-Based Food Safety Education Program for Secondary Teachers and Their Student”, **Journal of Food Science Education**. 6(4): 66-71, 2007.

Sibel Balaci‡, Cakiroglu§ and CerenTekkaya§. “Engagement, Exploration, Explanation, Extension, and Evaluation (5E) Learning Cycle and Conceptual Change Text as Learning Tools”, **Biochemistry and Molecular Biology Education**. 34(3): 199-203, 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ก.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 15 ข้อ

แบบทดสอบ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

1. สิ่งที่ทำให้วัตถุมีไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นคือ
 

ก. ตัวนำไฟฟ้า	ข. อนวนไฟฟ้า
<input checked="" type="radio"/> ค. ประจำไฟฟ้า	ง. อำนาจไฟฟ้า
  2. ข้อใดเป็นลักษณะของการทำให้วัตถุไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า
 

ก. วัตถุขาดจำนวนนิวตรอน	ข. วัตถุได้รับอนุภาคนิวตรอน
<input checked="" type="radio"/> ค. วัตถุได้รับหรือขาดอิเล็กตรอน	ง. วัตถุมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ proton
  3. แห่งแก้วจะมีประจำไฟฟ้าบวกเมื่อแห่งแก้วถูกผ้าไหม การที่แห่งแก้วเกิดประจำไฟฟ้าเป็นบวก มีสาเหตุจากอะไร
 

ก. ได้รับ proton	ข. ได้รับอิเล็กตรอน
<input checked="" type="radio"/> ค. ได้รับหั้ง proton และ อิเล็กตรอน	<input checked="" type="radio"/> ง. สูญเสีย อิเล็กตรอน
  4. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับชนิดของประจำไฟฟ้า
 

ก. ประจำไฟฟ้ามีมากกว่าสองชนิด	ข. ประจำไฟฟ้ามีชนิดเดียวคือประจำไฟฟ้าลบ
ค. ประจำไฟฟ้ามีชนิดเดียวคือประจำไฟฟ้าบวก	<input checked="" type="radio"/> ง. ประจำไฟฟ้ามีสองชนิดคือประจำไฟฟ้าบวกและประจำไฟฟ้าลบ
  5. แห่งแก้วถูกด้วยผ้าแพรแล้วเกิดไฟฟ้าสถิตบนวัตถุทั้งสองได้ เพราะอะไร
 

ก. ประจำไฟฟ้าเกิดจากแรงเสียดทาน	ข. ประจำไฟฟ้าเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวล
ค. การถูทำให้มีประจำไฟฟ้าชนิดหนึ่งเกิดขึ้นมา	<input checked="" type="radio"/> ง. ประจำไฟฟ้าถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง
  6. เมื่อนำวัตถุขึ้นหนึ่งถูกผ้าแพรแล้วนำมาย่อเศษกระดาษที่เป็นกลางทางไฟฟ้า ปรากฏว่า เศษกระดาษถูกดูดแสดงว่า
 

ก. วัตถุมีประจำไฟฟ้าลบ	ข. วัตถุมีประจำไฟฟ้าบวก
ค. วัตถุขาด proton ไปหรือได้รับ proton เพิ่มขึ้น	<input checked="" type="radio"/> ง. วัตถุมีแรงไฟฟ้า (electric force)
  7. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับประจำไฟฟ้า
 

1. ประจำไฟฟ้าลบผลักวัตถุที่เป็นกลาง	2. ประจำไฟฟ้าบวกดึงดูดประจำไฟฟ้าลบ
3. ประจำไฟฟ้าบวกดึงดูดประจำไฟฟ้าบวก	4. ประจำไฟฟ้าบวกดึงดูดวัตถุที่เป็นกลาง
- ข้อใดถูกต้อง
- |  |                |
|--|----------------|
| ก. ข้อ 1, 2                                  | ข. ข้อ 2, 3    |
| <input checked="" type="radio"/> ค. ข้อ 2, 4 | ง. ข้อ 1, 2, 3 |

8. ประจุไฟฟ้าขนาด  $+15$  และ  $-30$  หน่วยประจุว่างอยู่ดังรูป ตำแหน่งใดควรเป็นจุดสะเทิน

ก. A

ข. B

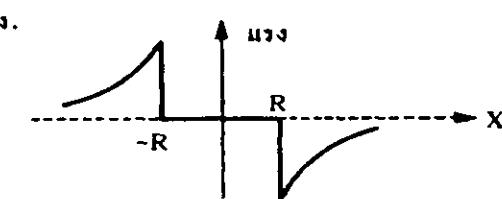
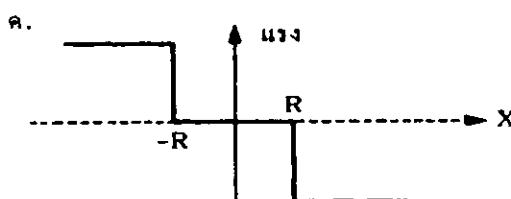
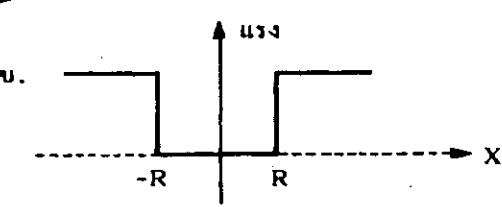
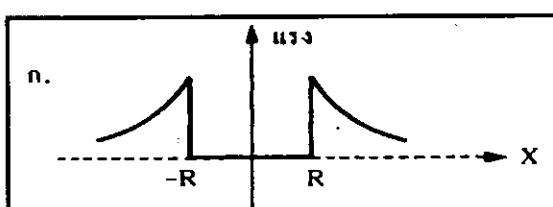
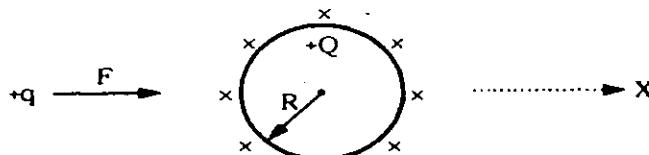
ค. C

(ง) ไม่มีคำตอบถูก



9. ประจุ  $+Q$  กระจายสม่ำเสมออยู่บนผิวทรงกลมรัศมี  $R$  มีแรงงานออกกระทำบนประจุ  $+q$

เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวแกน  $X$  ด้วยความเร็วคงที่ผ่านจุดศูนย์กลางทรงกลม ถ้ากำหนดให้ทิศของแรงไปทาง  $+X$  เป็นบวก -  $X$  เป็นลบ กราฟระหว่างแรงงานออกกับระยะ  $X$  เป็นไปตามข้อใด



10. ลูกพิษสองลูกแต่ละลูกมีประจุ  $1.0 \text{ ไมโคร库ลอมบ์}$  เมื่อวางห่างกันเป็นระยะ  $50 \text{ เซนติเมตร}$  และถือว่าลูกพิษทั้งสองนี้มีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่าเป็นจุดประจุ แรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด

ก.  $9.0 \times 10^9 \text{ นิวตัน}$ ข.  $3.6 \times 10^9 \text{ นิวตัน}$ ค.  $36 \text{ นิวตัน}$ (ง)  $3.6 \times 10^{-2} \text{ นิวตัน}$ 

11. จงหาระยะห่างในหน่วยเมตรของจุดประจุที่มีขนาด  $+1.0$  และ  $-1.0 \text{ ไมโคร库ลอมบ์}$  ซึ่งมีแรงดึงดูดต่อกัน  $360 \text{ นิวตัน}$

(ก)  $5 \times 10^{-3} \text{ เมตร}$ ข.  $6 \times 10^{-3} \text{ เมตร}$ ค.  $7 \times 10^{-3} \text{ เมตร}$ ง.  $8 \times 10^{-3} \text{ เมตร}$ 

12. ประจุขนาดเท่ากันชนิดเดียวกันอยู่ห่างกัน  $3 \text{ เมตร}$  แรงดึงระหว่างประจุ  $0.4 \text{ นิวตัน}$  ประจุแต่ละตัวจะมีขนาดเท่ากับกี่คูลอมบ์

ก.  $1 \times 10^{-5}$ (ข)  $2 \times 10^{-5}$ ค.  $1 \times 10^{-6}$ ง.  $2 \times 10^{-6}$

13. ทรงกลมตัวนำขนาดเท่ากัน 2 อัน แต่ละอันมีรัศมี 1 ซม. ทรงกลมอันแรกมีประจุ  $3 \times 10^{-5}$  คูลومบ์ อันหลังมีประจุ  $-1 \times 10^{-5}$  คูลอมบ์ เมื่อให้ทรงกลมทั้งสองอันแตะกัน และแยกนำไปวางไว้ให้ผิวทรงกลมทั้งสองห่างหัน 8 ซม. ขนาดของแรงระหว่างทรงกลมคือ (หน่วยนิวตัน)

(ก) 90

ข. 270

ค. 360

ง. 563

14. จากรูปให้หาแรงกระทำระหว่างประจุทั้งสองนี้ว่ามีขนาดกี่นิวตัน

(ก) 0.01

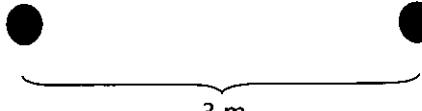
ข. 0.05

ค. 0.02

ง. 0.15

$$Q_1 = +5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q_2 = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$$



15. ประจุ  $q_1 = +4 \times 10^{-6}$  คูลอมบ์,  $q_2 = -5 \times 10^{-6}$  คูลอมบ์ และ  $q_3 = +6 \times 10^{-6}$  คูลอมบ์วางอยู่ตั้งรูปจังหวะแรงที่เกิดขึ้นกับประจุ  $q_2$  ว่ามีค่ากี่นิวตัน

(ก) 0.029

ข. 0.05

ค. 0.045

ง. 0.151

$$q_1 = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = -5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_3 = +6 \times 10^{-6} \text{ C}$$



ก.2 เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 15 ข้อ

เฉลยแบบทดสอบ ก่อนเรียน – หลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ข้อที่	คำตอบ
1	ค
2	ค
3	ง
4	ง
5	ง
6	ง
7	ค
8	ง
9	ก
10	ง
11	ก
12	ช
13	ก
14	ก
15	ก

### ก.3 แบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

#### วัดเจตคติของผู้เรียนต่อวิชาพิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

เป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ กำหนดค่าคะแนนน้ำหนัก 5 ระดับ ซึ่งมีความหมายดังนี้

มีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้คะแนน 5 คะแนน
มีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วย	ให้คะแนน 4 คะแนน
มีความคิดเห็นในระดับไม่แน่ใจ	ให้คะแนน 3 คะแนน
มีความคิดเห็นในระดับไม่เห็นด้วย	ให้คะแนน 2 คะแนน
มีความคิดเห็นในระดับไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้คะแนน 1 คะแนน

ผู้ประเมิน ..... ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง นักเรียนเลือกข้อความแล้วทำเครื่อง ✓ ตรงกับความรู้สึกมากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหามีรายละเอียดชัดเจน เข้าใจง่าย					
2. เนื้อหามีความเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน					
3. เนื้อหามีปริมาณเหมาะสมกับเวลาที่ใช้สอน					
4. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
5. กิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจน					
6. กิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียน					
7. กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือกัน					
8. เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
9. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ร้อยละเว้าชั้น					
10. เร้าความสนใจให้เกิดการฝึกซ้อม					
11. กระตุนให้เกิดกระบวนการคิด					
12. ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้					
13. มีการใช้การวัดและประเมินผลที่หลากหลาย					
14. มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง					
15. นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ตารางที่ ก.1 ผลร้อยละและแปลความหมายของระดับความคิดเห็นนักเรียน

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียนแต่ละระดับ ความคิด					ค่าเฉลี่ย ของระดับ ความ คิดเห็น	ร้อย ละ	แปล ความหมาย
	5	4	3	2	1			
1. เนื้อหามีรายละเอียดชัดเจน เข้าใจง่าย	7	11	10	2	0	3.77	75.33	มาก
2. เนื้อหามีความเหมาะสมสมกับความสามารถ ของผู้เรียน	9	14	7	0	0	4.07	81.33	มาก
3. เนื้อหามีปริมาณเหมาะสมสมกับเวลาที่ ใช้สอน	5	10	9	6	0	3.47	69.33	มาก
4. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	10	14	6	0	0	4.13	82.67	มาก
5. กิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอน ชัดเจน	11	11	5	3	0	4.00	80.00	มาก
6. กิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และ การแก้ปัญหาของผู้เรียน	11	9	8	2	0	3.97	79.33	มาก
7. กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือกัน	9	13	8	0	0	4.03	80.67	มาก
8. เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความ เหมาะสม	8	12	7	3	0	3.83	76.67	มาก
9. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ง่าย และรวดเร็วขึ้น	10	11	7	2	0	3.97	79.33	มาก
10. เร้าความสนใจให้เกิดการฝึก	10	14	5	1	0	4.10	82.00	มาก
11. กระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิด	12	10	8	0	0	4.13	82.67	มาก
12. ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ ประกอบการเรียนรู้	17	8	5	0	0	4.40	88.00	มาก
13. มีการใช้การวัดและประเมินผล ที่หลากหลาย	4	10	12	4	0	3.47	69.33	ปานกลาง
14. มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	7	12	11	0	0	3.87	77.33	มาก
15. นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงาน ตนเองและงานของเพื่อน เฉลี่ยรวม	8	15	5	2	0	3.97	79.33	มาก
						3.94	78.89	มาก

(n=30)

ก.4 แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียนแต่ละระดับความคิด				
	5	4	3	2	1
<p>1. ด้านการออกแบบสื่อ</p> <p>1.1 ถูกต้องตามหลักการผลิตสื่อ</p> <p>1.2 ราคาไม่แพงต้นทุนการผลิตต่ำคุ้มค่าต่อการใช้งาน</p> <p>1.3 มีความคงทน สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก</p> <p>1.4 เป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม</p> <p>1.5 ทันสมัยแปลงใหม่ต่อจากการเรียนปกติ</p> <p>1.6 เป็นสื่อที่ส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรมให้แก่ผู้เรียนไม่ขัดต่อคุณธรรมและจริยธรรมที่พึงมีพึงปฏิบัติ</p> <p>2. ด้านการใช้งาน</p> <p>2.1 ปลดปล่อยสะดวก ง่ายต่อการใช้งาน</p> <p>2.2 เร้าความสนใจให้เกิดการฝึกหัดเรื่องที่ต้องศึกษา</p> <p>2.3 ช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน</p> <p>2.4 กระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิด</p> <p>2.5 ส่งเสริมปัญญาสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน</p> <p>2.6 ส่งเสริมผู้เรียนให้เป็นผู้ปฏิบัติ</p> <p>3. ด้านเนื้อหา</p> <p>3.1 มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา</p> <p>3.2 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้</p> <p>3.3 ถ่ายทอดเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม</p> <p>3.4 เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่</p> <p>3.5 ช่วยให้ผู้เรียนได้ขอสรุปที่ถูกต้อง</p> <p>3.6 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายและสามารถจำได้นาน</p>					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ตารางที่ ก.2 ผลร้อยละและแปลความหมายของระดับความคิดเห็นครุกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	จำนวนนักเรียนแต่ละระดับความคิด					ค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็น	ร้อยละ	แปลความหมาย
	5	4	3	2	1			
<b>1. ด้านการออกแบบสื่อ</b>								
1.1 ถูกต้องตามหลักการผลิตสื่อ	12	18	0	0	0	4.40	88.00	มาก
1.2 ราคาไม่แพงต้นทุนการผลิตต่ำคุ้มค่าต่อการใช้งาน	24	6	0	0	0	4.80	96.00	มากที่สุด
1.3 มีความคงทน สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก	15	14	1	0	0	4.47	89.33	มาก
1.4 เป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม	18	11	1	0	0	4.57	91.33	มากที่สุด
1.5 ทันสมัยแปลกใหม่ต่างจากการเรียนปกติ	22	7	1	0	0	4.70	94.00	มากที่สุด
1.6 .เป็นสื่อที่ส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรมให้แก่ผู้เรียนไม่ขัดต่อคุณธรรมและจริยธรรมที่พึงนีพึงปฏิบัติ	21	8	1	0	0	4.67	93.33	มากที่สุด
<b>2. ด้านการใช้งาน</b>								
2.1 ปลอดภัยสะดวก ง่ายต่อการใช้งาน	20	10	0	0	0	4.67	93.33	มากที่สุด
2.2 .ร้าความสนใจให้เกิดการฝึกฝนเรื่องที่ต้องศึกษา	26	4	0	0	0	4.87	97.33	มากที่สุด
2.3 ช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน	25	5	0	0	0	4.83	96.67	มากที่สุด
2.4 กระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิด	26	4	0	0	0	4.87	97.33	มากที่สุด
2.5 ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน	21	9	0	0	0	4.70	94.00	มากที่สุด
2.6 ส่งเสริมผู้เรียนให้เป็นผู้ปฏิบัติ	22	8	0	0	0	4.73	94.67	มากที่สุด
<b>3. ด้านเนื้อหา</b>								
3.1 มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา	22	7	1	0	0	4.70	94.00	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	22	7	1	0	0	4.70	94.00	มากที่สุด
3.3 ถ่ายทอดเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม	24	6	0	0	0	4.80	96.00	มากที่สุด
3.4 เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่	23	7	0	0	0	4.77	95.33	มากที่สุด
3.5 ช่วยให้ผู้เรียนได้ข้อมูลที่ถูกต้อง	18	12	0	0	0	4.60	92.00	มากที่สุด
3.6 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย และสามารถจำได้นาน	24	6	0	0	0	4.80	96.00	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยรวม</b>						4.70	94.04	มากที่สุด

(n=30)

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (แผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้)

**แผนการจัดการเรียนรู้ 1**  
**รายวิชา ว 33204 พลิกส์เพิ่มเติม 4 ขั้นแม้ยมศึกษาปีที่ 6 ชื่อหน่วย ไฟฟ้าสถิต**  
**เรื่อง ประจำไฟฟ้า เวลา 5 ชั่วโมง**

---

**1. เป้าหมายการเรียนรู้**

1.1 ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประจำไฟฟ้าและชนิดของประจำไฟฟ้า

1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.2.1 นักเรียนสามารถทำกิจกรรมเพื่อศึกษาชนิดของแรงระหว่างประจำไฟฟ้าและชนิดของประจำไฟฟ้าได้

1.2.2 นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับประจำไฟฟ้าได้

1.2.3 นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของการเกิดประจำไฟฟ้า และชนิดของประจำไฟฟ้าได้

**2. สาระสำคัญ**

ประจำไฟฟ้า คืออุปกรณ์ทางไฟฟ้า มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ประจำไฟฟ้าบวก ประจำไฟฟ้าลบ การเกิดประจำไฟฟ้าเกิดขึ้นบนวัตถุใด ๆ เนื่องจากการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนในอะตอมของวัตถุ

**3. สารการเรียนรู้**

3.1 ประจำไฟฟ้า

3.2 สาเหตุที่ทำให้วัตถุเกิดประจำไฟฟ้าอิสระ

3.3 ชนิดของประจำไฟฟ้า

3.4 กิจกรรมที่ 1 ชนิดของแรงระหว่างประจำไฟฟ้าและชนิดของประจำไฟฟ้า

**4. ภาระงาน / ชิ้นงาน / การปฏิบัติ**

4.1 อ่านใบความรู้ เรื่อง ประจำไฟฟ้า

4.2 ทำแบบฝึกหัด เรื่อง ประจำไฟฟ้า

4.3 สร้างชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย

4.4 ทำการทดลองเพื่อหาชนิดของแรงระหว่างประจำไฟฟ้าและชนิดของประจำไฟฟ้า

**5. แนวทางการประเมิน**

5.1 ด้านความรู้ (K) นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประจำไฟฟ้า ลักษณะของการเกิดประจำไฟฟ้าและชนิดของประจำไฟฟ้าได้

วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
การทดสอบ	แบบทดสอบ ปรนัย จำนวน 7 ข้อ	ตอบถูก 8 ข้อ <sup>1</sup> ตอบถูก 6-7 ข้อ <sup>2</sup> ตอบถูก 4-5 ข้อ <sup>3</sup> ตอบถูก 0-3 ข้อ <sup>4</sup>	8 6-7 4-5 0-3	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับ คะแนน 4 ขึ้นไป

### 5.2 ด้านทักษะกระบวนการ (P)

- 5.2.1 นักเรียนสามารถสร้างชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายได้  
 5.2.2 นักเรียนสามารถทำการทดลองหาชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าและชนิดของประจุไฟฟ้าได้

วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	ระดับคะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
การทดลอง	แบบบันทึกผล	4	ดีมาก	ระดับคะแนน 2 ขึ้นไป
	การทดลอง	3	ดี	
		2	พอใช้	
		1	ปรับปรุง	

- 5.2.3 นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าได้

วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
แบบทดสอบ	แบบทดสอบ อัตนัย จำนวน 10 ข้อ	ตอบถูก 9-10 ข้อ	9-10	ดีมาก	ระดับคะแนน 5 ขึ้นไป
		ตอบถูก 7-8 ข้อ	7-8	ดี	
		ตอบถูก 5-6 ข้อ	5-6	พอใช้	
		ตอบถูก 0-4 ข้อ	0-4	ปรับปรุง	

### 5.3 ด้านคุณธรรม จริยธรรม (A) ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง ประจุไฟฟ้าประเมินด้าน คุณธรรม จริยธรรม 5 ข้อ ดังนี้

- 5.3.1 ตรงต่อเวลา หมายถึง เข้าเรียนตรงเวลา  
 5.3.2 มีวินัย หมายถึง แต่งกายถูกระเบียบของโรงเรียน  
 5.3.3 ใฝ่รู้ หมายถึง มีความพร้อมด้านอุปกรณ์การเรียน  
 5.3.4 ขานรับวิถีไทย หมายถึง มีสัมมาคาระต่อครูและให้เกียรติเพื่อนร่วมชั้นเรียน  
 5.3.5 ใส่ใจสุขภาพ หมายถึง แต่งกายสะอาด

วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
การสังเกต	แบบสังเกต พฤติกรรม	ปฏิบัติได้ 5 ข้อ	10	ดีมาก	ระดับคะแนน 6 ขึ้นไป
		ปฏิบัติได้ 4 ข้อ	8	ดี	
		ปฏิบัติได้ 3 ข้อ	6	พอใช้	
		ปฏิบัติได้ 0-2 ข้อ	0-4	ปรับปรุง	

## 6. การเตรียมล่วงหน้า ประกอบด้วย

- 6.1 ด้านสาระการเรียนรู้ วิเคราะห์เนื้อหาสาระ เรียงลำดับจากง่ายไปยาก
- 6.2 การวัดผลประเมินผล
  - 6.2.1 ด้านความรู้ (K) แบบทดสอบนัยก่อนหลังเรียน เรื่อง ประจุไฟฟ้า จำนวน 15 ข้อ พร้อมเกณฑ์การประเมิน
  - 6.2.2 ด้านทักษะกระบวนการ (P) แบบฝึกหัด เรื่อง ประจุไฟฟ้า จำนวน 10 ข้อ พร้อมเกณฑ์การประเมิน และจัดทำแบบประเมินการทดลองพร้อมเกณฑ์การประเมิน
  - 6.2.3 ด้านคุณธรรม จริยธรรม (A) แบบสังเกตพฤติกรรม พร้อมเกณฑ์การประเมิน
  - 6.2.4 จัดเตรียมกระดาษคำตอบด้านความรู้ (K) และกระดาษสำหรับตอบคำถาม
- 6.3 จัดเตรียมอุปกรณ์ตามใบงานที่ 1

## 7. กระบวนการจัดการเรียนรู้

### 7.1 ขั้นสร้างความสนใจ

- 7.1.1 ครูสำรวจรายชื่อนักเรียน ประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรม การเข้าเรียนตรงเวลา ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ การมีวินัย ใฝ่รู้ และใส่ใจสุขภาพ
- 7.1.2 แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4-6 คน จัดแบบคลุกเคลียดความสามารถในหนึ่งกลุ่มประกอบ ไปด้วย คนเก่ง ปานกลาง และต้องการพัฒนา และกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม ควรประกอบด้วย หัวหน้ากลุ่ม รองหัวหน้ากลุ่ม และเลขานุการกลุ่ม
- 7.1.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และการวัดผลประเมินผลด้าน KPA
- 7.1.4 ครูหยิบ ไม่บรรทัดอะคริลิค ขึ้นมา แล้วถูด้วยผ้าสักหลาด จากนั้นนำปลายของไม้ บรรทัดด้านที่ถูกถูเข้าใกล้กับกระดาษขึ้นเล็ก ๆ แล้วให้นักเรียนสังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น และให้นักเรียน ร่วมกันอภิปรายผลที่เกิดขึ้นว่าทำไม่ถึงเป็นเช่นนั้น
- 7.1.5 นักเรียนกลุ่มที่ 1 รับใบความรู้เรื่อง ประจุไฟฟ้า และแจกให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ทุกกลุ่ม

### 7.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

- 7.2.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารับอุปกรณ์การทดลองและใบกิจกรรมที่ครู เตรียมไว้ ที่หน้าชั้นเรียน

7.2.2 นักเรียนรับใบงานที่ 1 กิจกรรมที่ 1 ชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าและชนิดของ ประจุไฟฟ้าแบ่งภาระ และหน้าที่เพื่อทำใบงานที่ 2 ดังนี้

- คนที่ 1 อ่านข้อตอนการทดลองและบอกวิธีการทดลอง
- คนที่ 2 รับอุปกรณ์สำหรับทดลอง
- คนที่ 3 จัดเตรียมอุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง
- คนที่ 4 บันทึกผลการทดลอง
- คนที่ 5 จัดเก็บอุปกรณ์การทดลอง

7.2.3 ครูอธิบายและสาธิตการทดลองให้นักเรียนดู และให้แต่ละกลุ่มทำการทดลองโดยศึกษา จากใบงานเพิ่มเติม และบันทึกผลการทดลองในใบรายงานผลการทดลองที่ 2

- 7.2.4 เมื่อแต่ละกลุ่มทำการทดลองและบันทึกผลเรียบร้อยแล้ว ให้นำใบงานมาส่งที่ครู

7.2.5 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการทดลองและผลการทดลองโดยครูโดยให้คำแนะนำ และการต้นการอภิปรายของนักเรียน ซึ่งนักเรียนต้องตอบคำถามเหล่านี้ได้ คือ

- 1) แรงระหว่างประจุไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรบ้าง
- 2) การกระทำของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าที่เป็นชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน

มีลักษณะอย่างไร

7.2.6 นักเรียนทุกคนศึกษาใบความรู้ เรื่อง ประจุไฟฟ้า เมื่ออ่านจบแล้ว ควรแบ่งภาระหน้าที่เพื่อตอบคำถาม

คนที่ 1 อ่านคำถาม วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด

คนที่ 2, 3 ดำเนินการอภิปรายระดมความคิด วิเคราะห์แนวทางคำถาม และอธิบาย  
คำตอบตามที่โจทย์ต้องการ

คนที่ 4 เขียนคำตอบลงในกระดาษ

คนที่ 5 ตรวจสอบคำตอบและความถูกต้อง

### 7.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

7.3.1 นักเรียนร่วมอภิปรายชักถามบัญหา และสรุปสาระสำคัญ ได้ดังนี้

- 1) ประจุไฟฟ้าคือ ตัวการที่ทำให้เกิดอำนาจไฟฟ้า
- 2) อำนาจไฟฟ้า (Electricity) คือ ความสามารถแสดงแรงดึงดูดต่อวัตถุต่าง ๆ ได้  
อำนาจทางไฟฟ้าเรียกว่า ไฟฟ้าตรงกับภาษาอังกฤษว่า Electricity ซึ่งหมายถึงอำนาจ
- 3) การเกิดประจุไฟฟ้า เกิดขึ้นได้โดยการนำวัตถุต่างชนิดกันมาขัดกัน ประจุไฟฟ้ามี  
อยู่ 2 ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ โดยประจุไฟฟ้านิดเดียวกันย่อมผลักกัน แต่ประจุ  
ไฟฟ้าต่างชนิดกันย่อมดูดกัน

4) ทฤษฎีอิเล็กตรอนทฤษฎีนี้เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของอะตอม กล่าวคือ วัตถุทุกชนิด  
ย่อมประกอบด้วยอะตอมเป็นจำนวนมากมาก และแต่ละอะตอมจะประกอบด้วยอนุภาคมูลฐาน  
หลายชนิด การเกิดประจุไฟฟ้านั้นต้องมีการเคลื่อนที่ถ่ายเทอิเล็กตรอน

### 7.4 ขั้นขยายความรู้

7.4.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการเขียนการถ่ายเทประจุไฟฟ้าในการนำวัตถุต่างชนิดกันมา  
ขัดกัน โดยนักเรียนเป็นคนเลือกวัตถุที่นำมาขัดกันเอง

7.4.2 นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม เรื่อง ประจุไฟฟ้า จากหนังสือเรียนสาระ  
การเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม พิสิกส์ เล่ม 3 หนังสือคู่มือในห้องสมุดโรงเรียน หรือสืบค้นจาก  
อินเทอร์เน็ต

7.4.3 นักเรียนควรศึกษาใบความรู้ เรื่อง ประจุไฟฟ้า นอกเวลาเรียนเพื่อทบทวนให้เข้าใจ  
ยิ่งขึ้น

### 7.5 ขั้นประเมิน

7.5.1 นักเรียนทุกคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ประจุไฟฟ้า เพื่อวัดด้านทักษะกระบวนการ (P)

7.5.2 นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนวัดความรู้ด้าน (K) เพื่อประเมินผล  
การเรียนรู้เรื่อง ประจุไฟฟ้า

7.5.3 นักเรียนทุกคนส่งกระดาษคำถามและกระดาษคำตอบ เรื่อง ประจุไฟฟ้า

7.5.4 ชุมชนนักเรียนที่ทำคะแนนได้ดี ให้กำลังใจสำหรับนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

7.5.6 ครูนำแบบสรุปการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ปิดประกาศป้ายนิเทศหน้าชั้นเรียน

7.5.7 แจกชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่ายเพื่อให้นักเรียนนำไป ปรับปรุง/ทำต่อให้เสร็จ

## 8. สื่อการสอนและ แหล่งเรียนรู้

8.1 อุปกรณ์การทดลอง เรื่อง ประจุไฟฟ้า

8.2 ใบความรู้ที่ เรื่อง ประจุไฟฟ้า

8.3 ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย

8.4 แบบฝึกหัดที่เรื่อง ประจุไฟฟ้า พร้อมแนวการตอบ

## 9. บันทึกผลลัพธ์การเรียนรู้

ลงชื่อ.....

(นายยุทธศักดิ์ สวัสดิวงศ์ชัย)

ตำแหน่ง ครู

ข้อเสนอแนะหัวหน้าสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ลงชื่อ.....

## แผนการจัดการเรียนรู้ 2

### รายวิชา ว 33204 พลิกส์เพิ่มเติม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชื่อหน่วย ไฟฟ้าสถิต เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

เวลา 5 ชั่วโมง

#### 1. เป้าหมายการเรียนรู้

##### ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1.1 อธิบายความสัมพันธ์ของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ขนาดของประจุไฟฟ้า และระยะห่างระหว่างประจุไฟฟ้าในรูปแบบของกฎของคูลอมบ์ได้

1.2 แสดงวิธีการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงระหว่างประจุได้

1.3 อธิบายวิธีการพิจารณาแรงทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนประจุใดประจุหนึ่ง ในระบบประจุที่มีประจุตั้งแต่ 3 ประจุขึ้นไป

1.4 แสดงวิธีการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงระหว่างประจุในระบบประจุ โดยใช้ผลบวกแรงระหว่างประจุแบบเวกเตอร์ได้

#### 2. สาระสำคัญ

การตอบสนองแรงระหว่างประจุไฟฟ้าคู่หนึ่ง เรียกว่า แรงระหว่างประจุไฟฟ้าหรือแรงคูลอมบ์ โดยขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า 2 ประจุ มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณ ของขนาดประจุไฟฟ้าทั้งสอง และเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะห่างประจุทั้งสองด้วย หรือ

$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

เมื่อ  $F$  แทน ขนาดของแรงระหว่างประจุ หรือแรงคูลอมบ์ หน่วยนิวตัน (N)

$k$  แทน ค่าคงตัวเรียกว่าค่านิจของคูลอมบ์ โดย  $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

$Q$  และ  $q$  แทน ขนาดของประจุไฟฟ้า หน่วยคูลอมบ์ (C)

$r$  แทน ระยะห่างระหว่างประจุไฟฟ้าทั้งสอง หน่วยเมตร (m)

แรงระหว่างประจุนี้เป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างคู่ประจุ ถ้าในระบบที่พิจารณาไม่มีประจุตั้งแต่ 3 ประจุขึ้นไป แรงระหว่างประจุที่กระทำต่อบริจุใดประจุหนึ่งจะมีมากกว่า 1 แรง โดย ขนาดของแรงไฟฟ้า ลัพธ์เท่ากับผลบวกแรงระหว่างประจุนั้นกับประจุอื่น ๆ แบบเวกเตอร์

#### 3. สาระการเรียนรู้

3.1 แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

3.2 กฎของคูลอมบ์

#### 4. ภาระงาน / ชิ้นงาน / การปฏิบัติ

4.1 อ่านใบความรู้ เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

4.2 ทำแบบฝึกหัด เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

## 5. แนวทางการประเมิน

5.1 ด้านความรู้ (K) นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ลักษณะของ การเกิดประจุไฟฟ้าและชนิดของประจุไฟฟ้าได้

วิธี การประเมิน	เครื่องมือ การประเมิน	เกณฑ์ การประเมิน	ระดับ คะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
การทดสอบ	แบบทดสอบ ปรนัย จำนวน 8 ข้อ	ตอบถูก 7 ข้อ ตอบถูก 5-6 ข้อ ตอบถูก 3-4 ข้อ ตอบถูก 0-2 ข้อ	7 5-6 3-4 0-2	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับ คะแนน 4 ขึ้นไป

## 5.2 ด้านทักษะกระบวนการ (P)

5.2.1 นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุไฟฟ้าได้

วิธี การประเมิน	เครื่องมือ การประเมิน	เกณฑ์ การประเมิน	ระดับ คะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
แบบทดสอบ	แบบทดสอบ อัตนัย จำนวน 10 ข้อ	ตอบถูก 9-10 ข้อ ตอบถูก 7-8 ข้อ ตอบถูก 5-6 ข้อ ตอบถูก 0-4 ข้อ	9-10 7-8 5-6 0-4	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับ คะแนน 5 ขึ้นไป

5.3 ด้านคุณธรรม จริยธรรม (A) ในการจัดการเรียนการสอนประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรม 5 ข้อ ดังนี้

- 5.3.1 ตรงต่อเวลา หมายถึง เข้าเรียนตรงเวลา
- 5.3.2 มีวินัย หมายถึง แต่งกายถูกระเบียบของโรงเรียน
- 5.3.3 ใฝร์ หมายถึง มีความพร้อมด้านอุปกรณ์การเรียน
- 5.3.4 ขานรับวิถีไทย หมายถึง มีสัมมาคารواต่อครูและให้เกียรติเพื่อนร่วมชั้นเรียน
- 5.3.5 ใส่ใจสุขภาพ หมายถึง แต่งกายสะอาด

วิธี การประเมิน	เครื่องมือ การประเมิน	เกณฑ์ การประเมิน	ระดับ คะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
การสังเกต	แบบสังเกต พฤติกรรม	ปฏิบัตได้ 5 ข้อ ปฏิบัตได้ 4 ข้อ ปฏิบัตได้ 3 ข้อ ปฏิบัตได้ 0-2 ข้อ	10 8 6 0-4	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับ คะแนน 6 ขึ้นไป

## 6. การเตรียมล่วงหน้า ประกอบด้วย

6.1 ด้านสาระการเรียนรู้ วิเคราะห์เนื้อหาสาระ เรียงลำดับจากง่ายไปยาก

6.2 การวัดผลประเมินผล

6.2.1 ด้านความรู้ (K) แบบทดสอบปรนัยก่อนหลังเรียน เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า จำนวน 7 ข้อ พร้อมเกณฑ์การประเมิน

6.2.2 ด้านทักษะกระบวนการ (P) แบบฝึกหัด เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า จำนวน 10 ข้อ พร้อมเกณฑ์การประเมิน และจัดทำแบบประเมินการทดลองพร้อมเกณฑ์การประเมิน

6.2.3 ด้านคุณธรรม จริยธรรม (A) แบบสังเกตพฤติกรรม พร้อมเกณฑ์การประเมิน

6.2.4 จัดเตรียมกระดาษคำตอบด้านความรู้ (K) และกระดาษสำหรับตอบคำถาม

6.3 จัดเตรียมอุปกรณ์ตามใบงาน

## 7. กระบวนการจัดการเรียนรู้

7.1 ขั้นสร้างความสนใจ

7.1.1 ครูสำรวจรายชื่อนักเรียน ประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรม การเข้าเรียนตรงเวลา ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ การมีวินัย ใฝร์ และใส่ใจสุขภาพ

7.1.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และการวัดผลประเมินผลด้าน KPA

7.1.4 ครูแสดงแผนภาพแรงระหว่างประจุไฟฟ้าในชุดกิจกรรม แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบ คำถามในชุดกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

7.1.5 ครูแสดงแผนผังของแรงที่กระทำต่อวัตถุในชุดกิจกรรม ร่วมกับนักเรียน เอียนทิศทาง ของแรงที่กระทำบนแผนผังของแรง ให้ถูกต้อง พร้อมทั้งกระตุ้นความนักเรียนถึงหลักการในกระบวนการ ทิศทางของแรงชนิดต่าง ๆ ที่ปรากฏในที่นี้

7.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

7.2.1 ครูแสดงกราฟจากชุดกิจกรรม บอกที่มาของกราฟ และ ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ความหมายของกราฟดังกล่าวว่า แสดง ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ อย่างไร และตอบคำถามในชุด กิจกรรม

7.2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาใบความรู้ เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า เมื่ออ่านจบแล้ว ควรแบ่ง ภาระหน้าที่ เพื่อตอบคำถาม

คนที่ 1 อ่านคำถาม วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด

คนที่ 2, 3 ดำเนินการอภิปรายระดมความคิด วิเคราะห์แนวทางคำถาม และอธิบาย คำตอบตามที่โจทย์ต้องการ

คนที่ 4 เขียนคำตอบลงในกระดาษ

คนที่ 5 ตรวจสอบคำตอบและความถูกต้อง

7.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

7.3.1 ครูร่วมกับนักเรียนสรุปความสัมพันธ์จากการเป็นกฎของคูลومบ์ พร้อมระบุหน่วย ของปริมาณต่าง ๆ ตามกฎของคูลومบ์

ควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่า แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ จึงต้องมีการระบุทั้งขนาดและทิศทางโดยทิศทางของแรงคือมันนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของประจุทั้งสอง (ประจุต่าง แรงดูด ประจุเมื่อน แรงผลัก) และในการคำนวณไม่ต้องแทนชนิดของประจุลงไป (แรงจะมีขนาดเป็นบวกเสมอ)

#### 7.4 ขั้นขยายความรู้

7.4.1 ครูอธิบายเรื่องแรงในระบบประจุ แสดง แผนภาพระบบประจุ แล้วให้นักเรียนระบุทิศทาง ของแรงที่กระทำบนประจุใดประจุหนึ่งเนื่องจากประจุอื่น ๆ แล้วแสดงวิธีการหาค่าแรงทางไฟฟ้าลัพธ์จากผลรวมของแรงระหว่างประจุแบบเวกเตอร์

7.4.2 ให้นักเรียนทำแบบฝึกการคำนวณ ในชุด กิจกรรม ระหว่างที่นักเรียนทำแบบฝึกการคำนวณครุควารเดินดูและสังเกตพร้อมให้คำแนะนำเทคนิค การคำนวณต่าง ๆ และประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนไปในคราวเดียวอีกทั้งจะทำให้นักเรียนต้องพยายามทำด้วยตนเอง หรือใช้การปรึกษากันภายในกลุ่มนักเรียน จะลดการลอกแบบฝึกหัดมาสัง นักเรียนจะฝึกคิดเอง ทำเองได้มากกว่า การที่ปล่อยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดโดยอิสระ

7.4.3 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดการคำนวณ เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า ในชุดกิจกรรม

7.4.4 ให้นักเรียนสรุปหลักการของกฎของคูลอมบ์ พร้อมหลักการคำนวณเป็นผังมโนทัศน์

7.4.5 ให้นักเรียนเขียนบันทึกหลังการเรียนดังนี้

1) นักเรียนประทับใจในการเรียนเรื่องนี้หรือไม่ อย่างไร

2) นักเรียนต้องการทราบอะไรเพิ่มเติมอีกบ้าง

3) นักเรียนยังมีข้อสงสัยเรื่องใดอีกบ้าง

#### 7.5 ขั้นประเมิน

7.5.1 สังเกตขณะนักเรียนทำการทดลองและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

7.5.2 ศึกษาผลการประเมินตนเองของนักเรียน

7.5.3 สังเกตการตอบคำถามในห้องและการตอบคำถามในชุดกิจกรรม

7.5.6 สังเกตการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

7.5.7 ตรวจแบบฝึกหัดและแบบฝึกการคำนวณ

7.5.8 ตรวจผลการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน

#### 8. สื่อการสอนและ แหล่งเรียนรู้

8.4 แบบฝึกหัดที่เรื่อง แรงระหว่างประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ พร้อมแนวทางตอบ

## 9. บันทึกผลหลังการเรียนรู้

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

ลงชื่อ.....

(นายยุทธศักดิ์ สวัสดิวงศ์ชัย )

ตำแหน่ง ครู

ข้อเสนอแนะหัวหน้าสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

---

---

---

---

---

---

---

---

---

ลงชื่อ.....

## เอกสารประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ประจุไฟฟ้า

รายวิชา พิสิกส์เพิ่มเติม 4 (ว 33204)	ในความรู้ที่ 1	
ขั้นมารยมศึกษาปีที่ 6		ใช้ประกอบแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1
เรื่อง ประจุไฟฟ้า		

**ประจุไฟฟ้า (Electric Charge)** คือ ตัวการที่ทำให้เกิดอำนาจไฟฟ้า (แรงดูด)

ทาลิส (Thales) นักปรัชญากรีกนำแท่งอิฐพันมาถูกกับผ้าขนสัตว์ แท่งอิฐพันสามารถดูดวัตถุ เบ้า ๆ ได้ เช่น ขันนก อำนาจที่เกิดขึ้นนี้ได้ถูกเรียกว่า อำนาจไฟฟ้า

**อำนาจไฟฟ้า (Electricity)** คือ ความสามารถแสดงแรงดึงดูดต่อวัตถุต่าง ๆ ได้ อำนาจทางไฟฟ้าเรียกวัน ๆ ว่า ไฟฟ้า ตรงกับภาษาอังกฤษว่า Electricity มาจากคำว่า Elektron ในภาษากรีก ซึ่งหมายถึงอิฐพัน

**อิฐพัน (Amber)** คือยางสนที่แข็งตัวจนเกือบกลายเป็นหินมีลักษณะคล้ายพลาสติกโปร่งแสง มีสีน้ำตาลแกรมแดง สามารถขัดให้เงาได้ง่าย นิยมทำเป็นเครื่องประดับ มีมากในประเทศเยอรมันและโปแลนด์ เกิดจากต้นสนทับถมกันจนดินจมทรัยมานานนับพันนับหมื่นปี อิฐพันมีความแข็ง 6 (เพชรซึ่งแข็งที่สุดมีความแข็ง 10)

**สาเหตุที่ทำให้วัตถุเกิดประจุไฟฟ้าอิสระทำได้ 3 วิธี** คือ

1. การขัดสีกันของวัตถุที่เหมะสม 2 ชนิด และประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนผิววัตถุคู่หนึ่ง ๆ จะเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันเสมอ ได้มีการทำบัญชีของวัตถุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตโดยการขัดสี โดยเรียงตามลำดับการขัดสี ดังนี้

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. ขันสัตว์              | 11. แก้วผิวขุขระ         |
| 2. ขันแกะ หรือผ้าสักหลาด | 12. ผิวหนัง              |
| 3. ไม้                   | 13. โลหะต่าง ๆ           |
| 4. เขลแลค                | 14. ยางอินเดีย           |
| 5. ยางสน                 | 15. อิฐพัน               |
| 6. คริสตัล               | 16. กำมะถัน              |
| 7. แก้วผิวเคลือบ         | 17. อิโนไนต์             |
| 8. ผ้าฝ้าย หรือสำลี      | 18. ยาง                  |
| 9. กระดาษ                | 19. ผ้าแพร (Amalgamated) |
| 10. ผ้าแพร               | 20. เชลล์คูลอยด์         |

การขัดสีกันของวัตถุ 2 ชนิด หลังการขัดสี

- วัตถุหมายเลขน้อย มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก
- วัตถุหมายเลขมาก มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ

2. การเหนี่ยวนำทำได้โดย นำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าอิสระอยู่แล้วมาทำการเหนี่ยวนำ ซึ่งทำให้ตัวนำเกิดประจุไฟฟ้าอิสระด้วยการเหนี่ยวนำ สรุปได้ว่า

ก. ประจุไฟฟ้าอิสระที่ตัวนำได้รับจะเป็นประจุไฟฟ้านิดตรงกันข้ามกับชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่ใช้เหนี่ยวนำ

ข. วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวเหนี่ยวนำไม่สูญเสียประจุไฟฟ้าไปเลย

3. การสัมผัสโดยการนำวัตถุตัวนำอื่นที่มีประจุไฟฟ้าอิสระอยู่แล้วมาสัมผัสกับตัวนำที่เราต้องการจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าอิสระ การกระทำเช่นนี้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าเท่ากัน ตามทฤษฎีอิเล็กตรอน การถ่ายเทประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน การเกิดประจุไฟฟ้าอิสระด้วยการสัมผัส สรุปได้ดังนี้

ก. ประจุไฟฟ้าอิสระที่ตัวนำได้รับจะเป็นประจุไฟฟ้านิดเดียวกันกับชนิดของประจุไฟฟ้าบนตัวนำที่นำมาสัมผัสเสมอ

ข. เมื่อสัมผัสกันแล้วตัวนำทั้งสองจะมีค่ายกไฟฟ้าเท่ากัน

ค. ประจุไฟฟ้ารวมทั้งหมดบนตัวนำทั้งสองภายหลังสัมผัสกันแล้วจะมีจำนวนเท่ากับประจุไฟฟ้าทั้งหมดก่อนสัมผัสกัน

### ชนิดของประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ

1. ประจุไฟบวก (Positive charge) คือ วัตถุที่ได้สูญเสียอิเล็กตรอนไป

2. ประจุไฟลบ (Negative charge) คือ วัตถุที่ได้รับอิเล็กตรอนเพิ่ม

วัตถุที่มีจำนวนอิเล็กตรอนและ proton เท่ากันจะไม่แสดงอำนาจทางไฟฟ้า เรียกว่า วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

ทฤษฎีที่ใช้ในปัจจุบัน คือทฤษฎีอิเล็กตรอน กล่าวว่า วัตถุทุกชนิดย่อมประกอบของatom เป็นจำนวนมากมาย และแต่ละอะตอมประกอบอนุภาคมูลฐานหลายชนิด เช่น อิเล็กตรอน proton นิวตรอน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอะตอม

ปกติอะตอมของธาตุย่อมเป็นกลาง คือ ไม่แสดงอำนาจไฟฟ้า อธิบายปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าจะอธิบายโดยใช้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นหลัก proton หลุดจากนิวเคลียสได้ยาก ส่วนอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่หลุดออกจากนิวเคลียสได้ง่ายกว่า เมื่ออิเล็กตรอนที่หลุดจากอะตอมได้ที่เป็นกลาง เข้าสู่อะตอมที่เป็นกลาง อะตอมที่สูญเสียอิเล็กตรอนจะแสดงอำนาจไฟฟ้าบวก ส่วนอะตอมอื่นที่เป็นกลางเมื่อได้รับอิเล็กตรอนจะแสดงอำนาจไฟฟ้าลบ

### ชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า

1. แรงระหว่างประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ แรงดูดกับแรงผลัก

2. ประจุไฟฟ้านิดเดียวกันจะผลักกัน ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะดูดกัน

3. วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะดูดวัตถุที่เป็นกลางเสมอ

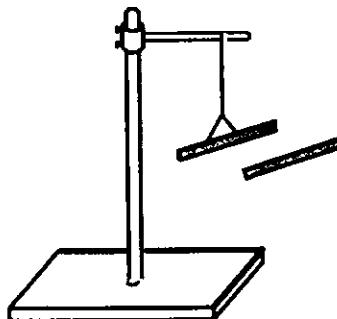
4. แรงกระทำบนวัตถุ เป็นแรงต่างร่วม คือ เป็นแรงที่กระทำซึ่งกันและกัน และมีค่าเท่ากัน โดยไม่คำนึงถึงประจุไฟฟ้าทั้งสองว่าจะเท่ากันหรือไม่ก็ตาม

ใบงานที่ 1  
รายวิชา ว 33204 พลิกส์เพิ่มเติม 4 ขั้นแมรย์มศึกษาปีที่ 6 ชื่อหน่วย ไฟฟ้าสถิต  
**เรื่อง ประจุไฟฟ้า** เวลา 2 ชั่วโมง

**การทดลอง เรื่อง ชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าและชนิดของประจุไฟฟ้า**  
คำชี้แจง ให้นักเรียนทำการทดลองตามวิธีการทดลองต่อไปนี้ พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองให้สมบูรณ์  
**วัสดุอุปกรณ์**

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. แผ่นพีวีซี	2
2. แผ่นเปอร์สเปกซ์	2
3. ผ้าสักหลาด	1
4. ขาตั้ง	1
5. เส้นด้าย	ยาวประมาณ 1 เมตร

**วิธีทดลอง**



รูปการนำปลายแผ่นพีวีซีที่ถูกด้วยผ้าสักหลาดเข้าใกล้ปลายของแผ่นพีวีซีที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งแขวนอยู่ นำปลายหนึ่งของเส้นด้ายผูกโยงกับแผ่นพีวีซี ดังรูป แล้วนำอีกปลายหนึ่งของเส้นด้ายผูกกับขาตั้ง จัดให้เส้นด้ายผูกกับแขนขาตั้ง จัดให้เส้นด้ายห้อยในแนวตั้ง และให้แผ่นพีวีซีวางตัวในแนวระดับ จับปลายข้างหนึ่งของแผ่นพีวีซีนี้ถูกด้วยผ้าสักหลาดเพื่อให้มีประจุไฟฟ้า แล้วปล่อยให้แผ่นพีวีซีวางตัว ในแนวระดับตั้งเดิม นำแผ่นพีวีซีอีกแผ่นหนึ่งที่ถูกปลายข้างหนึ่งด้วยผ้าสักหลาดลงมีประจุไฟฟ้า แล้วนำไปใกล้ปลายที่มีประจุไฟฟ้าของแผ่นพีวีซีที่แขวนอยู่ดังรูป สังเกตการณ์เบนของแผ่นพีวีซี ที่แขวนอยู่

ทำการทดลองดังเดิม โดยเปลี่ยนแผ่นพีวีซีที่แขวนกับเส้นด้ายเป็นแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุไฟฟ้า และนำแผ่นเปอร์สเปกซ์อีกอันหนึ่งที่มีประจุไฟฟ้ามาเข้าใกล้ สังเกตการณ์เบนของแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่แขวนอยู่ หลังจากนั้น ทำการทดลองสลับชนิดของแผ่นที่แขวนเป็นแผ่นพีวีซี แล้วทำให้มีประจุไฟฟ้า แต่ใช้แผ่นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุไฟฟ้า สังเกตผลที่เกิดขึ้น

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำการทดลองตามวิธีการทดลองต่อไปนี้ พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองให้สมบูรณ์  
วัสดุอุปกรณ์

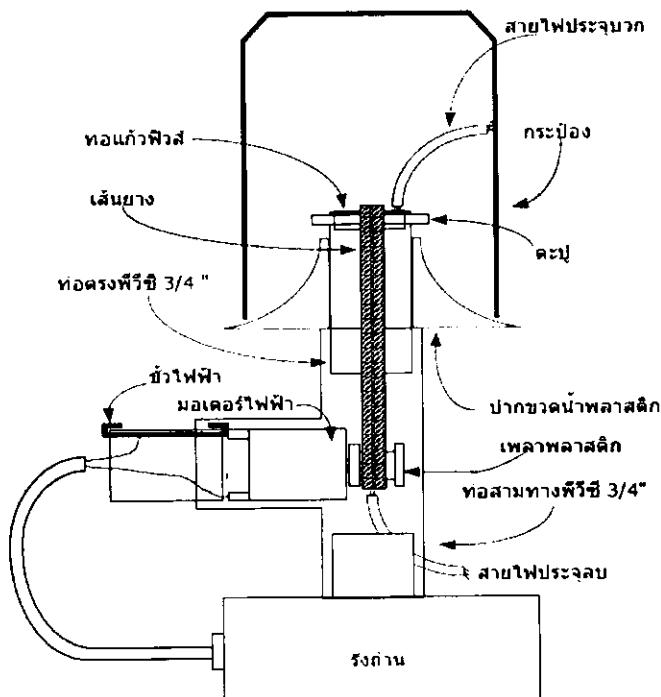
รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็ก 4.5 โวลต์	1 ตัว
2. พิวส์ขนาด 0.5 แอมป์	1 ตัว
3. ยางแบบหนา 0.5 ซม.	1 เส้น
4. ตะปูยาว 2 นิ้ว	1 ตัว
5. สายไฟฟ้อย ยาว 20 ซม.	1 เส้น
6. สายไฟฟ้อย ยาว 15 ซม.	2 เส้น
7. แกนเพลาพลาสติก	1 ชิ้น
8. ห่อพีวีซีตรง 3/4" ยาว .7m 3.6	1 ชิ้น
9. ห่อพีวีซีตรง 3/4" ยาว 2.0 ซม.	1 ชิ้น
10. ห่อพีวีซีสามทาง 3/4"	1 ชิ้น
11. รังถ่านไฟฉาย 3 ก้อน	1 ชิ้น
12. กระปองเครื่องดื่มเปล่า	1 กระปอง
13. ปากขวดพลาสติก	1 ชิ้น
14. สวิทช์	1 ตัว

#### ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

##### การสร้างชุดทดลองแวนเดอกราฟอย่างง่าย

- สร้างส่วนฐานโดยนำห่อพีวีซีตรง ทางการแห่งเรือติดกับรังถ่านหรือแผ่นไม้
- สร้างส่วนยึดตะปู โดยใช้ตะปูสามเหลี่ยมขัดร่องใส่ตะปูด้านบนห่อพีวีซีตรง โดยให้ความลึกพอตีกับขนาดตะปู
- ทำห่อแก้วจากพิวส์ โดยถอดข้อพิวส์ทั้งสองด้านออกโดยใช้ความร้อนจากหัวแร้ง และใช้คีมจับข้าดึงข้อพิวส์ออก
- นำเพลาพลาสติกต่อเข้ากับมอเตอร์
- ต่อสายไฟคู่ยาว 20 ซม. เส้นหนึ่งต่อเข้ากับข้อด้านหนึ่งของมอเตอร์ ส่วนอีกข้อด้านหนึ่งต่อเข้ากับสวิตช์
- ประกอบมอเตอร์เข้ากับห่อสามทางด้านที่ตั้งจากกับแนวห่อ ใช้เทปการพันรอบตัวมอเตอร์ เพื่อให้กระชับขนาดของห่อ ต่อสายไฟจากมอเตอร์และสวิตช์เข้ากับรังถ่าน
- นำห่อพีวีซีต่อเข้ากับห่อสามทางด้านแนวตรงแล้วนำตะปูร้อยเข้ากับห่อแก้วบนร่องหีดทะไบไว้
- นำധนร้อยเข้ากับเพลาของมอเตอร์และห่อแก้วที่รวมอยู่บนร่องของห่อพีวีซี
- สร้างแท่นรองกระปองโดยให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องพอตีกับห่อพีวีซีแล้วนำมาใส่ลงในห่อพีวีซีด้านบน

10. ติดตั้งสายไฟประจุลับ โดยนำสายไฟยาว 15 ซม. ตัดจนวนพลาสติกออกประมาณ 0.5 ซม. นำสายไฟใส่เข้าในช่องที่ท่อพีวีซีสามทางให้ปลายเกือบสัมผัสถกับเส้นยาง ใช้เทปการติดสายไฟกับท่อพีวีซี



ภาพที่ 2. แสดงส่วนประกอบอุปกรณ์ชุดทดลองแวนเดอกราฟอย่างง่าย

11. ติดตั้งสายไฟประจุลับ โดยนำสายไฟยาว 15 ซม. ตัดจนวนพลาสติกออกประมาณ 0.5 ซม. ส่วนอีกด้านหนึ่งตัดจนวนออกประมาณ 10 ซม. นำด้านที่ตัดจนวนออก 0.5 ซม. มาติดไว้กับปากท่อพีวีซี ให้เกือบสัมผัสถกับเส้นยาง ติดสายไฟไว้กับปากท่อพีวีซีด้วยเทปการ ส่วนอีกปลายด้านหนึ่งนำมาติดไว้กับปากขวดพลาสติก

12. นำกระปองน้ำอัดลมที่เปิดฝาแล้วมาวางบนแท่นรองกระปอง (ปากขวดน้ำ) ติดกระปองไว้บนแท่นรองด้วยเทปการ

#### ขั้นตอนการทดสอบชุดทดลองแวนเดอกราฟอย่างง่าย

ทดสอบการทำงานโดยตัดกระดาษให้เป็นเส้นๆ และนำมาติดไว้ที่ด้านบนของกระปองด้วยเทปการ กดสวิตซ์ให้มอเตอร์ทำงานเมื่ออิเล็กตรอนถูกดึงออกไปแล้วทำให้ผิวด้านนอกของกระปองและเส้นกระดาษมีประจุเป็นบวก สังเกตว่ากระดาษจะคายชาชี้ขึ้น เนื่องจากเป็นประจุชนิดเดียวกัน จึงเกิดแรงผลักกระห่วงประจุ

ใบรายงานผลการทดลองที่ 2

รายวิชา ฯ 40204 พลิกส์เพิ่มเติม 4 ขั้นแมรย์ศึกษาปีที่ 6 ชื่อหน่วย ไฟฟ้าสถิต

เรื่อง ประจุไฟฟ้า

เวลา 2 ชั่วโมง

การทดลอง เรื่อง ชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าและชนิดของประจุไฟฟ้า  
จุดประสงค์ .....

ปัญหา.....

สมมติฐาน.....

วิธีการทดลอง.....

ผลการทดลอง

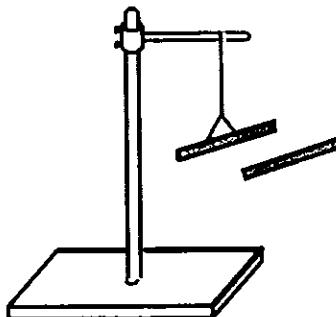
สรุปผลการทดลอง

สมาชิกกลุ่ม	1. ชื่อ.....	นามสกุล.....	ชั้น.....	เลขที่.....
	2. ชื่อ.....	นามสกุล.....	ชั้น.....	เลขที่.....
	3. ชื่อ.....	นามสกุล.....	ชั้น.....	เลขที่.....
	4. ชื่อ.....	นามสกุล.....	ชั้น.....	เลขที่.....
	5. ชื่อ.....	นามสกุล.....	ชั้น.....	เลขที่.....

เฉลยใบรายงานผลการทดลองที่ 2  
**รายวิชา ว 33204 พิสิกส์เพิ่มเติม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชื่อหน่วย ไฟฟ้าสถิต  
 เรื่อง ประจุไฟฟ้า**

เวลา 2 ชั่วโมง

**การทดลอง เรื่อง ชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าและชนิดของประจุไฟฟ้า**  
**จุดประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าและชนิดของประจุไฟฟ้า**  
**ปัญหา วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าสองชนิดสามารถมีแรงดึงกันหรือมีแรงผลักกันหรือไม่**  
**สมมุติฐาน วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าสองชนิดสามารถมีแรงดึงกันหรือมีแรงผลักกัน**  
**วิธีการทดลอง**



รูปการนำปลายแผ่นพิวชีที่ถูกดัดด้วยผ้าสักหลาดเข้าใกล้ปลายของแผ่นพิวชีที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งแขนอยู่ นำปลายหนึ่งของเส้นด้ายผูกโยงกับแผ่นพิวชี ดังรูป และนำอีกปลายหนึ่งของเส้นด้ายผูกกับขาตั้ง จัดให้เส้นด้ายผูกกับแขนขาตั้ง จัดให้เส้นด้ายห้อยในแนวตั้ง และให้แผ่นพิวชีวางตัวในแนวระดับ จับปลายข้างหนึ่งของแผ่นพิวชีนี้ถูกดัดด้วยผ้าสักหลาดเพื่อให้มีประจุไฟฟ้า และปล่อยให้แผ่นพิวชีวางตัวในแนวระดับดังเดิม นำแผ่นพิวชีอีกแผ่นหนึ่งที่ถูกปลายข้างหนึ่งดัดด้วยผ้าสักหลาดจนมีประจุไฟฟ้า และนำไปใกล้ปลายที่มีประจุไฟฟ้าของแผ่นพิวชีที่แขนอยู่ดังรูป สังเกตการณ์เบนของแผ่นพิวชีที่แขนอยู่

ทำการทดลองดังเดิม โดยเปลี่ยนแผ่นพิวชีที่แขนกับเส้นด้ายเป็นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุไฟฟ้า และนำแผ่นเปอร์สเปกซ์อันหนึ่งที่มีประจุไฟฟ้ามาเข้าใกล้ ทำการทดลองสลับชนิดของแผ่นที่แขนเป็นแผ่นพิวชี และทำให้มีประจุไฟฟ้า และใช้แผ่นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุไฟฟ้า สังเกตผลที่เกิดขึ้น

#### ตัวอย่างผลการทดลอง

ชนิดของวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า	ชนิดของแรง
แผ่นพิวชี กับ แผ่นพิวชี	ผลักกัน
แผ่นเปอร์สเปกซ์ กับ แผ่นเปอร์สเปกซ์	ผลักกัน
แผ่นพิวชี กับ แผ่นเปอร์สเปกซ์	ดูดกัน

### สรุปผลการทดสอบ

1. แรงระหว่างประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ แรงดูด กับ แรงผลัก
2. ในการใช้วัตถุคู่หนึ่งถูกัน ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนวัตถุหนึ่งจะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดิมเสมอ แต่ถ้าถูกด้วยวัตถุต่างชนิด ประจุไฟฟ้านั้นอาจมีประจุไฟฟ้าต่างกันกับครั้งแรกก็ได้
3. แรงระหว่างประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันเป็นแรงผลัก และแรงระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน เป็นแรงดูด

## แบบฝึกหัดที่ 3

รายวิชา ว 33204 พลิกส์เพิ่มเติม 4 ขั้นแมรย์มศึกษาปีที่ 6 ชื่อหน่วย ไฟฟ้าสถิต  
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 10 นาที

ด้านทักษะกระบวนการ (P) นักเรียนสามารถเขียนบรรยาย อธิบายเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าได้  
คำชี้แจง แบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน  
คำลั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1.  หากนำประจุไฟฟ้าบวกมาวางไว้ใกล้ ๆ ประจุไฟฟ้าลบอีกตัว ประจุไฟฟ้าทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร

ตอบ.....

2.  หากนำประจุไฟฟ้าลบมาวางไว้ใกล้ ๆ ประจุไฟฟ้าบวกอีกตัว ประจุไฟฟ้าทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร

ตอบ.....

3.  หากนำประจุไฟฟ้าลบมาวางไว้ใกล้ ๆ ประจุไฟฟ้าบวกอีกตัว ประจุไฟฟ้าทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร

ตอบ.....

4.  หากนำวัตถุที่เป็นบวกมาวางใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า วัตถุทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร

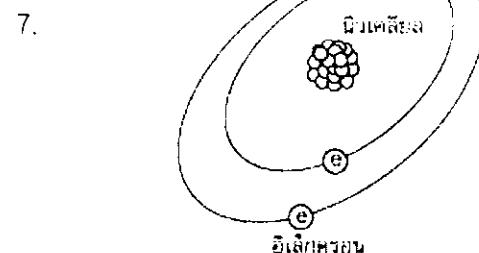
ตอบ.....

5.  หากนำวัตถุที่เป็นลบมาวางใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า วัตถุทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร

ตอบ.....

6.  หากนำวัตถุที่เป็นกลางมาวางใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกลางอีกอันวัตถุ ทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร

ตอบ.....



ในสภาพปกติ อะตอมของวัตถุจะมีจำนวนprotoon ในนิวเคลียสเท่ากับจำนวนของ อิเล็กตรอน ซึ่งสามารถนำหลักนี้ไปอธิบาย สภาวะเป็นกลางทางไฟฟ้าของวัตถุได้อย่างไร

ตอบ.....

.....  
.....

8. หากจะต้อมหนึ่งสูญเสียอิเล็กตรอนไป จะส่งผลต่อสมบัติทางไฟฟ้าของต้อมนั้นอย่างไร  
ตอบ .....
9. ในกรณีที่วัตถุเป็นบางทางไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าอิสระจะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดใด  
ตอบ .....
10. ในกรณีที่วัตถุเป็นลับทางไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าอิสระจะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดใด  
ตอบ .....

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

แนวการตอบแบบฝึกหัดที่ 3

รายวิชา ว 40204

พิสิเกสเพิ่มเติม 4

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชื่อหน่วย

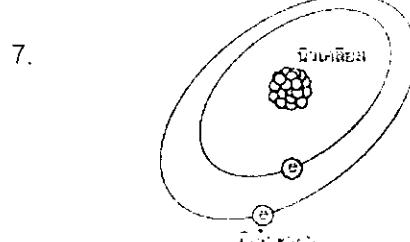
ไฟฟ้าสถิต

เรื่อง ประจุไฟฟ้า

เวลา 10 นาที

**ด้านทักษะกระบวนการ (P)** นักเรียนสามารถเขียนบรรยาย อธิบายเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าได้ คำชี้แจง แบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1.   หากนำประจุไฟฟ้าบวกมาวางไว้ใกล้ ๆ ประจุไฟฟ้าบวกอีกตัว ประจุไฟฟ้าทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร  
ตอบ ประจุไฟฟ้าจะออกแรงผลักซึ่งกันและกัน
2.   หากนำประจุไฟฟ้าลบมาวางไว้ใกล้ ๆ ประจุไฟฟ้าลบอีกตัว ประจุไฟฟ้าทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร  
ตอบ ประจุไฟฟ้าจะออกแรงผลักซึ่งกันและกัน
3.   หากนำประจุไฟฟ้าลบมาวางไว้ใกล้ ๆ ประจุไฟฟ้าบวกอีกตัว ประจุไฟฟ้าทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร  
ตอบ ประจุไฟฟ้าจะออกแรงดูดซึ่งกันและกัน
4.   หากนำวัตถุที่เป็นวัสดุมาวางใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกล่องทางไฟฟ้า วัตถุทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร  
ตอบ วัตถุทั้งสองจะดึงดูดซึ่งกันและกัน
5.   หากนำวัตถุที่เป็นลับมาวางใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกล่องทางไฟฟ้าวัตถุ ทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร  
ตอบ วัตถุทั้งสองจะดึงดูดซึ่งกันและกัน
6.   หากนำวัตถุที่เป็นกล่องมาวางใกล้ ๆ กับวัตถุที่เป็นกล่องอีกอันวัตถุ ทั้งสองจะเกิดการตอบสนองซึ่งกันและกันอย่างไร  
ตอบ วัตถุทั้งสองจะไม่มีการตอบสนองใด ๆ ซึ่งกันและกัน



ในสภาพรวมปกติ อะตอมของวัตถุจะมีจำนวนprotoon ในนิวเคลียสเท่ากับจำนวนของ อิเล็กตรอน ซึ่งสามารถนำหลักนี้ไปอธิบาย สภาวะเป็นกล่องทางไฟฟ้าของวัตถุได้อย่างไร

ตอบ proton มีประจุไฟฟ้าบวก ซึ่งมีขนาดประจุไฟฟ้าเท่ากับ proton และอิเล็กตรอนเท่ากัน จึงทำให้ประจุไฟฟ้าลับหรือในอะตอมเป็นศูนย์ วัตถุจึงมีสภาพเป็นกล่องทางไฟฟ้า

8. หากจะต้องหนึ่งสัญญาเสียอิเล็กตรอนไป จะส่งผลต่อสมบัติทางไฟฟ้าของอะตอมนั้นอย่างไร
  - ตอบ เดิมอะตอมมีประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบเท่ากัน หากสัญญาเสียอิเล็กตรอนไปจะทำให้อะตอมมีประจุไฟฟ้าบวกมากกว่าประจุไฟฟ้าลบ จึงแสดงสมบัติทางไฟฟ้าเป็นบวก
9. ในกรณีที่วัตถุเป็นบางทางไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าอิสระจะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดใด
  - ตอบ ประจุไฟฟ้าบวก
10. ในกรณีที่วัตถุเป็นลบทางไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าอิสระจะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดใด
  - ตอบ ประจุไฟฟ้าลบ

**แบบประเมินการปฏิบัติการทดลองที่ 2  
รายวิชา ว 33204 พลิกส์เพิ่มเติม 4 ขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชื่อหน่วย ไฟฟ้าสถิต  
เรื่อง ประจุไฟฟ้า    เวลา 10 นาที**

**การทดลอง เรื่อง ชนิดของกระแสห่วงประจุไฟฟ้าและชนิดของประจุไฟฟ้า**

กลุ่มที่	รายการประเมิน	คะแนนที่ได้				หมายเหตุ
		4	3	2	1	
1	1. วิธีดำเนินการทดลอง 2. การปฏิบัติการทดลอง 3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติการทดลอง 4. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน 5. รายงานผลการทดลอง					
	รวม					
2	1. วิธีดำเนินการทดลอง 2. การปฏิบัติการทดลอง 3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติการทดลอง 4. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน 5. รายงานผลการทดลอง					
	รวม					
3	1. วิธีดำเนินการทดลอง 2. การปฏิบัติการทดลอง 3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติการทดลอง 4. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน 5. รายงานผลการทดลอง					
	รวม					
4	1. วิธีดำเนินการทดลอง 2. การปฏิบัติการทดลอง 3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติการทดลอง 4. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน 5. รายงานผลการทดลอง					
	รวม					

กลุ่มที่	รายการประเมิน	คะแนนที่ได้				หมายเหตุ
		4	3	2	1	
5	1. วิธีดำเนินการทดลอง 2. การปฏิบัติการทดลอง 3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติการทดลอง 4. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน 5. รายงานผลการทดลอง					
	รวม					
6	1. วิธีดำเนินการทดลอง 2. การปฏิบัติการทดลอง 3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติการทดลอง 4. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน 5. รายงานผลการทดลอง					
	รวม					

### เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการทดลอง

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
<b>วิธีดำเนินการทดลอง</b>	
- ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการกำหนดวิธีการ ขั้นตอน และการใช้เครื่องมือ	1
- กำหนดวิธีการและขั้นตอนไม่ถูก ต้องให้ความช่วยเหลือ	2
- กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม	3
- กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	4
<b>การปฏิบัติการทดลอง</b>	
- ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	1
- ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	2
- ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องถ้าให้คำแนะนำ	3
- ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง	4
<b>ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติการทดลอง</b>	
- ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนดและทำอุปกรณ์เครื่องใช้แตกหักเสียหาย	1
- ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด เนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการใช้อุปกรณ์ และดำเนินการทดลอง	2
- มีความคล่องแคล่วในการทำการทดลองและการใช้อุปกรณ์ แต่ต้องซื้อแนะ เรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย	3
- มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และการใช้อุปกรณ์ดำเนินการทดลองอย่างปลอดภัย และเสร็จทันเวลา	4
<b>รายงานผลการทดลอง</b>	
- การเขียนจุดประสงค์ การเขียนวิธีการทดลอง การบันทึกข้อมูลผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง ไม่ถูกต้องทุกหัวข้อ	1
- การเขียนจุดประสงค์ การเขียนวิธีการทดลอง การบันทึกข้อมูลผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง มีความถูกต้อง 2 หัวข้อ	2
- การเขียนจุดประสงค์ การเขียนวิธีการทดลอง การบันทึกข้อมูลผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง มีความถูกต้อง 3 หัวข้อ	3
- การเขียนจุดประสงค์ การเขียนวิธีการทดลอง การบันทึกข้อมูลผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง มีความถูกต้องทุกหัวข้อ	4
<b>การนำเสนอ</b>	
- ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง และการนำเสนอ	1
- ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลองและการนำเสนอจึงปฏิบัติได้	2
- บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้องแต่การนำเสนออยังไม่เป็นขั้นตอน	3
- บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้องบันทึกการนำเสนอเป็นขั้นตอน	4

แบบสังเกตพฤติกรรม

รายวิชา 33204 พลิกส์เพิ่มเติม 4 ขั้นแมรยมศึกษาปีที่ 6 ชื่อน่วย ไฟฟ้าสถิต

เรื่อง ประจุไฟฟ้า

เวลา 2 ชั่วโมง

ด้านคุณธรรม จริยธรรม (A) ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา ว 33204 พิสิกส์เพิ่มเติม 4 เรื่อง ประจุไฟฟ้า ประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรม 5 ข้อ ดังนี้

1. ตรงต่อเวลา หมายถึง เข้าเรียนตรงเวลา
  2. มีวินัย หมายถึง แต่งกายถูกระเบียบของโรงเรียน
  3. ใฝ่รู้ หมายถึง มีความพร้อมด้านอุปกรณ์การเรียน
  4. งานรับวิถีไทย หมายถึง มีสัมมาคาระต่อครูและให้เกียรติเพื่อนร่วมชั้นเรียน
  5. ใส่ใจสุขภาพ หมายถึง แต่งกายสะอาด

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมิน ประเมินเจตคติต่อการเรียนรายวิชาพิสิกส์เพิ่มเติม 4 โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงความเป็นจริง

**แบบสรุปการประเมินผลการเรียนรู้  
รายวิชา ๒ 40204 พลิกส์เพิ่มเติม ๔ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ชื่อหน่วย ไฟฟ้าสถิต  
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา ๒ ชั่วโมง**

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 2 นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประวัติไฟฟ้า

**แบบประเมินการทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน**

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

**ทดสอบก่อนเรียน**

ข้อ	คำตอบ	คะแนน
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
<b>รวม</b>		

**ทดสอบหลังเรียน**

ข้อ	คำตอบ	คะแนน
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
<b>รวม</b>		

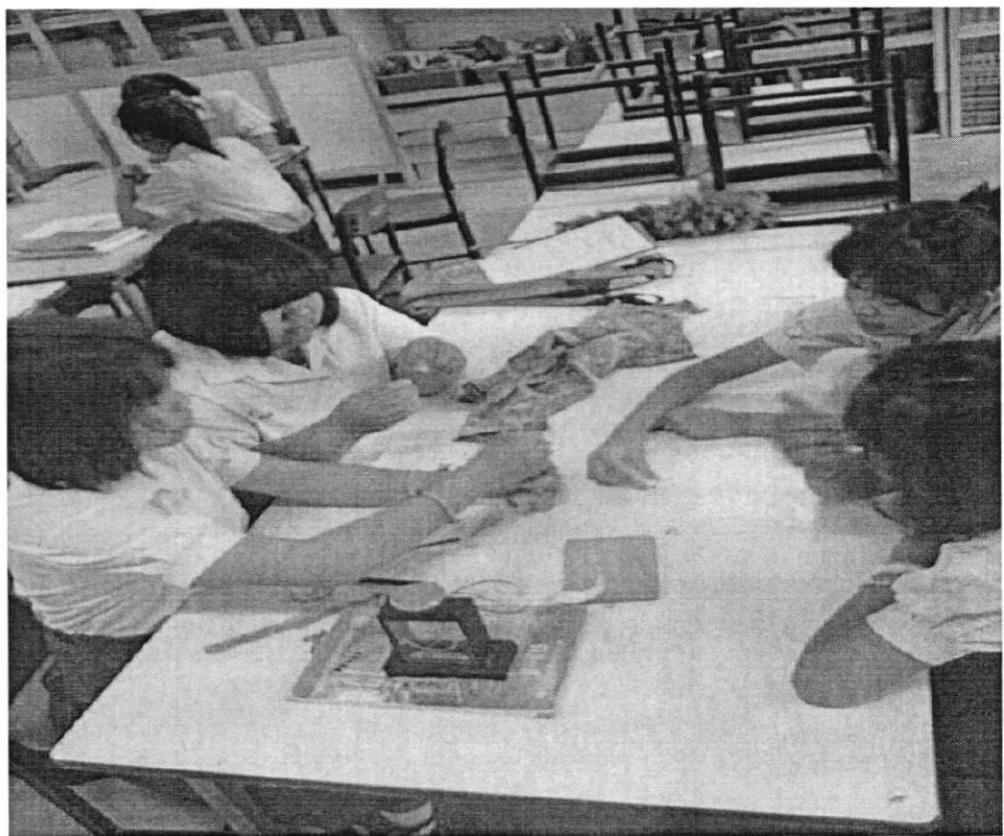
**สรุปผล**

ทดสอบก่อนเรียน		ทดสอบหลังเรียน	
เต็ม	ได้	เต็ม	ได้
15		15	

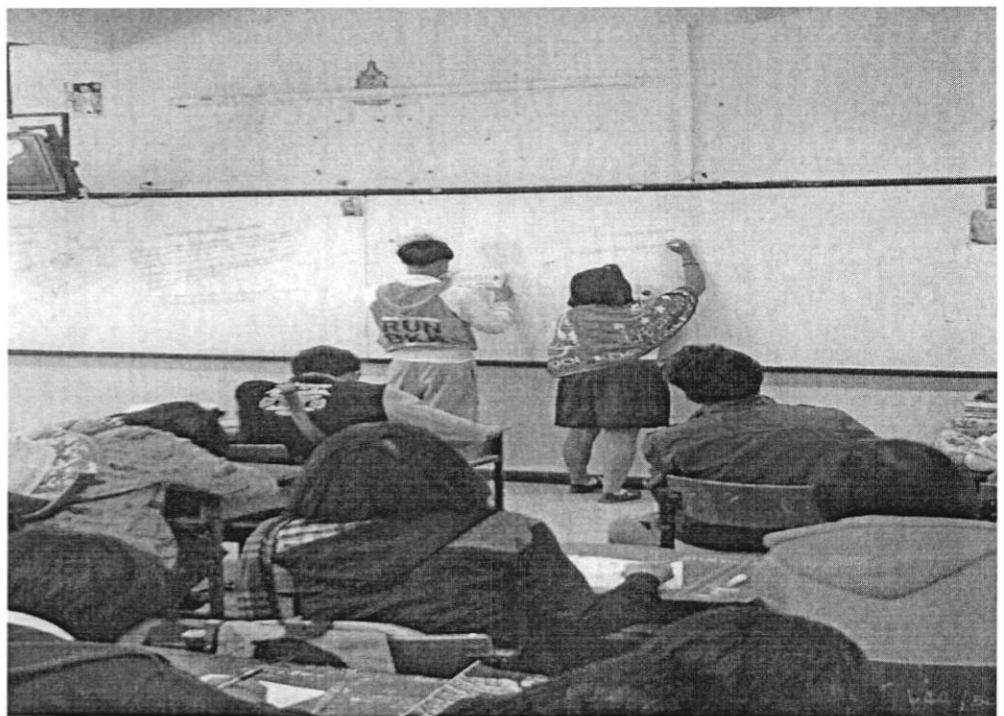
ผู้ประเมิน.....

(นายยุทธศักดิ์ สวัสดิ์วงศ์ชัย)

ภาคผนวก ค  
ภาพประกอบการทำกิจกรรม



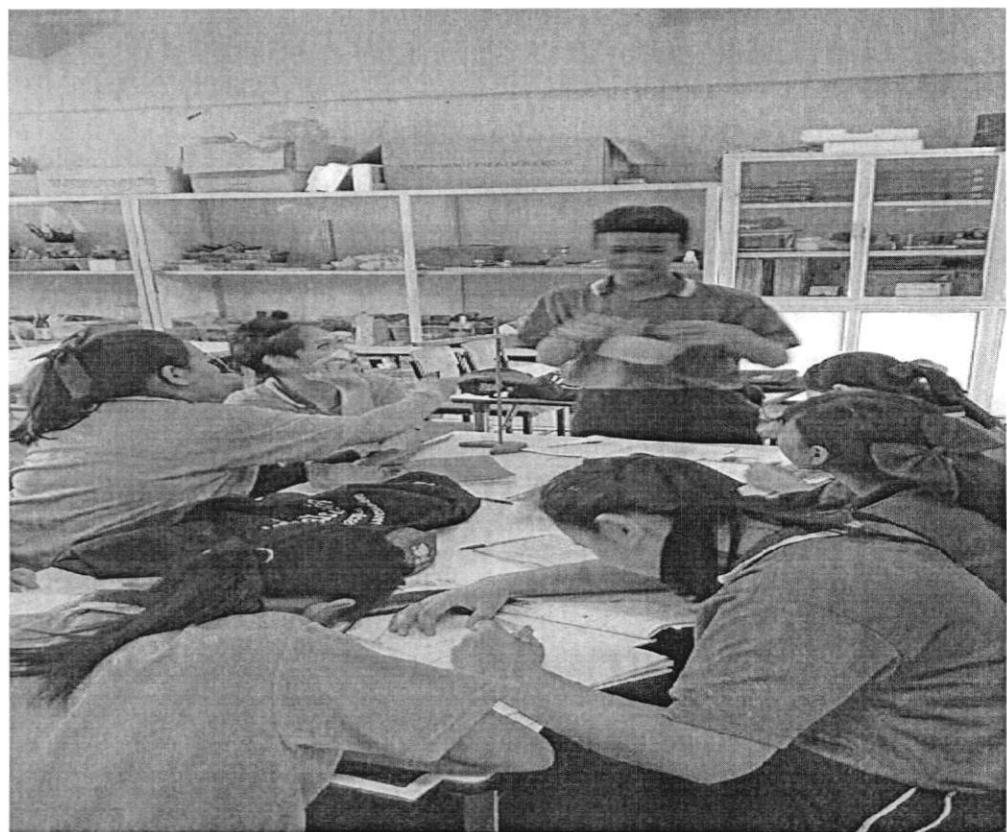
ภาพที่ ค.1 สร้างชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างง่าย



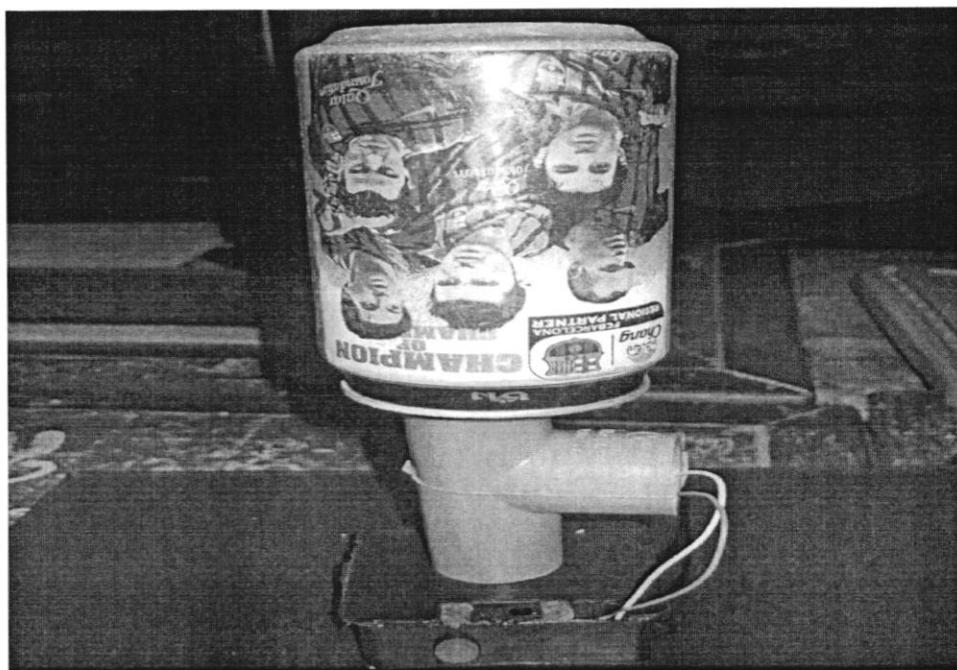
ภาพที่ ค.2 การอภิปรายผลจากการทดลอง



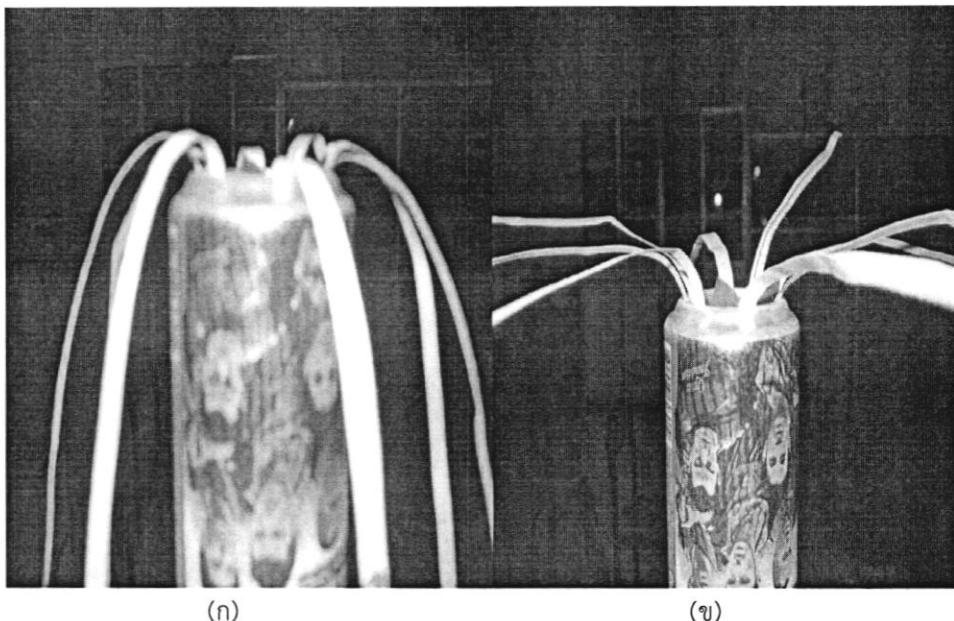
ภาพที่ ค.3 การทดลองชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และชนิดของประจุไฟฟ้า



ภาพที่ ค.4 การทดลองชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และชนิดของประจุไฟฟ้า

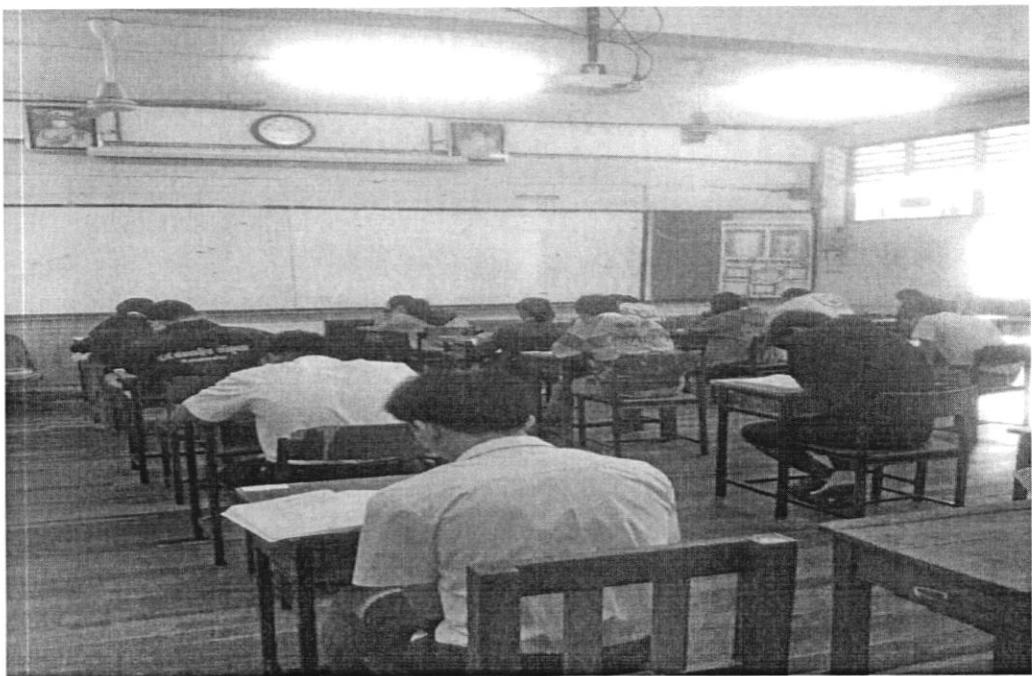


ภาพที่ ค.5 ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างจ่าย



ภาพที่ ค.6 ชุดทดลองแวนเดอร์กราฟอย่างจ่าย

(ก) ยังไม่เกิดการเหนี่ยวนำประจุ (ข) เมื่อ กดสวิตซ์ให้มอเตอร์ทำงาน อิเล็กตรอนจะถูกดึงออกໄປแล้วทำให้ผิวด้านนอกของกระปองและเส้นกระดาษมีประจุเป็นบวก สังเกตว่ากระดาษจะค่ออยู่ ๆ ชี้ขึ้นเนื่องจากเป็นประจุชนิดเดียวกันจึงเกิดแรงผลักกระหัวงประจุ



ภาพที่ ค.7 จัดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายยุทธศักดิ์ สวัสดิวงศ์ชัย
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2550 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, พ.ศ. 2553 ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2552 -2553 โรงเรียนมุกด้าหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกด้าหาร พ.ศ. 2553 -2554 โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย มุกด้าหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกด้าหาร พ.ศ. 2554 -ปัจจุบัน โรงเรียนศรีเจริญศึกษา อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนศรีเจริญศึกษา อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 อีเมล์ bom_yksi@hotmail.com

