การใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิต

เอกพงศ์ บัวชุม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

USING SIMPLE EXPERIMENTS INCORPORATE WITH SCIENCE INQUIRY TO DEVELOP CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN STATIC ELECTRICITY

AKAPONG BUACHOOM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

MAJOR IN SCIENCE EDUCATION

FACULTY OF SCIENCE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิต

ผู้วิจัย นายเอกพงศ์ บัวชุม

คณะกรรมการสอบ

ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม	กรรมการ
ดร.ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และชี้แนะข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้ข้อแนะนำในการปรับปรุงเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสิ้นด้วยดีมาตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณที่ให้ความกรุณามา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้ และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์อยู่เสมอ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และให้ทุนการศึกษาจนจบหลักสูตร ท่านผู้อำนวยการโรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ คณะครู บุคลากรทางการศึกษาในโรงเรียนที่คอยเป็นกำลังใจ และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์อยู่เสมอ ตลอดจนนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จนเสร็จสิ้นกระบวนการ

สุดท้าย ผลอันเป็นประโยชน์ ความดีทั้งปวง ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาวิทยานิพนธ์ ใน ครั้งนี้ขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ที่เคารพอย่างสูงยิ่ง และหากมีข้อบกพร่องด้วยประการ ใด ๆ ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ด้วยความขอบคุณยิ่ง

เอกพงศ์

เอกพงศ์ บัวชุม

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	:	การใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิต
ผู้วิจัย	:	เอกพงศ์ บัวชุม
ชื่อปริญญา	:	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	:	วิทยาศาสตร์ศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม
คำสำคัญ	:	ชุดการทดลองอย่างง่าย, การเรียนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองอย่างง่ายร่วมกับการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นฐานให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70/70 และเพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ จังหวัดอำนาจเจริญ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 34 คน การวิจัยเป็นแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดการทดลองอย่างง่าย แผนจัดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าสถิต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าประสิทธิภาพ ทดสอบค่าที และค่าความก้าวหน้างทางการเรียนทั้งชั้น ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองอย่างง่าย มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 77/77 นักเรียนมีคะแนนทดสอบเรื่องไฟฟ้าสถิตก่อนเรียนมากกว่าหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้น อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเท่ากับ 0.62

ABSTRACT

TITLE : USING SIMPLE EXPERIMENTS INCORPORATE WITH SCIENCE INQUIRY TO DEVELOP CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN STATIC ELECTRICITY
AUTHOR : AKAPONG BUACHOOM
DEGREE : MASTER OF SCIENCE
MAJOR : SCIENCE EDUCATION
ADVISOR : ASSIST. PROF. SURA WUTTIPROM, Ph.D
KEYWORDS : SIMPLE EXPERIMENTS, SCIENCE INQUIRY

The purpose of this research was to develop a set of simple experiment with inquiry-based learning approach according to the criterion of 70/70 percent, and to study the students' learning achievement gain on the topic of electrostatics. The target group was 34 students from grad 12 Srikoonvitthayabunlung School, Amnatcharoen studying in the second semester of 2014 academic year. The one group pretest – posttest design was employed in carrying out the study. The research tools consisted of a set of simple experiments, lesson plans of the static electricity based-on inquiry approach and achievement tests. The data were analyzed into the efficiency value, t-test and normalized gain. The result showed that the efficiency of the set of simple experiments with inquiry-based learning approach was 77/77. There was statistically significant mean difference between the pre-test and post-test at significant level of .05. The class average normalized gain was in the medium gain ($\langle g \rangle$ =0.62)

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับชุดการทดลอง	4
2.2 กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	5
2.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน	12
2.4 ประสิทธิภาพของนวัตกรรม	14
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	18
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	24
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ประสิทธิภาพของชุดทดลองอย่างง่ายตามเกณฑ์ 80/80	26
4.2 ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิต	28
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	34
5.2 ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	**35**

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ก ชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต	40
ข แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	82
ประวัติผู้วิจัย	87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	รายละเอียดสรุปของชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต	18
3.2	หัวข้อและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าสถิต	24
4.1	คะแนนแบบฝึกปฏิบัติและวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 34 คน	27
4.2	คะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียน หลังเรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ t-test	29
4.3	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายหัวข้อ	30
ก.1	แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า	51
ก.2	แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า	53
ก.3	คุณสมบัติการนำไฟฟ้าของวัตถุแต่ละชนิด	61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ก.1	แบบจำลองอะตอม	41
ก.2	ฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า	42
ก.3	ประจุเมื่อวัตถุสองชิ้นสัมผัสกัน	43
ก.4	ประจุเมื่อวัตถุสองชิ้นแยกจากกัน	43
ก.5	อนุกรมไทรโบอิเล็กทริก	44
ก.6	การจัดเรียงของประจุไฟฟ้าในวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า	45
ก.7	การจัดเรียงของประจุไฟฟ้าเมื่อถูกเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า	45
ก.8	การเกิดประจุไฟฟ้าจากการขัดสีกันของวัตถุ	46
ก.9	การเกิดประจุไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำ	46
ก.10	การเกิดประจุไฟฟ้าจากการสัมผัส	47
ก.11	อะตอมก่อนโพราไรเซชัน และอะตอมเมื่อโพราไรเซชัน	47
ก.12	การโพลาไรซันของแท่งพลาสติกกับกระดาษ	48
ก.13	การตัดกระดาษ	49
ก.14	กังหันหลอดกาแฟ	51
ก.15	หลอดกาแฟเมื่อใกล้กับกังหันหลอดกาแฟ	52
ก.16	สก๊อตเทป A, B, C และD	54
ก.17	อิเล็กโทรสโคปลูกพิท	56
ก.18	อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะ	57
ก.19	การใช้นิ้วมือสัมผัสอิเล็กโทรสโคปเพื่อให้เป็นกลางทางไฟฟ้า	58
ก.20	อิเล็กโทรสโคปเมื่อสัมผัสกับหลอดกาแฟ	60
ก.21	การเหนี่ยวนำบนวัตถุทรงกลม	62
ก.22	การเหนี่ยวนำบนวัตถุทรงกลมตัวนำหลายอันวางชิดกัน	62
ก.23	การนำหลอดกาแฟไปใกล้อิเล็กโทรสโคป	64
ก.24	การใช้นิ้วมือสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของอิเล็กโทรสโคป	65
ก.25	บอลสปริง	66
ก.26	การทำงานของ แวน เดอ กราฟฟ์	68
ก.27	แวน เดอ กราฟฟ์	70
ก.28	การนำแวนเดอกราฟฟ์ไปใกล้กับกังหันไฟฟ้าสถิต	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก.29	การติดกระดาษทิชชูที่แวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย	72
ก.30	Faraday Cage	73
ก.31	การทดลอง Faraday Cage	74
ก.32	แรงระหว่างประจุ	78

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา (สพม.) เขต 29 เปิดทำการสอนตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 619 คน จัดเป็นโรงเรียนขนาดกลางประจำตำบล ที่ขาดความพร้อมทางด้านห้องปฏิบัติการ และสื่อการสอนต่าง ๆ เนื่องจากงบประมาณส่วนใหญ่ใช้ในการดูแลนักเรียนเช่น จ่ายเป็นค่าอาหารกลางวัน และค่ารับส่งนักเรียน จำนวนหลายหมื่นบาทต่อเดือน เพราะนักเรียนมีฐานะยากจนและอยู่ห่างไกลจากโรงเรียนอีกทั้งโรงเรียนต้องใช้งบประมาณในการสร้างอาคารสถานที่เพื่อรองรับจำนวนนักเรียนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขาดแคลนงบประมาณในการจัดสื่อการสอน การจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นการสอนเนื้อหา ทฤษฎี และหลักการ เพื่อการสอบเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ทำให้นักเรียนท่องจำมากเกินไป นักเรียนจึงไม่มีส่วนร่วมในการเรียนการสอน ส่งผลให้นักเรียนขาดความกระตือรือร้นในการเรียน ไม่สนใจเรียนเท่าที่ควร ทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนค่อนข้างต่ำ

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาหลักการทั่วไปและกฎของธรรมชาติ โครงสร้างต่าง ๆ ของสสาร ตลอดจนการค้นหากฎต่าง ๆ เพื่ออธิบายการกำเนิดของเอกภพและทำความเข้าใจเอกภพ เมื่อกล่าวถึงธรรมชาติของฟิสิกส์ ฟิสิกส์จึงเป็นวิทยาศาสตร์ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง สังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และพยายามหารูปแบบของปรากฏการณ์นั้น ออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบ และหาข้อสรุปจากผลการทดลอง (ปิยพงษ์ สิทธิคง, 2547: 1) ดังนั้นหัวใจสำคัญของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ คือ การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและเกิดการค้นพบด้วยตนเอง เช่น การเรียนการสอนแบบทดลอง ซึ่งแบ่งได้เป็นหลายระดับ ตั้งแต่ครูกำหนดปัญหา กิจกรรม วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทั้งหมดให้แก่นักเรียน ไปจนถึงนักเรียนกำหนดปัญหา ออกแบบกิจกรรม เลือกวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทั้งหมดเพื่อสำรวจด้วยตนเอง โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ (Scientific Inquiry) เนื่องจากนักเรียนได้มีบทบาท ในการเรียนรู้มากขึ้น มีการฝึกปฏิบัติจริงและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ถ้าครูจัดกิจกรรม ที่มีเนื้อหาสาระและกระบวนการเหมาะสมกับความต้องการ และความสามารถของนักเรียน มีการบูรณาการเนื้อหาสาระเข้ากับชีวิตประจำวันและเข้ากับวิชาที่เกี่ยวข้อง เน้นการจัดทำกิจกรรมร่วมกันในลักษณะกลุ่ม ทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ และการแสดงออก (ปรียานุช

สถาวรมณี, 2548) มีขั้นตอนการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนเพื่อให้นักเรียนใช้กรอบความรู้เดิมในการจัดระเบียบสิ่งเร้าใหม่ทำให้โอกาสที่จะเกิดกรอบความรู้ใหม่ถูกต้องมากขึ้น และยังเน้นให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะเรียน ต้องแสวงหาความรู้และลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง เกิดแรงเสริมให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นมากขึ้น ได้นำความรู้ไปใช้สร้างความรู้ใหม่โดยพยายามค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนก่อนที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ (รุ่งระวี ศิริบุญนาม, 2551) นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ เพราะการสอนแบบสืบเสาะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้จากผลการทดลอง นำไปสู่การอภิปราย และข้อสรุปที่เป็นไปได้ นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ การฝึกปฏิบัติจริงและการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคนและแต่ละกลุ่มได้อีกด้วย (กนกวรรณ พลอาษา, 2549)

ดังนั้นจากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาในหัวข้อ ใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ ตำบลจานลาน อำเภอพนา จังหวัดอำนาจเจริญ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองอย่างง่ายร่วมกับเทคนิคการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ให้ผ่านเกณฑ์ 80/80

1.2.2 เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าสถิต โดยใช้ชุดทดลองร่วมกับเทคนิคการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาและสร้างชุดการทดลองอย่างง่าย ที่เป็นประโยชน์อย่างแพร่หลายและราคาถูกสำหรับผู้สนใจ

1.3.2 ชุดการทดลองอย่างง่ายสามารถทำขึ้นเองจากวัสดุทั่วไปตามท้องตลาด เหมาะสำหรับโรงเรียนที่ขาดแคลนงบประมาณในการซื้อสื่ออุปกรณ์การทดลอง

1.3.3 เป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมปลายและระดับอื่น ๆ ใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 ชุดการทดลองอย่างง่าย หมายถึง ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีจำนวน 5 ชุดการทดลอง แบ่งเป็น 12 กิจกรรมการทดลองได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 ไฟฟ้าสถิตจากขัดถู (กิจกรรมการทดลองที่ 1.1 การเกิดไฟฟ้าสถิตจากขัดถู กิจกรรมการทดลองที่ 1.2 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า กิจกรรมการทดลองที่ 1.3 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลาง กิจกรรมการทดลองที่ 1.4 ไฟฟ้าสถิตในชีวิตประจำวัน)ชุดการทดลองที่ 2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส (กิจกรรมการทดลองที่ 2.1 การวัดประจุไฟฟ้าโดยใช้ อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย กิจกรรมการทดลองที่ 2.2 ฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า) ชุดการทดลองที่ 3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า (กิจกรรมการทดลองที่ 3.1 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำ กิจกรรมการทดลองที่ 3.2 บอลสปริง) ชุดการทดลองที่ 4 ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน (กิจกรรมการทดลองที่ 4.1 แวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย กิจกรรมการทดลองที่ 4.2 UFO กิจกรรมการทดลองที่ 4.3 Faraday Cage) ชุดการทดลองที่ 5 กฎคูลอมบ์ (กิจกรรมการทดลองที่ 5 กฎคูลอมบ์)

1.4.2 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Science inquiry) เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้น (National Research Council, 2000) ได้แก่

1.4.2.1 ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Student engages in scientifically oriented questions)

1.4.2.2 ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและ/หรือลำดับความสำคัญของหลักฐานที่สามารถใช้สร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถาม (Student gives priority to evidence in responding to question)

1.4.2.3 ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Student formulates explanations from evidence)

1.4.2.4 ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมเปรียบเทียบกับคำอธิบายอื่น ๆ ที่อาจเป็นไปได้ (Student connects explanations to scientific knowledge)

1.4.2.5 ผู้เรียนสามารถสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามถามที่เกี่ยวข้อง (Student communicates and justifies explanations)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยประมวลได้ดังนี้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับชุดการทดลอง

ชุดการทดลองเป็นอุปกรณ์ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอน เพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎ สูตร หรือทฤษฎีที่กำหนดไว้แล้ว หรือใช้เพื่อทดลองหาความสัมพันธ์ เพื่อสร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่ สามารถพิสูจน์ได้หรือแสดงให้เห็นจริงได้ (มนต์ชัย เทียนทอง, 2530: 8) ชุดทดลองสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและด้วยการลงมือปฏิบัติ รวมทั้งฝึกฝนเพื่อให้เกิดทักษะการทดลองชุดทดลองแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ชุดการทดลองสำหรับผู้สอนเป็นชุดการทดลองที่ออกแบบสำหรับผู้สอน เพื่อสาธิตประกอบการสอนหน้าชั้นเรียน ในเชิงทฤษฎี เพื่อพิสูจน์สูตรสรุปกฎชุดการทดลองประเภทนี้ จะสรุปเนื้อหาในแนวกว้างมากกว่ารายละเอียด และมีขนาดใหญ่เพียงพอ และชุดการทดลองสำหรับผู้เรียน เป็นชุดการทดลองที่ออกแบบสำหรับผู้เรียนมีขนาดเล็กกว่าแบบแรก ค่าที่ได้จากการทดลองมีความแน่นอนและอ้างอิงได้ ชุดทดลองประเภทนี้ยังแบ่งออกมาเป็นชุดทดลองรายบุคคลและชุดทดลองรายกลุ่ม (ธัญญะ โพธ์รัง, 2550: 20; อ้างอิงจาก มนต์ชัย เทียนทอง, 2530: 78) ความสำคัญของชุดทดลองพอที่จะประมวลให้ดังต่อไปนี้ (มนต์ชัย เทียนทอง, 2530: 78; ประกาศิต ตันติอลงการ, 2535: 10; ธัญญะ โพธ์รัง, 2550: 19 อ้างอิงจาก พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงษ์, 2540: 8)

(1) ดึงดูดความสนใจผู้เรียนได้ดีขณะทำการทดลอง
(2) ผู้เรียนเห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการทดลอง แทนการบอกเล่าและจินตนาการ
(3) แสดงเนื้อหาทีละขั้นตอนได้
(4) ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้
(5) ค้นหาคำตอบหรือแก้ปัญหาได้เอง
(6) ทำให้ความคิดรวบยอดชัดเจนยิ่งขึ้น
(7) พัฒนาความสามารถในการสังเกต และการประเมินผล
(8) พัฒนานิสัยของการค้นคว้า

(9) พัฒนาการใช้เครื่องมือต่าง ๆ

(10) ทำให้เกิดความสนุกสนานในการเรียนรู้

2.2 กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

2.2.1 ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนการสอนด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมในวิชาวิทยาศาสตร์ มีนักการศึกษา หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

ระเบียบ อนันตพงศ์ (2550; อ้างอิงจาก National Science Foundation:NSF, 2002) กล่าวว่าการสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่มีกระบวนการค้นหาธรรมชาติและก่อให้เกิดคำถาม ค้นหาและทดสอบเพื่อความเข้าใจ นอกจากนี้นักเรียนยังมีส่วนร่วม เป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ พัฒนาความเข้าใจความคิดทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

อรัญญา สถิตไพบูลย์ (2553; อ้างอิงจาก Michalsky and Mevarech, 2005) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนและมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทที่ใช้และผู้ที่ให้คำจำกัดความ โดยศูนย์กลางของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นั้นมีต้นกำเนิดจากนักวิทยาศาสตร์ ครูและ นักเรียน เริ่มจากการถามคำถามที่สงสัยและเป็นปัญหา ที่สามารถสืบค้นหาคำตอบและได้สื่อสารคำตอบออกมาได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ที่นำมาใช้ได้ผลในวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีความรู้ในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ คุ้นเคยกับกระบวนการหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ เข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร และประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่ประเด็นทางสังคมได้

จันทร์จิรา ภมรศิลปะธรรม (2551; อ้างอิงจาก National Science Education Standard: NSES) ของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC), 1996) ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นกิจกรรมที่หลากหลาย รวมถึงการสังเกต การตั้งคำถาม การรวบรวมหลักฐานข้อมูลต่างๆ วางแผนตรวจสอบ ทบทวนสิ่งที่ค้นพบ เพื่อหาหลักฐานการทดลอง ใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความข้อมูล เสนอคำตอบ อธิบายและทำนายคำตอบ ซึ่งต้องมีการสรุปความ ใช้ความคิดวิจารณญาณและมีเหตุผล รวมถึงการอธิบายที่หลากหลาย แล้วสื่อสารผล ที่ได้รับโดยการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ

จากการให้ความหมาย การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปความหมายเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนี้ เป็นกระบวนการที่เหมาะสมในการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการค้นคว้าหาคำตอบอย่างมีระบบเพื่ออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ เริ่มจากการถามคำถามที่สงสัยและเป็นปัญหาที่สามารถสืบค้นหาคำตอบได้ จากนั้นก็เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จากข้อมูลและหลักฐานต่าง ๆ ด้วยกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีผู้สอนชี้แนะ ให้ดำเนินไปอย่างถูกต้อง จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน

ดังนั้นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการสอนที่เน้นให้นักเรียนใช้การค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองอย่างมีระบบ โดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนกระตุ้นนักเรียนให้เกิดคำถาม และเกิดความคิดลงมือเสาะแสวงหาความรู้รู้จักการใช้เหตุผล และหลักฐานมาสนับสนุนข้อมูล เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเองโดยผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน จะทำให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา และแก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง

2.2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นหัวใจสำคัญของการสอนวิทยาศาสตร์ ระดับของการสืบเสาะหาความรู้มีหลายระดับขึ้นอยู่กับบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรม มีนักการศึกษาได้ให้องค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

National Research Council (2000) ได้ให้ลักษณะสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ว่า สามารถพัฒนาทักษะความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนที่มีมาก่อนตลอดจนพัฒนาให้มีระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับสูงตามแนวคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy) ที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบไปด้วยลักษณะสำคัญ 5 ประการ ซึ่งในแต่ละประการนั้นสามารถพัฒนาทักษะความรู้ในขั้นต่าง ๆ ของผู้เรียนได้ในแต่ละประการนั้นครูและนักเรียนมีบทบาทมากน้อยที่แตกต่างกัน ดังนี้

(1) ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Student engages in scientifically oriented questions) คำถามทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนและนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบได้ โดยครูมีบทบาทในการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัย แล้วเกิดเป็นปัญหา

(2) ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและ/หรือลำดับความสำคัญของหลักฐานที่สามารถใช้สร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถาม (Student gives priority to evidence in responding to question) ผู้เรียนจะต้องสามารถวางแผน เก็บรวบรวมข้อมูล และจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล พร้อมทั้งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูลใดสามารถตอบคำถามที่ตั้งไว้ได้

(3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Student formulates explanations from evidence) ผู้เรียนจะต้องสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานหรือข้อมูลที่มีได้

(4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์พร้อมเปรียบเทียบกับคำอธิบายอื่น ๆ ที่อาจเป็นไปได้ (Student connects explanations to scientific knowledge) ผู้เรียนจะต้องสามารถเชื่อมโยงคำอธิบายของตนเองกับ กฎ ทฤษฎีหรืองานวิจัยซึ่งเป็นความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แล้วได้ ว่าเหมือนหรือแตกต่างจากหลักฐานและความรู้ที่ผู้เรียนได้อย่างไร

(5) ผู้เรียนสามารถสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามถามที่เกี่ยวข้อง (Student Communicates and justifies explanations) ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ คือ สามารถอธิบายองค์ความรู้ ให้เหตุผลประกอบคำอธิบายและตอบคำถาม ที่เกี่ยวข้องบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) กล่าวถึงแนวทางปฏิบัติในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

(1) ผู้สอนมีกระบวนการสอน/กิจกรรมการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดวิเคราะห์ในเรื่องที่จะเรียน จนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะสืบเสาะหาคำตอบด้วยตนเองได้

(2) ผู้สอนมีเอกสาร วัสดุ หรือสื่อที่ผู้เรียนสามารถใช้ประกอบการคิด วิเคราะห์ หรือการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในเรื่องที่เรียน

(3) ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าหาความรู้/คำตอบโดยใช้กระบวนการหาความรู้ ที่เหมาะสม

(4) ผู้สอนมีการช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในการศึกษาวิเคราะห์และสรุปข้อมูล หรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน เช่น ทักษะการวิเคราะห์สิ่งที่อ่าน การนำเสนอข้อมูลการอภิปรายและโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานกลุ่ม

จันทร์จิรา ภมรศิลปธรรม (2551; อ้างอิงจาก National Science Education Standard: NSES) ของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC), 1996) กำหนดการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนที่ต้องเรียนประกอบด้วย 5 องค์ประกอบที่สำคัญและแสดงระดับของการสืบเสาะหาความรู้ คือ

(1) นักเรียนถูกกระตุ้นความสนใจด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์

(2) นักเรียนค้นหาหลักฐานต่าง ๆ เพื่อพัฒนาและประเมินคำอธิบายในการตอบคำถาม

(3) นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานต่าง ๆ

(4) นักเรียนประเมินคำอธิบายต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

(5) นักเรียนสื่อสารคำอธิบายของตนและโต้แย้งด้วยเหตุผล

จากองค์ประกอบและลักษณะที่สำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังที่นักการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ดังนี้ เริ่มจากทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถาม เมื่อผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนจะนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบได้ โดยครูมีบทบาทในการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้สอดคล้องกับกระบวนการที่จะหาคำตอบ เพื่อให้ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานข้อมูล เพื่อมาอธิบายในการตอบตอบคำถามที่ตั้งไว้ได้ แล้วสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามถามที่เกี่ยวข้อง โดยอธิบายองค์ที่ได้จากกระบวนการบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2.3 ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

2.2.3.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษาเมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นอาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นอย่างหลากหลาย

2.2.3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็น หรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล อย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

2.2.3.3 ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ใน

รูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้ และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

2.2.3.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำ ความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็ช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

2.2.3.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ จากที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะแบ่งเป็นขั้นตอน ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ คือ การตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่ผลสรุป การสำรวจ การทดลอง และการอภิปรายและสรุปผล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์(Science inquiry) โดยกำหนดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัย เกิดคำถามทางวิทยาศาสตร์แล้วเกิดเป็นปัญหา และกระตุ้นให้นักเรียนนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

(2) ขั้นเก็บรวบรวมหลักฐานและ/หรือลำดับความสำคัญของหลักฐานที่สามารถใช้สร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถาม พร้อมทั้งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูลใดสามารถตอบคำถามที่ตั้งไว้ได้

(3) ขั้นสร้างคำอธิบายจากหลักฐานหรือข้อมูลที่มีได้ เพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

4) ขั้นเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กฎ ทฤษฎี หรืองานวิจัยซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว พร้อมเปรียบเทียบกับคำอธิบายอื่น ๆ ที่อาจเป็นไปได้ว่าเหมือนหรือแตกต่างจากหลักฐานและความรู้ได้อย่างไร

(5) ขั้นสื่อสารวิทยาศาสตร์และแสดงเหตุผล เพื่อตอบคำถามถามที่เกี่ยวข้อง ที่สามารถอธิบายองค์ความรู้ ให้เหตุผลประกอบคำอธิบายบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

2.2.4.1 ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ที่เน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้น จะเกิดการค้นพบ และความเข้าใจในหลักการของวิทยาศาสตร์ จึงทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าและจดจำได้นานกว่า

วิทวัฒน์ ขัตติยะมาน และอมลวรรณ วีระธรรมโม (2549) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

(1) นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง มีความอยากรู้อยากเห็นตลอดเวลา

(2) นักเรียนมีโอกาสฝึกความคิด และฝึกการปฏิบัติ ได้รู้จักวิธีจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

(3) นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็ว

(4) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

(5) นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

(6) ความรู้ที่ได้มีคุณค่า มีความหมายสำหรับผู้เรียน เป็นประโยชน์และจดจำได้นานสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

(7) เป็นวิธีการที่ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ มีความอิสระ มีชีวิตชีวาและสนุกสนานกับการเรียนรู้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้เขียนถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

(1) เป็นการพัฒนาศักยภาพทางด้านสติปัญญาคือให้ฉลาดขึ้นเป็นนักคิดริเริ่มสร้างสรรค์เป็นนักจัดระเบียบ

(2) การค้นพบด้วยตนเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ

(3) ฝึกให้นักเรียนรู้วิธีหาความรู้ แก้ปัญหาด้วยตนเอง

(4) ช่วยให้จดจำความรู้ได้นาน และสามารถถ่ายโยงความรู้ได้

(5) นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน จะทำให้เกิดการเรียนที่มีความหมายและเป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา

(6) ช่วยพัฒนามโนทัศน์แก่ผู้เรียน

(7) พัฒนานักเรียนให้มีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์

(8) ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่า จะทำการสิ่งใด ๆ จะสำเร็จด้วยตนเอง สามารถคิดและหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเองไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

(9) นักเรียนได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหา และพัฒนาการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

(10) สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.2.4.2 ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

วิทวัฒน์ ขัตติยะมาน และอมลวรรณ วีระธรรมโม (2549) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

(1) ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

(2) ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้สงสัยแปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ของการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

(3) นักเรียนที่มีสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาที่ค้อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง

(4) นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้สรุปข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

(1) ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง บางครั้งอาจได้เนื้อเรื่องไม่ครบตามที่กำหนดไว้

(2) ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน

(3) นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ หรือไม่มีการกระตุ้นมากพอจะไม่สามารถเรียนด้วยวิธีสอนแบบนี้ได้

(4) เป็นการลงทุนสูง ซึ่งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการสอน

(5) ถ้านักเรียนไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้อง อาจทำให้นักเรียนบางคนหลีกเลี่ยงงานซึ่งไม่เกิดการเรียนรู้

(6) ครูต้องใช้เวลาวางแผนมาก ถ้าครูมีภาระมากอาจเกิดปัญหาด้านอารมณ์ ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศในห้องเรียน

(7) ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาและสติปัญญา อาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาด้วยวิธีสอนแบบนี้

จากลักษณะดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ คือช่วยเพิ่มศักยภาพทางสติปัญญา นักเรียนมีมโนทัศน์เกี่ยวกับตนเองได้ดีขึ้น ได้ศึกษาหาความรู้และคิดแก้ปัญหาเกิดการค้นพบด้วยตนเอง นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน มีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์ส่วนข้อจำกัดคือใช้เวลามาก ครูต้องเข้าใจบทบาทของตนเอง ต้องใช้เวลาในการวางแผน และถ้านักเรียนมีระดับสติปัญญาต่ำจะไม่ประสบผลสำเร็จ

2.2.5 บทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) ได้ให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับบทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการทดลองในการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

2.2.5.1 มีการเตรียมล่วงหน้า เพื่อให้เกิดความมั่นใจในเนื้อหาของบทเรียนดังนี้ ดังนี้

1) ทำการทดลองก่อนเข้าสอน เพื่อศึกษาผลการทดลอง หรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลอง

2) ตรวจสภาพและปริมาณอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง

3) จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีให้อยู่ในสภาพที่พร้อมที่จะใช้ทดลอง

4) วางแผนการใช้คำถามอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อจะนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุป

2.2.5.2 ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนตลอดเวลา โดยปฏิบัติดังนี้

1) เปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหา และตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยตนเอง

2) กระตุ้นให้นักเรียนทำการทดลองด้วยตนเอง

3) กระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย

2.2.5.3 ครูควรเลือกใช้คำถามที่มีความยากง่ายพอเหมาะกับความสามารถของนักเรียน

2.2.5.4 เมื่อนักเรียนมีคำถาม ครูอย่ารีบบอกคำตอบทันที ควรแนะนำให้นักเรียนมีส่วนช่วยในการหาคำตอบบ้าง

2.2.5.5 ครูควรให้นักเรียนเข้าใจว่าครูไม่ใช่ผู้รู้ปัญหาทุกอย่าง เพื่อให้นักเรียนและครูได้มีโอกาสในการหาคำตอบร่วมกัน

2.2.5.6 ครูควรให้นักเรียนสรุปความคิดเห็นหรือสรุปผลการทดลองอย่างมีเหตุผลได้ด้วยตนเอง

2.2.5.7 ครูควรแนะนำให้นักเรียนทดลองซ้ำ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มั่นใจขึ้น จึงจะสรุปผลการทดลอง

2.2.5.8 ครูควรใช้วิธีสอนแบบอื่น ๆ ช่วยในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในโอกาสที่เหมาะสม

2.3 ความก้าวหน้าทางการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวถึงความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ยึดหลักของ Klopfer ในการประเมินการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ความคิด แบ่งได้ 4 ด้าน คือ

2.3.1 ด้านความรู้-ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เรียนมาแล้ว เป็นเรื่องเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.3.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมายขยายความแปลความตีความ โดยอาศัยข้อเท็จจริง หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.3.3 ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์ที่ใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

2.3.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการปฏิบัติ การฝึกฝนอย่างมีระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความคล่องแคล่ว และสามารถเลือกใช้ในกิจกรรมต่างๆได้อย่างเหมาะสม

สรุปได้ว่า ความก้าวหน้าทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน เป็นคุณลักษณะ สมรรถภาพหรือความสามารถของบุคคลในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากครู ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน โดยวัดผลจากคะแนนก่อนเรียน-หลังเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดไฟฟ้ากระแสตรง (DIRECT) ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัยจำนวน 20 ข้อคำถาม ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธี Normalized gain

Hake (1998) นักฟิสิกส์แห่ง University of Indiana ได้เสนอวิธีประเมินผลการเรียนรู้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยคำนึงถึง floor and ceiling effect (โอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0 และคะแนนสูงสุดไม่เกินร้อยละ 100) เรียกว่า Normalized Gain โดยหาได้จาก อัตราส่วนผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (maximum possible gain) ซึ่งแสดงด้านล่าง

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

เมื่อ <g> คือ ค่า Normalized gain

%post-test คือ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

%pre-test คือ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่า Normalized Gain แบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ “high gain” ค่า <g>≥ 0.7 “medium gain” ค่า 0.7 <<g>≥ 0.3 “low gain” ค่า <g>< 0.3 normalized gain แบ่งเป็น class normalized gain, single student normalized gain, single test item normalized gain และ conceptual dimensional normalized gain ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำเสนอผลการประเมินความก้าวหน้าทางการ

เรียนด้วยวิธี normalized gain หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดทดลองเรื่อง ไฟฟ้าสถิต ร่วมกับการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

2.4 ประสิทธิภาพของนวัตกรรม

การผลิตสื่อหรือชุดการสอนนั้น ก่อนนำไปใช้ จริงจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบ ประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียน มีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้ กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่และผู้เรียน มีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอน ในระดับใด ดังนั้นผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นจะต้องนำ สื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่าการทดสอบ ประสิทธิภาพ

2.4.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

2.4.1.1 ความหมายของประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงาน เพื่อให้งานมีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วน หรือร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้ากระบวนการและผลลัพธ์ (Ratio between input, process and output) ประสิทธิภาพเน้นการดำเนินการ ที่ถูกต้องหรือกระทำสิ่งใด ๆ อย่างถูกวิธี (Doing the thing right) คำว่าประสิทธิภาพ มักสับสนกับ คำว่า ประสิทธิผล (Effectiveness) ซึ่งเป็นคำที่ คลุมเครือไม่เน้นปริมาณ และมุ่งให้บรรลุวัตถุประสงค์ และเน้น การทำสิ่งที่ถูกที่ควร (Doing the right thing) ดังนั้นสองคำนี้จึงมักใช้คู่กัน คือ ประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

2.4.1.2 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อ หรือชุดการสอน จึงหมายถึงการหาคุณภาพของสื่อ หรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของ การพัฒนาสื่อหรือชุดการสอนแต่ละขั้น ตรงกับ ภาษาอังกฤษว่า “Developmental Testing” Developmental Testing คือ การ ทดสอบคุณภาพตามพัฒนาการของการผลิตสื่อ หรือชุดการสอนตามลำดับขั้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพ ของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงาน ให้ดำเนิน ไปอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความ พึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

2.4.2 ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุด การสอนมีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

2.4.2.1 สำหรับหน่วยงานผลิตสื่อหรือชุด การสอน การทดสอบประสิทธิภาพช่วยประกันคุณภาพ ของสื่อหรือชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูง เหมาะสมที่จะ ลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบ ประสิทธิภาพเสียก่อนแล้วเมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ ไม่ได้ดีก็จะต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่เป็นการสิ้นเปลือง ทั้งเวลา แรงงานและเงินทอง

2.4.2.2 สำหรับผู้ใช้สื่อหรือชุดการสอน สื่อหรือชุดการสอนที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดีในการสร้าง สภาพการเรียนให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง บางครั้งชุดการสอนต้องช่วยครูสอน บางครั้งต้องสอนแทนครู (อาทิในโรงเรียนครูคนเดียว) ดังนั้น ก่อนนำสื่อหรือชุดการสอนไปใช้ ครูจึงควร มั่นใจว่า ชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนจริงการทดสอบประสิทธิภาพ ตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้สื่อหรือชุดการสอนที่มี คุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.4.2.3 สำหรับผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่า เนื้อหาสาระที่บรรจุลงในสื่อหรือชุดการสอนมีความ เหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิต มีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมอง แรงงาน เวลาและเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

2.4.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

2.4.3.1 ความหมายของเกณฑ์ (Criterion) เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือ พฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียว เพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้จะ ตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดียว ตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่ม ตั้งไว้ 70/70 ส่วนแบบสนามตั้งไว้ 80/80 ถือว่า เป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง อนึ่งเนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ ต่ำสุด ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใด หรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อน ต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่า ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึง เกณฑ์ที่กำหนด

2.4.3.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อ หรือชุดการสอน ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็น ระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อ หรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อ หรือชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน และคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่า ประสิทธิภาพเป็น E_1 = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_2 = Efficiency of

Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556)

2.4.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

$$E_1 = \frac{\sum X_1}{NxA} x100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X_1$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมในบทเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมในบทเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{\sum X_2}{NxB} x100 \qquad (2.3)$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X_2$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

การยอมรับประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1/E_2 ไว้ แล้วได้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพบทเรียนสำเร็จรูปได้ 95/95เท่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1/E_2 ไว้ แล้วได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้พอดี เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพบทเรียนสำเร็จรูปได้ 90/90 ต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1/E_2 ไว้ แล้วได้ค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ไม่เกินร้อยละ + 2.5

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อัศวรัฐ นามะกันคำ (2550) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจเชิงแนวคิดเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนสายสามัญกับสายอาชีพ พบว่านักเรียนสายอาชีพมีความเข้าใจแนวคิดรวบยอดในเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยรวมแล้วดีกว่านักเรียนสายสามัญ โดยเฉพาะในหัวข้อที่จำเป็นต้องใช้ประสบการณ์ในการลงมือปฏิบัติจริงในห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการเรียนการสอนเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงควรให้นักเรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง เพื่อเรียนรู้ลักษณะการทำงานของวงจรอย่างเป็นรูปธรรม จะทำให้เด็กมีความเข้าใจในแนวคิดเรื่องวงจรไฟฟ้าดีกว่า

ศิริชัย พุธวัฒนะ (2538) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ประยุกต์ โดยใช้ร่วมกับคู่มือประกอบชุดการทดลอง อันประกอบด้วย ใบเนื้อหา และใบงาน ซึ่งพบว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพร้อยละ 79.53 และค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ไม่แตกต่างไปจากเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จิราพรรณ มีแวว (2550) เป็นการค้นคว้าอิสระที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดทดลองเรื่องสมบัติของแสงโดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย สำหรับรายวิชาฟิสิกส์ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนเรื่องสมบัติของแสงด้วยวิธีการทดลอง โดยใช้ชุดชุดลองที่สร้างขึ้นซึ่งชุดทดลองนี้ดัดแปลงมาจากชุดทดลองเดิมของ สสวท. โดยการนำเลเซอร์ไดโอดมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงแทนกล่องเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุดการทดลองให้สามารถแสดงผลการทดลองได้ถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น โดยกลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชันมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหัวตะพานวิทยาคม อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 185 คน จากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยของความก้าวหน้าคิดเป็นร้อยละ 34.62 และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยวิธีทดลองโดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด และจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีความสนใจ และมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองเรื่องสมบัติของแสงที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับใช้เรียนเรื่องสมบัติของแสงได้เป็นอย่างดี

ลำภู บุญธรรม (2554) ได้ทำการสร้างของชุดทดลองคุณสมบัติของแสง เพื่อพัฒนาแนวความคิดเรื่องคุณสมบัติของแสง พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองคุณสมบัติของแสง ที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

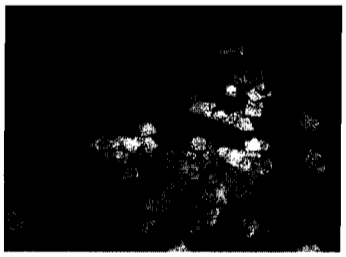
ในการวิจัยเรื่องการใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 ห้อง รวม 90 คน เป็นการวิจัยแบบ one-group pretest-posttest design กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 34 คน เริ่มทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557ตั้งแต่วันที่15-24 ธันวาคม2557 ใช้เวลาในการทดลอง 6 ชั่วโมงโดยเนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัยเป็นเนื้อหาในสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

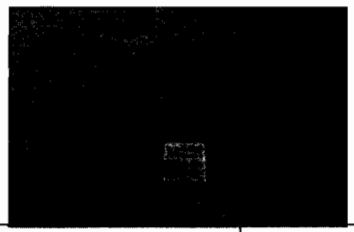
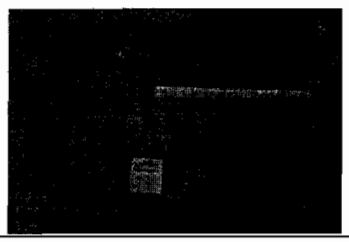
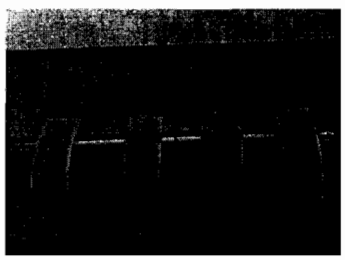
3.1.1 ชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต

ชุดการทดลองอย่างง่าย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อประกอบการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต ประกอบด้วย ชุดการทดลองทั้งหมด 5 ชุดการทดลอง ซึ่งแบ่งเป็น 12 กิจกรรมทดลอง รายละเอียดโดยสรุปของแต่ละชุดการทดลองปรากฏดังตารางที่ 3.1

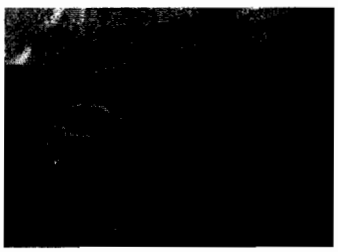
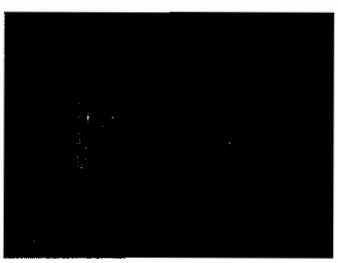
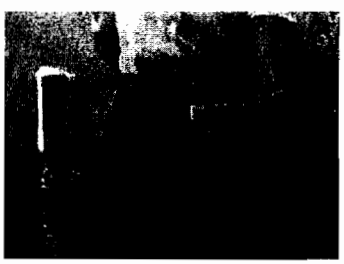
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดสรุปของชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต

กิจกรรมการทดลอง/รูปภาพ	วัสดุอุปกรณ์	แนวคิดวิทยาศาสตร์
ชุดการทดลองที่ 1 ไฟฟ้าสถิตจากการขัดถู (Friction)		
1.1 ไฟฟ้าสถิตจากการขัดถู 	1. หลอดกาแฟ 2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 3. กระดาษ 4. ผ้าไหม	แรงเสียดทานทำให้อิเล็กตรอนในวัตถุเกิดการเคลื่อนที่วัสดุที่สูญเสียอิเล็กตรอนก็จะมีประจุบวกวัสดุที่ได้รับอิเล็กตรอนมาเพิ่มก็จะถือเป็นวัสดุประเภทประจุลบ

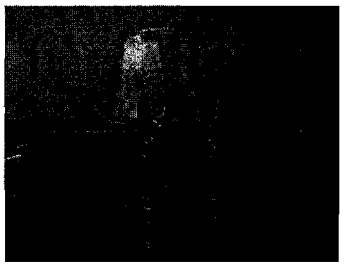
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดสรุปของชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต (ต่อ)

กิจกรรมการทดลอง/รูปภาพ	วัสดุอุปกรณ์	แนวคิดวิทยาศาสตร์
1.2 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า 	1. หลอดกาแฟ 2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 3. ผ้าไหม 4. กังหันหลอดกาแฟ	อันตรกิริยาระหว่างประจุไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าเหมือนกันผลักกัน ประจุต่างกันดูดกัน
1.3 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลาง 	1. หลอดกาแฟ 2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 3. แผ่นพีวีซี 4. ผ้าไหม 5.กังหันหลอดกาแฟ	อันตรกิริยาระหว่างประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลาง จะมีแรงดึงดูดกัน
1.4 ไฟฟ้าสถิตในชีวิตประจำวัน 	1. สก๊อตเทป 2. หลอดกาแฟ 3. ปากกาเมจิก 4. ผ้าไหม	ประโยชน์จากไฟฟ้าสถิตและการเกิดไฟฟ้าสถิตในชีวิตประจำวัน
ชุดการทดลองที่ 2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส (Conduction)		
2.1 การวัดประจุไฟฟ้าโดยใช้อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย	1. อิเล็กโทรสโคป 2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 3. หลอดกาแฟ 4. แผ่นพีวีซี 5. ผ้าไหม	วัตถุตัวนำอื่นที่มีประจุไฟฟ้าอิสระอยู่แล้วมาสัมผัสกับตัวนำที่เราต้องการ จะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าอิสระ การกระทำเช่นนี้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าเท่ากัน

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดสรุปของชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต (ต่อ)

กิจกรรมการทดลอง/รูปภาพ	วัสดุอุปกรณ์	แนวคิดวิทยาศาสตร์
2.2 ฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า 	1. อิเล็กโทรสโคป 2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 3. หลอดกาแฟ 4. แท่งโลหะ 5. แท่งไม้	ตัวนำไฟฟ้าเป็นวัตถุที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้ ฉนวนคือวัตถุที่ไม่ยอมให้ไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านไปได้โดยสะดวกหรือไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านไปได้
ชุดการทดลองที่ 3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า (Induction)		
3.1 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำ	1. อิเล็กโทรสโคป 2. หลอดกาแฟ 3. ผ้าไหม	การเหนี่ยวนำให้ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในวัตถุที่เป็นกลาง มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น
3.2 บอลสปริง 	1. บอลสปริง 2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 3. หลอดกาแฟ 4. ผ้าไหม	การเหนี่ยวนำทำให้ลูกพิทเกิดการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา
ชุดการทดลองที่ 4 ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน (Grounding - the Removal of a Charge)		
4.1แวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย 	1. แวนเดอกราฟฟ์ 2. กังหันไฟฟ้าสถิต 3. ผ้าไหม	หลักการทำงานของแวนเดอกราฟฟ์และการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดสรุปของชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต (ต่อ)

กิจกรรมการทดลอง/รูปภาพ	วัสดุอุปกรณ์	แนวคิดวิทยาศาสตร์
4.2 UFO 	1. แวนเดอกราฟฟ์ 2. กระดาษทิชชู	สายดิน คือตัวนำที่ช่วยถ่ายเทประจุไฟฟ้า
4.3 Faraday Cage	1. แวนเดอกราฟฟ์ 2. อิเล็กโทรสโคป 3. ตาข่ายโลหะ 4. ตาข่ายพลาสติก	หลักการของ Faraday Cage โดยการใช้แผ่นตัวนำไฟฟ้าเพื่อป้องกันสนามไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
ชุดการทดลองที่ 5 กฎคูลอมบ์ (Coulomb's Law)		
5 กฎคูลอมบ์	1. ลูกพิท 2.ไม้โปรเทคเตอร์ 3. แวนเดอกราฟฟ์	แรงทางไฟฟ้าแปรผกผันกับระยะห่าง ยกกำลังสอง

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จะประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน ใช้เวลาแผนละ 2 ชั่วโมง แผนที่ 1 จะเป็นการใช้ชุดการทดลองที่ 1 ไฟฟ้าสถิตจากการขัดถูและชุดการทดลองที่ 2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส แผนที่ 2 จะเป็นการใช้ชุดการทดลองที่ 3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าและชุดการทดลองที่ 4 ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน แผนที่ 3 จะเป็นการใช้ชุดการทดลองที่ 5 กฎคูลอมบ์ (ดูภาคผนวก ก) ซึ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมของแต่ละแผนมีดังนี้

3.1.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องไฟฟ้าสถิตจากการขัดถูและจากการสัมผัส

การจัดกิจกรรมในแผนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเกิดไฟฟ้าสถิตซึ่งสามารถเกิดได้จากจากแรงเสียดทานและจากการสัมผัส รวมถึงอันตรกิริยาที่เกิดระหว่างประจุไฟฟ้า และคุณสมบัติของวัตถุที่เป็นฉนวนและตัวนำ โดยการจัดกิจกรรมจะเป็นไปตามลำดับดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ สอบก่อนเรียนจากนั้น ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนเคยรู้สึกเหมือนไฟดูดเวลาจับโลหะทั้งที่โลหะไม่ได้ต่อกับวงจรไฟฟ้า นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะอะไร จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละคนตั้งคำถาม ขอบเขตเป้าหมาย และประเด็นที่นักเรียนต้องการรู้

2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมในชุดทดลองที่ 1 และ 2

3) ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายลงข้อสรุปจากการศึกษากิจกรรมในชุดทดลองที่1และ2 และนำความรู้ไปตอบคำถามในชุดการทดลอง

4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองในห้องเรียน

5) ขั้นประเมินผล นักเรียนตรวจสอบว่าได้เรียนรู้ตามขอบเขต เป้าหมายครบถ้วนตามประเด็นหรือไม่ ครูประเมินนักเรียนจากคำตอบในชุดทดลอง

3.1.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำและการต่อสายดิน

การจัดกิจกรรมในแผนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำให้ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในวัตถุที่เป็นกลาง มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นและการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเมื่อต่อ สายดิน โดยการจัดกิจกรรมจะเป็นไปตามลำดับดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูถามนักเรียนว่า อำนาจของประจุไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนวัตถุที่เป็นกลางให้มีประจุไฟฟ้าได้หรือไม่ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะอะไร จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละคนตั้งคำถาม ขอบเขตเป้าหมาย และประเด็นที่นักเรียนต้องการรู้

2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมในชุดทดลองที่ 3 และ 4

3) ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายลงข้อสรุปจากการศึกษากิจกรรมในชุดทดลองที่3และ4 และนำความรู้ไปตอบคำถามในชุดการทดลอง

4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองในห้องเรียน

5) ขั้นประเมินผล นักเรียนตรวจสอบว่าได้เรียนรู้ตามขอบเขต เป้าหมายครบถ้วนตามประเด็นหรือไม่ ครูประเมินนักเรียนจากคำตอบในชุดทดลอง

3.1.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กฎคูลอมบ์

การจัดกิจกรรมในแผนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจว่า แรงทางไฟฟ้าแปรผกผันกับระยะห่าง ยกกำลังสอง โดยการจัดกิจกรรมจะเป็นไปตามลำดับดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าแรงกับระห่างมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละคนตั้งคำถาม ขอบเขตเป้าหมาย และประเด็นที่นักเรียนต้องการรู้

2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมในชุดทดลองที่ 5

3) ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายลงข้อสรุปจากการศึกษากิจกรรมในชุดทดลองที่ 5 และนำความรู้ไปตอบคำถามในชุดการทดลอง

4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองในห้องเรียน

5) ขั้นประเมินผล นักเรียนตรวจสอบว่าได้เรียนรู้ตามขอบเขต เป้าหมายครบถ้วนตามประเด็นหรือไม่ ครูประเมินนักเรียนจากคำตอบในชุดทดลองและสอบเก็บคะแนนหลังเรียน

3.1.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิต

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิตชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกฉบับละ 10 ข้อ มีวิธีการดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

3.1.3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบ จากหนังสือคู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 20-28) และหนังสือเอกสารการสอนการวัดผลและประเมินผลการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรทางการสอน (ม.ป.ป.: 58-83)

3.1.3.2 วิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจากแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อสร้างแผนผังการออกข้อสอบ โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 2 ด้าน คือ (1)ความเข้าใจและ(2) การนำไปใช้

3.1.3.3 สร้างแผนผังการออกข้อสอบ โดยกำหนดสัดส่วนของข้อสอบที่จะวัดผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

3.1.3.4 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้ครอบคลุมตามเนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ในแผนผังการออกข้อสอบ จำนวนฉบับละ 20 ข้อ

3.1.3.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความตรงของข้อสอบและภาษาที่ใช้ แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้งเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่สอดคล้องกับเนื้อหาจนเหลือจำนวนข้อสอบฉบับละ 10 ข้อ ดังปรากฏในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 หัวข้อและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าสถิต

หัวข้อ	ข้อที่
1 ไฟฟ้าสถิตจากการขัดถู	1 และ 2
2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส	3 และ 4
3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า	5 และ 6
4 ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน	7 และ 8
5 กฎคูลอมบ์	9 และ 10

3.1.3.6 ขั้นที่ 6 นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ จังหวัดอำนาจเจริญ ที่ได้เรียนเรื่องนี้ผ่านมาแล้ว จำนวน 36 คน เพื่อปรับปรุงแก้ไขและหาคุณภาพของแบบทดสอบ

3.1.3.7 ทำการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบที่นักเรียนทำโดยให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบถูก และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 คำตอบ

3.1.3.8 นำผลที่ได้จากการตรวจมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วนำข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ที่น้อยกว่า 0.20 มาปรับปรุงใหม่ แล้วนำไปทดลองใช้อีกครั้งกับนักเรียนกลุ่มเดิม นำผลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป พร้อมหาความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสันที่ 20

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบเตรียมทดลอง โดยใช้วิธีการศึกษากลุ่มทดลองโดยการวัดก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ครูแนะนำรูปแบบกิจกรรมการเรียนและบทบาทของนักเรียนในการเรียนด้วยแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

3.2.2 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 10 ข้อ

3.2.3 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 5-6 คน โดยแบ่งตามความสมัครใจของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนจะได้ปรึกษาเพื่อนในกลุ่มเรียนซึ่งจะได้สบายใจในการทำงานเพราะจากการสังเกต เมื่อเปลี่ยนกลุ่มใหม่ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่เป็นเพื่อนสนิท นักเรียนจะไม่กล้าแสดงออกทางความคิด

3.2.4 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไว้จำนวน 3 แผน

3.2.5 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ชุดเดิม จำนวน 10 ข้อ

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือคือ ชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ไปดำเนินการทดลองพร้อมเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเก็บข้อมูลจากกิจกรรมที่วัดไว้ตามแผนการเรียนรู้ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย และนำเสนอข้อมูลดังนี้

4.1 ประสิทธิภาพของชุดทดลองอย่างง่ายตามเกณฑ์ 80/80

เมื่อชุดทดลองอย่างง่ายผ่านการประเมินคุณภาพด้านต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญและได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว จึงนำไปใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากการวิจัยนี้สร้างชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาประสิทธิภาพว่าเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวิจัยได้หรือไม่ ซึ่งพิจารณาได้จากค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่า เท่าใดนั้น ให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยพิจารณาพิสัยการเรียนที่จำแนกเป็นวิทยพิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และทักษพิสัย (Skill Domain) ในขอบข่ายวิทยพิสัย (เดิมเรียกว่า พุทธิพิสัย) เนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ สูงสุดแล้วลดต่ำลงมาคือ 90/90 85/85 80/80 ส่วนเนื้อหาสาระที่เป็นจิตพิสัยจะต้องใช้ เวลาไปฝึกฝนและพัฒนา ไม่สามารถทำให้ถึงเกณฑ์ระดับสูงได้ในห้องเรียนหรือในขณะที่เรียน จึงอนุโลม ให้ตั้งไว้ต่ำลง นั่นคือ 80/80 75/75 แต่ไม่ต่ำกว่า 75/75 เพราะเป็นระดับความพอใจต่ำสุด จึงไม่ควร ตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่านี้ ตัวอย่างเช่น เมื่อทดสอบหาประสิทธิภาพแล้ว ได้ 83.5/85.4 ก็แสดงว่าสื่อหรือชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ 83.5/85.4 ใกล้เคียงกับเกณฑ์ 85/85 ที่ตั้งไว้แต่ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ 75/75 เมื่อผลการทดสอบ ประสิทธิภาพเป็น 83.5/85.4 ก็อาจเลื่อนเกณฑ์ ขึ้นมาเป็น 85/85 ได้ การยอมรับค่าประสิทธิภาพนั้นมีความคลาดเคลื่อนหรือ ประสิทธิภาพให้ถือค่าความแปรปรวนร้อยละ 25 – 5 นั่นคือประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนไม่ควร ต่ำกว่าเกณฑ์เกินร้อยละ 5 แต่โดยปกติเราจะกำหนดไว้ร้อยละ 2.5 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดค่า E_1/E_2 เป็น 80/80 เพราะกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่อยู่ในเกณฑ์ผลการเรียนดี การวิจัยได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนแบบฝึกปฏิบัติและวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 34 คน

ชุดทดลอง	คะแนน				
	เต็ม	$\bar{X}$	SD	E_1	E_2
1. ไฟฟ้าสถิตจากขัดถู	**28**	**21.7**	**2.36**	**77.4**	**80.88**
1.1 การเกิดไฟฟ้าสถิตจากขัดถู	8	6.0	0.6	75	
1.2 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า	4	3.4	1.3	84	
1.3 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลาง	4	3.0	0.6	74	
1.4 ไฟฟ้าสถิตในชีวิตประจำวัน	12	9.3	1.5	78	
2. ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส	**16**	**11**	**2.7**	**70**	**72.06**
2.1 การวัดประจุไฟฟ้าโดยใช้อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย	8	5.3	1.5	66	
2.2. ฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า	8	6.0	1.3	75	
3. ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำ	**12**	**9.5**	**1.9**	**79**	**77.94**
3.1 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำ	6	5.0	0.9	83	
3.2 บอลสปริง	6	4.5	1.1	75	
4. ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน	**16**	**13.0**	**1.9**	**83**	**77.94**
4.1 แวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย	6	5.1	1.2	86	
4.2 UFO	4	3.4	0.6	85	
4.3 Faraday Cage	6	4.6	0.8	77	
5. กฎคูลอมบ์	**8**	**6.24**	**1.28**	**77.9**	**76.47**
รวม	**80**	**61.69**	**8.54**	77.35	77.06

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผลการวิเคราะห์ชุดทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.35/77.06 แสดงว่าชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ 80/80 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แยกตามชุดทดลองพบว่า ชุดทดลองที่ 1 ไฟฟ้าสถิตจากขัดถู มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.4/80.88 ชุดทดลองที่ 2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส มีประสิทธิภาพเท่ากับ 70.0/72.06 ชุดทดลองที่ 3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.0/77.94 ชุดทดลองที่ 4 ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.0/77.94 ชุดทดลองที่5กฎคูลอมบ์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.9/76.47 แสดงว่าชุดทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพไม่ผ่านเกณฑ์ 80/80 เพราะทักษะการทดลอง

จะต้องใช้ เวลาไปฝึกฝนและพัฒนา เพื่อให้เกิดความชำนาญ อีกทั้งจากกิจกรรมการทดลองที่จัดไว้ไม่ครอบคลุมเนื้อหา และนักเรียนยังขาดการเชื่อมโยงกิจกรรมการทดลองกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักเรียนต่างกลุ่มอาจทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556) ส่วนชุดทดลองที่ 1, 3, 4 และ5 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ และการที่ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ เพราะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี ตลอดจนภาษาที่ใช้ในชุดทดลองซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน ซึ่งชุดทดลองการลักษณะเป็นชุดย่อย ๆ สั้น ๆ เนื้อหาจบภายในชุดเดียวและมีแบบฝึกหัดท้ายบทในแต่ละชุดกิจกรรมให้นักเรียนตอบคำถามประเมินตนเอง อีกทั้ง การจัดกลุ่มนักเรียนทำกิจกรรมแบบตามความสมัครใจ จึงทำให้มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันเป็นอย่างดี รวมทั้งกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำในแต่ละชุดปฏิบัติการใช้อุปกรณ์ในการทดลองจริง และทุกคนต้องทำด้วยตนเองจึงทำให้นักเรียนสนใจกระตือรือร้นทำกิจกรรมอยู่ตลอดเวลาส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการใช้เครื่องมือ เกิดความชำนาญและสามารถปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ทั้งยังพัฒนาทางกระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัฒน์ วรสิทธิ์ (2538) ที่ได้สร้างชุดฝึกปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้า สาหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.75/92.78 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับศิริชัย พุธวัฒนะ (2538) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ประยุกต์ โดยใช้ร่วมกับคู่มือประกอบชุดการทดลอง อันประกอบด้วย ใบเนื้อหา และใบงาน ซึ่งพบว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพร้อยละ 79.53 และค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ไม่แตกต่างไปจากเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิต

งานวิจัยครั้งนี้ต้องการตรวจสอบสมมติฐานที่ว่าการใช้ชุดทดลองอย่างง่าย สามารถพัฒนาความเข้าใจแนวความคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิต ซึ่งจากการวิจัยได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียน หลังเรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ t-test

หัวข้อ	การทดสอบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			
			$\bar{X}$	ร้อยละ	SD	t-test
หัวข้อ 1 ไฟฟ้าสถิตจากขัดถู	Pre-test	2	1.00	50	0.70	4.62
	Post-test	2	1.62	81	0.55	
หัวข้อ 2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส	Pre-test	2	0.68	34	0.68	5.22
	Post-test	2	1.44	72	0.66	
หัวข้อ 3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำ	Pre-test	2	0.74	37	0.75	4.11
	Post-test	2	1.56	78	0.56	
หัวข้อ 4 ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน	Pre-test	2	0.79	39.5	0.81	5.71
	Post-test	2	1.56	78	0.70	
หัวข้อ 5 กฎคูลอมบ์	Pre-test	2	0.79	39.5	0.48	6.04
	Post-test	2	1.53	76.5	0.56	
รวม	**Pre-test**	**10**	**4.00**	**40**	**1.79**	**12.47**
	Post-test	**10**	**7.71**	**77.1**	**1.31**	

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหัวข้อ 1 ไฟฟ้าสถิตจากขัดถู ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (1.62 หรือร้อยละ 8) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (1.00 หรือร้อยละ 50) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับ .05 (t = 4.62) หัวข้อ 2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (1.44 หรือร้อยละ 72) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (0.68 หรือร้อยละ 34) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับ .05 (t = 5.22) หัวข้อ 3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำ ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (1.56 หรือร้อยละ 78) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (0.74 หรือร้อยละ 37) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับ .05 (t = 4.11) หัวข้อ 4 ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (1.56 หรือร้อยละ 78) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (0.79 หรือร้อยละ 39.5) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับ .05 (t = 5.71) หัวข้อ 5 กฎคูลอมบ์ ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (1.53 หรือร้อยละ 76.5) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (0.79 หรือร้อยละ 39.5) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับ .05 (t = 6.04) และผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ทั้ง 5 หัวข้อ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนกับหลังการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (7.71 หรือร้อยละ

77.10) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (4.00 หรือร้อยละ 40.00) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับ .05 (t = 12.47) แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจแนวความคิดเรื่องไฟฟ้าสถิตสูงขึ้นจริงซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สามารถทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการทางการเรียนที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึง ได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้กระบวนการทำงานกลุ่ม รู้จักช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมมีความคิดสร้างสรรค์ ตลอดจนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง (สุธี ผลดี, 2554) และยังส่งเสริมให้ผู้เรียนให้รู้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลของการทดลองที่ได้ แล้วนำมาเปรียบเทียบและเชื่อมโยงเข้ากับหลักการที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาอธิบายและเป็นคำตอบของคำถามที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้น นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น (อรัญญา สถิตไพบูลย์, 2553)

ตารางที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายหัวข้อ

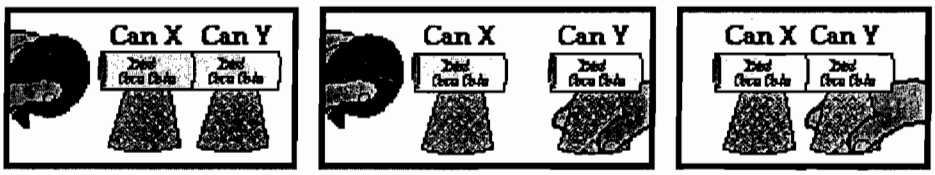
หัวข้อ	Pre-test	Post-test	Actual gain	Maximum possible gain	normalized gain <g>
หัวข้อ 1	50.00	80.88	30.88	50.00	0.62 (medium)
หัวข้อ 2	33.82	72.06	38.24	66.18	0.58 (medium)
หัวข้อ 3	36.76	77.94	41.18	63.24	0.65 (medium)
หัวข้อ 4	39.71	77.94	38.24	60.29	0.63 (medium)
หัวข้อ 5	39.71	76.47	36.76	60.29	0.61 (medium)
รวม	**40.00**	**77.06**	**37.06**	60.00	**0.62 (medium)**

ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain, <g> ซึ่งหาได้จากผลการเรียนรู้ ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มี โอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (maximum possible gain) มีค่า เท่ากับ 0.68 ดังแสดงในตารางที่ 4 (<g> มีค่าตั้งแต่ 0 - 1) พบว่าอยู่ในระดับ medium gain (จากบทความวิจัยของ Hake ได้กำหนดระดับของความก้าวหน้าทางการเรียนโดย วิธี average normalized gain เป็น 3 ระดับคือ low gain, medium gain และ high gain โดยที่ค่า <g> มีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ 0.3 มากกว่าหรือเท่ากับ 0.3 แต่น้อยกว่า 0.7 และมากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 ตามลาดับ) เมื่อพิจารณา ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนตาม หัวข้อจากตารางที่ 4.3 พบว่า average normalized gain ของ ทั้ง 5 หัวข้อ อยู่ใน ระดับ medium gain

มีค่าเท่ากับ 0.62 เมื่อพิจารณาเป็นรายหัวข้อพบว่าหัวข้อที่ 2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส ซึ่งผลการประเมินความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำสุด 0.58 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำกิจกรรมในชุดนี้ประกอบไปด้วยการใช้อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย ซึ่งนักเรียนอาจจะยังอาจสับสนอยู่เกี่ยวกับหลักการทำงาน เนื่องจากนักเรียนเคยใช้อุปกรณ์นี้เป็นครั้งแรกรวมถึงต้ออธิบายเหตุการณ์ที่ปรากฏให้สอดคล้องกับการทดลอง จึงอาจเป็นสาเหตุให้คะแนนในส่วนนี้ต่ำกว่าหัวข้ออื่น ๆ ส่วนหัวข้อที่ 3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำ ซึ่งมีผลการประเมินความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูงสุด 0.65 อาจเป็นเพราะนักเรียนตั้งใจและให้ความสนใจในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทั้งนี้การทดลองเป็นการใช้อิเล็กโทรสโคปอย่างง่ายซึ่งนักเรียนเคยปฏิบัติมาแล้วในหัวข้อที่ 2 นักเรียนจึงเกิดทักษะและความชำนาญ อีกทั้งในส่วนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นคำถามที่สอดคล้องกับหลักการในการจัดกิจกรรมการทดลอง จึงอาจเป็นสาเหตุให้คะแนนในหัวข้อนี้สูงกว่าหัวข้ออื่น ๆ

ในการวิเคราะห์ข้อคำถามที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เป็นคำถามที่อยู่ในหัวข้อที่ 2 ไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัส ซึ่งได้ความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุด และข้อคำถามคำถามที่อยู่ในหัวข้อที่ 3 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำซึ่งได้ความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุดมีรายละเอียดดังนี้

คำถาม ข้อ 4. นายแดงทำการทดลองโดยนำกระป๋องโลหะ X และกระป๋องโลหะ Y ที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาวางติดกัน นำลูกโป่งที่มีประจุบวกมาใกล้กับกระป๋องโลหะ X จากนั้นแยกกระป๋องโลหะ Y ออกจากกระป๋องโลหะ X โดยที่ลูกโป่งยังอยู่ที่เดิม เมื่อนำลูกโป่งออกแล้วนำกระป๋องโลหะ Y มาวางติดกันอีกครั้งดังรูป กระป๋องโลหะ X และกระป๋องโลหะ Y มีประจุชนิดใดตอบตามลำดับ



ก. ประจุลบ ประจุบวก ข. ประจุบวก ประจุลบ

ค. ประจุลบ กลางทางไฟฟ้า ง. กลางทางไฟฟ้าทั้งสอง

คำตอบ ข้อ ง. กลางทางไฟฟ้าทั้งสอง

ก่อนเรียน นักเรียนตอบข้อ ก จำนวน 16 คน (ร้อยละ 47.06)

นักเรียนตอบข้อ ข จำนวน 2 คน (ร้อยละ 5.88)

นักเรียนตอบข้อ ค จำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.76)

นักเรียนตอบข้อ ง จำนวน 12 คน (ร้อยละ 35.29)

นักเรียนตอบถูก 12 คน คิดเป็นร้อยละ 35.29 นักเรียนตอบผิด 22 คน คิดเป็นร้อยละ 64.71

หลังเรียน นักเรียนตอบข้อ ก จำนวน 7 คน (ร้อยละ 20.59)

นักเรียนตอบข้อ ข จำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.94)

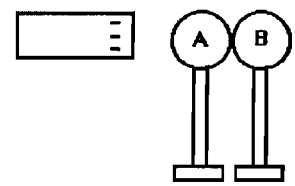
นักเรียนตอบข้อ ค จำนวน 2 คน (ร้อยละ 5.88)

นักเรียนตอบข้อ ง จำนวน 24 คน (ร้อยละ 70.59)

นักเรียนตอบถูก 24 คน คิดเป็นร้อยละ 70.59 นักเรียนตอบผิด 10 คน คิดเป็นร้อยละ 29.41 ความก้าวหน้าทางการเรียน 0.55 อยู่ในระดับ medium gain

ข้อสอบข้อนี้เป็นการวัดแนวความคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเมื่อเกิดการสัมผัสจาก ข้อมูลการตอบแบบทดสอบก่อนเรียนจะเห็นได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบข้อ ก คิดเป็นร้อยละ 46.06 เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าเมื่อนำกระป๋องโลหะ X และกระป๋องโลหะ Y ที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาวางติดกัน นำลูกโป่งที่มีประจุบวกมาใกล้กับกระป๋องโลหะ X กระป๋องโลหะ X จะถูกเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าแล้วเกิดประจุลบส่วนกระป๋องโลหะ Y จะมีประจุเป็นบวก จากนั้นเมื่อแยกกระป๋องโลหะ Y ออกจากกระป๋องโลหะ X โดยที่ลูกโป่งยังอยู่ที่เดิมกระป๋องโลหะ X และกระป๋องโลหะ Y จะยังคงมีประจุเช่นเดิม เมื่อนำลูกโป่งออกแล้วนำกระป๋องโลหะ Y มาวางติดกันอีกครั้งดังรูป จะแสดงอำนาจทางไฟฟ้าเป็นประจุลบและประจุบวก ถึงแม้จะกระป๋องโลหะ X และกระป๋องโลหะ Y มาสัมผัสกัน ซึ่งในแนวความคิดที่ถูกต้องคือ ประจุลบจากกระป๋องโลหะ X จะเคลื่อนที่ไปรวมกับประจุบวกที่กระป๋องโลหะ Y ทำให้เป็นกลางทางไฟฟ้า ทำให้คะแนนความก้าวหน้าในข้อนี้มีค่าต่ำที่สุด

คำถาม ข้อ 5. ทรงกลมโลหะA และB วางสัมผัสกัน โดยยึดไว้ด้วยฉนวน เมื่อนำแท่งอิโบไนท์ซึ่งมีประจุลบเข้าใกล้ทรงกลม A ดังรูป จะมีประจุไฟฟ้าชนิดใด เกิดขึ้นที่ตัวนำทรงกลมทั้งสอง



ก. ทรงกลมทั้งสองจะมีประจุบวก

ข. ทรงกลมทั้งสองจะมีประจุลบ

ค. ทรงกลม A จะมีประจุบวก และทรงกลม B มีประจุลบ

ง. ทรงกลม A จะมีประจุลบ และทรงกลม B มีประจุบวก

คำตอบ ข้อ ค. ทรงกลมA จะมีประจุบวก และทรงกลมB มีประจุลบ

ก่อนเรียน นักเรียนตอบข้อ ก จำนวน 14 คน (ร้อยละ 41.18)

นักเรียนตอบข้อ ข จำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.76)

นักเรียนตอบข้อ ค จำนวน 13 คน (ร้อยละ 38.24)

นักเรียนตอบข้อ ง จำนวน 3 คน (ร้อยละ 8.82)

นักเรียนตอบถูก 13 คน คิดเป็นร้อยละ 38.24 นักเรียนตอบผิด 21 คน คิดเป็นร้อยละ 61.76

หลังเรียน นักเรียนตอบข้อ ก จำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.76)

นักเรียนตอบข้อ ข จำนวน 2 คน (ร้อยละ 5.88)

นักเรียนตอบข้อ ค จำนวน 27 คน (ร้อยละ 79.41)

นักเรียนตอบข้อ ง จำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.94)

นักเรียนตอบถูก 27 คน คิดเป็นร้อยละ 79.41 นักเรียนตอบผิด 7 คน คิดเป็นร้อยละ 20.59 ความก้าวหน้าทางการเรียน 0.67 อยู่ในระดับ medium gain

ข้อสอบข้อนี้เป็นการวัดแนวความคิดเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าจากข้อมูลการตอบแบบทดสอบก่อนเรียนจะเห็นได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบข้อ ก คิดเป็นร้อยละ 41.18 เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เมื่อนำแท่งอิโบไนท์ซึ่งมีประจุลบเข้าใกล้ทรงกลม A ดังรูปทรงกลมทั้งสองจะมีประจุบวก ซึ่งในแนวความคิดที่ถูกต้องคือการนำวัตถุซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบเข้าไปใกล้ ๆ วัตถุที่เป็นกลางจะทำให้ เกิดการเหนี่ยวนำให้ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในวัตถุที่เป็นกลางเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ เนื่องจากแรงทางคูลอมบ์ เป็นผลทำให้วัตถุที่เป็นกลางจะมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นโดยทรงกลม A จะมีประจุบวก และทรงกลม B มีประจุลบ หลังจากที่นักเรียนได้เรียนโดยใช้ชุดทดลองย่างง่ายแล้วมาทำแบบทดสอบ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ตอบได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 79.41 เนื่องจากข้อสอบที่ถามตรงกับเนื้อหา ทฤษฎี และการทดลองทำให้นักเรียนและเข้าและจดจำได้ดี ส่งผลให้เป็นข้อสอบข้อที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่องการใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิต สามารถสรุปผลการวิจัย และมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัย เรื่องการใช้ชุดการทดลองอย่างง่ายร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อ (1) พัฒนาชุดทดลองอย่างง่ายร่วมกับเทคนิคการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ให้ผ่านเกณฑ์ 80/80 ผลการวิจัยประสิทธิภาพของชุดทดลองอย่างง่าย เรื่องไฟฟ้าสถิต พบว่าชุดทดลองอย่างง่าย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 77.35/77.06 แสดงว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ (2) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่องไฟฟ้าสถิต โดยใช้ชุดทดลองร่วมกับเทคนิคการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดทดลองอย่างง่าย พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (7.71 หรือร้อยละ 77.10) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (4.00 หรือร้อยละ 40.00) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับ .05 (t = 12.47) และความก้าวหน้าเฉลี่ยทั้งชั้น (Class average normalizes gain) มีค่าเท่ากับ 0.62 อยู่ในระดับ medium gain แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจแนวความคิดเรื่องไฟฟ้าสถิตสูงขึ้นและสามารถทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการทางการเรียนที่เพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การทำกิจกรรมการทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิต ควรทำในฤดูหนาว หรือในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศเนื่องจากความชื้นในอากาศน้อยจะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตได้ดี

5.2.2 การทำแวนเดอกราฟ ครูผู้สอนควรดูแลอย่างใกล้ชิด เนื่องจากนักเรียนอาจได้รับอันตรายจากกระแสไฟฟ้าได้

5.2.3 เมื่อทำอุปกรณ์การทดลองอย่างง่ายเสร็จ ควรทำการทดลองภายในหนึ่งสัปดาห์ เนื่องจากอุปกรณ์ในการทดลองทำจากวัสดุที่หาได้ทั่วไปคุณภาพต่ำ ซึ่งสามารถเสื่อมสภาพได้ง่าย

5.2.4 ถ้าให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์การทดลองด้วยตัวเองควรเผื่อเวลาในการจัดทำอุปกรณ์การทดลองไม่น้อยกว่าหนึ่งสัปดาห์ เนื่องจากนักเรียนยังไม่มีประสบการณ์ในการทำอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ พลอาษา. **การเปรียบเทียบผลของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือกับการสอนแบบปกติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2549.

จันทร์จิรา ภมรศิลปะธรรม. **การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปิโตรเลียมและพอลิเมอร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.

จิราพรรณ มีแวว. **ประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องสมบัติของแสงโดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย.** การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. "การทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน" ใน **เอกสารการสอนชุดวิชา เทคโนโลยีและสื่อการศึกษาหน่วยที่ 1–8.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2556.

ธัญญะ โพธ์รัง. **การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2550.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิดวิธีและเทคนิค การสอน 1.** กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ฟแมนเนจเม้นท์, 2544.

มนต์ชัย เทียนทอง. **อุปกรณ์ช่วยสอน.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระนครเหนือ, 2530.

ปิยพงษ์ สิทธิคง. **การเคลื่อนที่แบบกลิ้ง. ฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา 1 กลศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชัน อินโดไชน่า จำกัด, 2547.

ปรียานุช สถาวรมณี. **การพัฒนากิจกรรมในหลักสูตรเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการคิด วิเคราะห์ของนักเรียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.

ประกาศิต ตันติอลงการ. **การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2535.

ระเบียบ อนันตพงศ์ **ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สนามของแรงและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสัมบูรณ์กุลกันยา จังหวัดสงขลา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2550.

วิทวัฒน์ ขัตติยะมาน และอมลวรรณ วีระธรรมโม. **การสอนเพื่อพัฒนาการคิด.** กรุงเทพมหานคร: เทมการพิมพ์, 2549.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ลำภู บุญธรรม. **การใช้ชุดทดลองเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องคุณสมบัติของแสงในการเรียนการสอนฟิสิกส์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

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

ศิริชัย พุธวัฒนะ. **การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโลยี. **คู่มือการวัดผลและประเมินผลวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544.** กรุงเทพมหานคร: คุรุสภา, 2546.

_____. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **เอกสารประกอบการเผยแพร่ขยายและอบรมรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle).** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น (เอกสารอัดสำเนา), 2548.

สุธี ผลดี และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ด้วยชุดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน", **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 1(2): 45-67; สิงหาคม, 2554.

สุวัฒน์ วรสิทธิ์. **การสร้างชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2538.

อรัญญา สถิตไพบูลย์. <u>การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้</u>. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

อัศวรัฐ นามะกันคำ. **การเปรียบเทียบความเข้าใจเชิงแนวคิดเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนสายสามัญกับนักเรียนสายอาชีพ.** การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยลัยเชียงใหม่, 2550.

National Research Council. **Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.** Washington DC: National Academy Press, 2000.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Hake, R.R. "Interactive – engagement vs traditional methods: A six–thousand–student survey of mechanics test data for introductory physics courses", **American Journal of Physics**. 61(1): 64-74; May, 1998.

ภาคผนวก

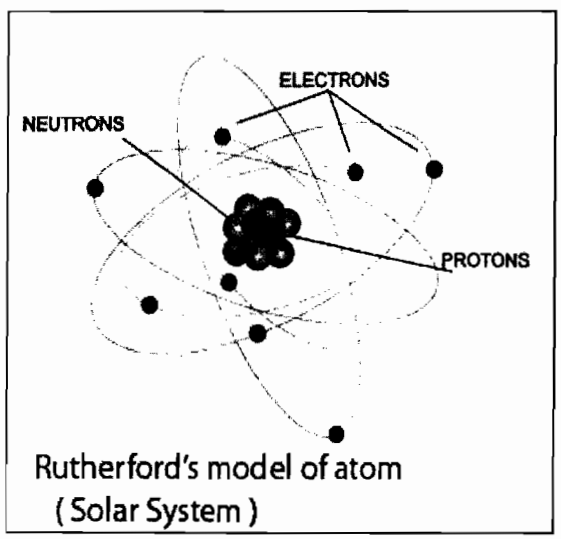
ภาคผนวก ก
ชุดการทดลองอย่างง่ายเรื่องไฟฟ้าสถิต

ชุดการทดลองที่ 1 ไฟฟ้าสถิตจากแรงเสียดทาน

ทฤษฎีและหลักการ

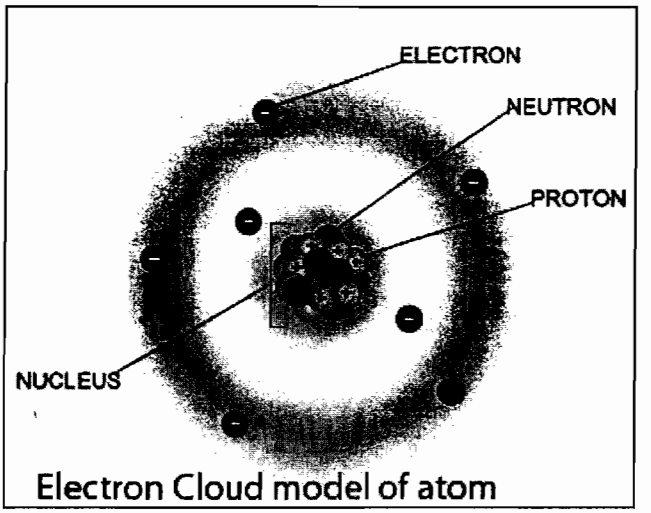
ไฟฟ้าสถิต (อังกฤษ: Static electricity หรือ Electrostatics) เป็นปรากฏการณ์ที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุมีไม่เท่ากัน และไม่เคลื่อนที่ (จึงเรียกว่า สถิต) จนกระทั่งมีการถ่ายเทประจุ หรือเกิดการไหลของอิเล็กตรอน กลายเป็นไฟฟ้ากระแส ปกติจะแสดงในรูปการดึงดูดหรือการผลักกัน แต่ไม่เกิดประกายไฟ ไฟฟ้าสถิต

ประจุไฟฟ้าเป็นปริมาณทางไฟฟ้าปริมาณหนึ่งที่กำหนดขึ้น ธรรมชาติของสสารจะประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ ที่มีลักษณะและมีสมบัติเหมือนกันที่เรียกว่า อะตอม(Atom) ภายในอะตอม จะประกอบด้วยอนุภาคมูลฐาน 3 ชนิดได้แก่ โปรตอน (proton) นิวตรอน (neutron) และ อิเล็กตรอน (electron) โดยที่โปรตอนมีประจุไฟฟ้าบวกกับนิวตรอนที่เป็นกลางทางไฟฟ้ารวมกันอยู่เป็นแกนกลาง เรียกว่านิวเคลียส (nucleus) ส่วนอิเล็กตรอน มีประจุไฟฟ้าลบ จะอยู่รอบๆนิวเคลียสตามปกติวัตถุจะมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า ดังภาพที่ ก.1 รูปแบบที่ถูกต้องมากขึ้นซึ่งเราเชื่อว่าในปัจจุบันเป็นแบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอก ซึ่งอธิบายไว้ดังรูป ก.2



ภาพที่ ก.1 แบบจำลองอะตอม

จากภาพที่ ก.1 แบบจำลองรัทเทอร์ฟอร์ดอธิบายโครงสร้างอิเล็กตรอนของอะตอม อิเล็กตรอนวิ่งวนรอบนิวเคลียสในลักษณะเหมือนดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์ ความสนใจหลักของรัทเทอร์ฟอร์ดมุ่งไปที่มวลส่วนใหญ่ของอะตอมซึ่งอยู่ในแกนกลางที่เล็กมาก ๆ ทำให้มองเห็นภาพแบบจำลองแบบดาวเคราะห์ได้ชัดเจนกว่าที่เคยเป็นมา เช่น แกนกลางเป็นพื้นที่บรรจุมวลส่วนใหญ่ของอะตอมในลักษณะเดียวกับดวงอาทิตย์เป็นมวลส่วนใหญ่ของระบบสุริยะ



ภาพที่ ก.2 ฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

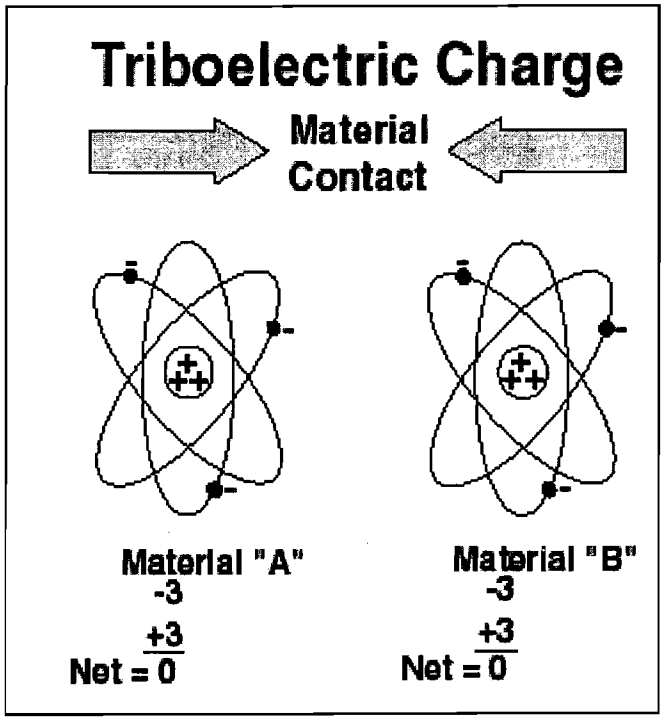
จากภาพที่ ก.2 อิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสอย่างรวดเร็ว ด้วยรัศมี ไม่แน่นอนจึงไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอนได้บอกได้แต่เพียงโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนในบริเวณต่าง ๆ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสอาจเป็นรูปทรงกลมหรือรูปอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับระดับพลังงานของอิเล็กตรอน แต่ผลรวมของกลุ่มหมอกของอิเล็กตรอนทุกระดับพลังงาน

ฉนวนไฟฟ้า (Insulation) หมายถึง วัตถุที่ไม่ยอมให้ไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านไปได้โดยสะดวก หรือไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านไปได้ **ตัวนำไฟฟ้า** (Conductor) หมายถึง วัตถุที่ยอมให้ประจุไฟฟ้า เคลื่อนที่กระจายไปได้ตลอดเนื้อวัตถุ ความแตกต่างระหว่างตัวนำและฉนวน คือ ฉนวน อิเล็กตรอนจะเกาะกลุ่มกันอยู่ในแต่ละอะตอมไม่มีการเคลื่อนที่ ส่วนตัวนำ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่อยู่ทั่วไป ไม่ยึดเกาะกับอะตอมใดอะตอมหนึ่ง ซึ่งเรียก อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในตัวนำเหล่านี้ว่า อิเล็กตรอนอิสระ (Free electron)

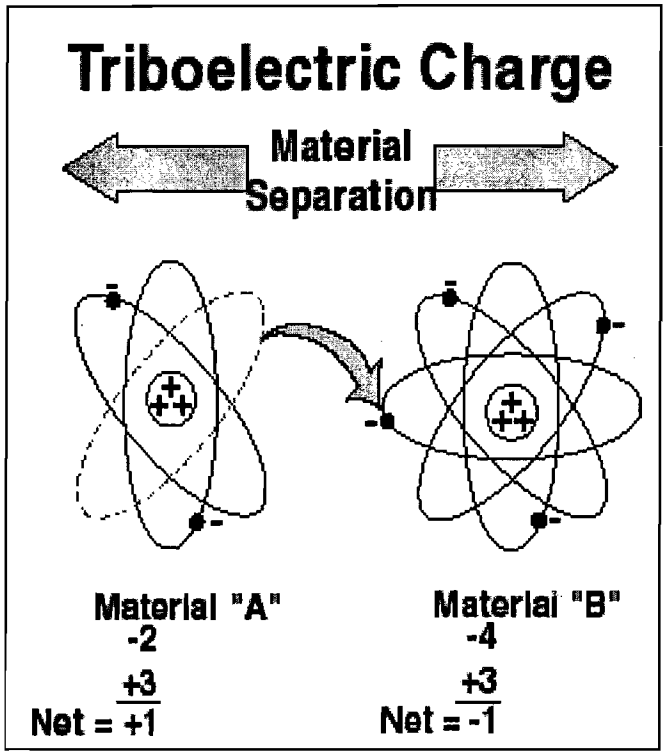
ในการถูแท่งแก้วหรือแท่งพลาสติกด้วยผ้าไหมนั้น อิเล็กตรอนที่ถูกถ่ายเท จะไม่เคลื่อนที่ไปไหน จึงสามารถแสดงอำนาจของประจุไฟฟ้าออกมาได้แต่ถ้าเปลี่ยนใช้แท่งโลหะหรือแท่งเหล็ก ถูกับผ้าไหมนั้น อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่สู่มือ ขณะที่เราใช้มือจับวัตถุถูกับผ้าไหม จนแท่งโลหะเป็นกลาง จึงไม่แสดงอำนาจประจุไฟฟ้าออกมา

ไทรโบอิเล็กทริก

ประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากการสัมผัส และแยกจากกันของวัสดุเรียกว่าการประจุแบบไทรโบอิเล็กทริก (Triboelectric) เหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างวัสดุทั้งสอง อะตอมของวัสดุที่ไม่มีประจุไฟฟ้าถือว่ามันมีจำนวนประจุบวก (โปรตอน) ที่นิวเคลียสเท่ากับประจุลบ (อิเล็กตรอน) ซึ่งวิ่งรอบ ๆ นิวเคลียส



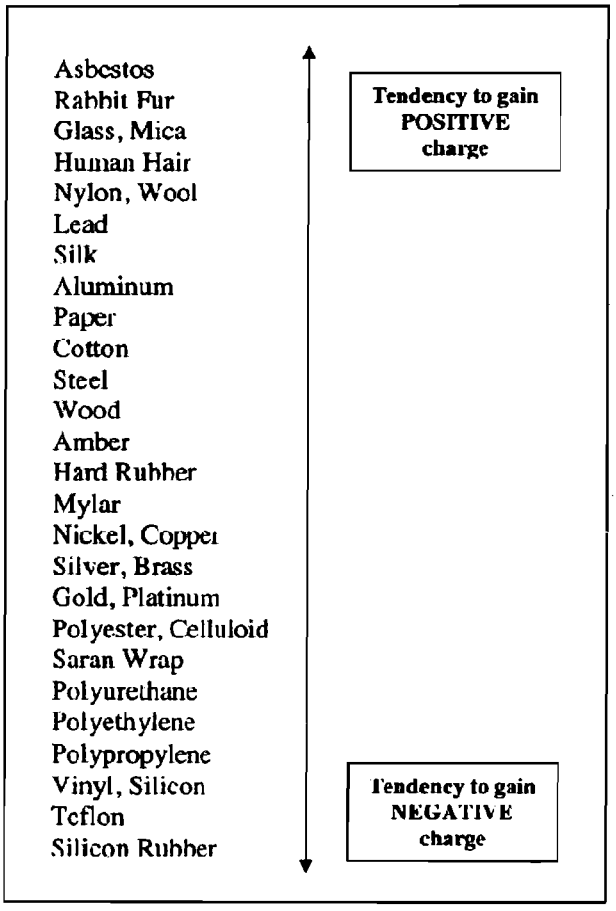
ภาพที่ ก.3 ประจุเมื่อวัตถุสองชิ้นสัมผัสกัน



ภาพที่ ก.4 ประจุเมื่อวัตถุสองชิ้นแยกจากกัน

วัสดุ A ประกอบด้วยอะตอมที่มีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน วัสดุ B ก็ประกอบด้วยอะตอมที่มีจำนวนของโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน ดังนั้นวัสดุทั้งสองจึงถือว่าเป็นกลางทางไฟฟ้า ดังภาพที่ ก.3

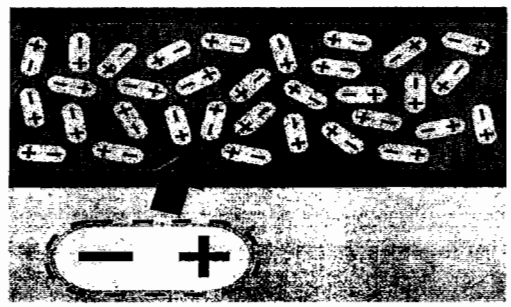
เมื่อวัสดุทั้งสองถูกนำมาสัมผัสแล้วแยกกัน ประจุลบหรืออิเล็กตรอนก็จะถูกย้ายจากผิวของวัสดุหนึ่งไปสู่ผิวของอีกวัสดุหนึ่ง วัสดุใดจะสูญเสียอิเล็กตรอนหรือจะได้รับอิเล็กตรอนมาเพิ่มก็ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวัสดุทั้งสอง วัสดุที่สูญเสียอิเล็กตรอนก็จะมีประจุบวก(เพราะมีประจุบวกมากกว่าประจุลบ) วัสดุที่ได้รับอิเล็กตรอนมาเพิ่มก็จะถือเป็นวัสดุประเภทประจุลบ ดังภาพที่ ก.4



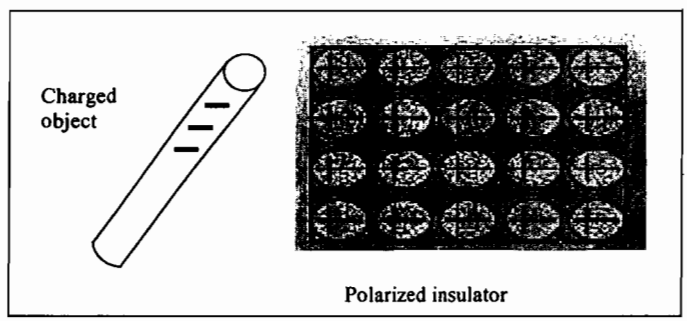
ภาพที่ ก.5 อนุกรมไทรโบอิเล็กทริก

จากภาพที่ ก.5 อนุกรมไทรโบอิเล็กทริกจะแสดงว่า เมื่อวัสดุสองชิ้นมาสัมผัสและแยกกันจะมีการจับขั้วและขนาดของประจุต่างกัน เมื่อวัสดุสองอย่างสัมผัสและแยกกัน วัสดุตัวที่อยู่บนกว่าในตารางจะมีประจุบวก ตัวที่อยู่ต่ำกว่าจะเป็นประจุลบ วัสดุในตารางยิ่งอยู่ห่างกันในตารางก็จะให้ประจุมาก ถ้าอยู่ใกล้กันในตารางจะให้ประจุน้อย

อะตอมของธาตุย่อมเป็นกลาง (Neutron) เสมอ คือไม่แสดงอำนาจไฟฟ้า ทั้งนี้เพราะว่าโดยภาวะปกติโปรตอนที่นิวเคลียสของอะตอมย่อมมีจำนวนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่เป็นวงโคจรรอบนิวเคลียสเสมอ และโปรตอนมีปริมาณไฟฟ้าเท่ากับอิเล็กตรอน และเป็นชนิดตรงกันข้าม และมีการจัดเรียงอย่างอิสระ จึงเป็นสาเหตุให้อะตอมของธาตุ ดำรงสภาวะเป็นกลางอยู่ได้และไม่แสดงอำนาจไฟฟ้าออกม



ภาพที่ ก.6 การจัดเรียงของประจุไฟฟ้าในวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า



ภาพที่ ก.7 การจัดเรียงของประจุไฟฟ้าเมื่อถูกเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า

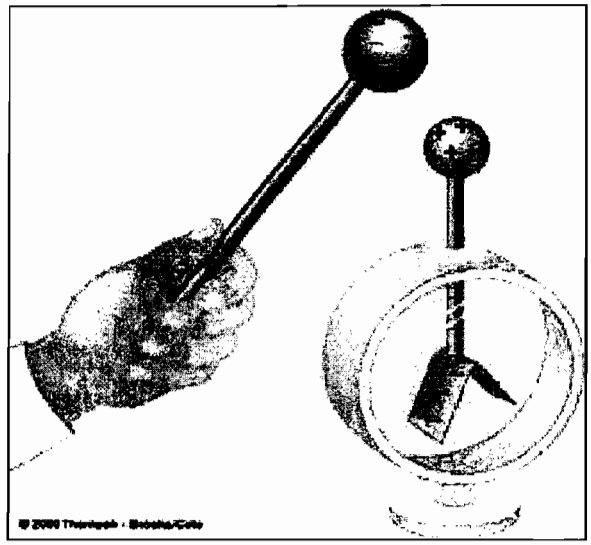
วัตถุใด ๆ ก็ตาม เมื่อปรากฏมีประจุไฟฟ้าขึ้นแล้ว ประจุไฟฟ้าที่มีปรากฏอยู่นั้นจุส่งอำนาจไฟฟ้าออกไปเป็นบริเวณโดยรอบ เรียกว่า "สนามไฟฟ้า" ถ้านำวัตถุอื่นซึ่งเป็นกลางเข้ามาในสนามไฟฟ้านี้ วัตถุที่นำเข้ามานั้นจะแสดงอำนาจไฟฟ้าได้ จากภาพที่ ก.7 เมื่อนำแท่งวัตถุที่มีประจุลบมาเข้าใกล้กับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าประจบวกที่อยู่ในอะตอมจะเรียงตัวกันหันมาหาประจุลบในแท่งวัตถุ ทำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดขั้วทางไฟฟ้าเกิดขึ้น โดยขั้วบวกจะเกิดใกล้กับแท่งวัตถุซึ่งเป็นขั้วลบ

สาเหตุที่ทำให้วัตถุเกิดประจุไฟฟ้าอิสระทำได้ 3 วิธี คือ

1. การขัดสีกันของวัตถุที่เหมาะสม 2 ชนิด และประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนผิววัตถุคู่หนึ่ง ๆ จะเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันเสมอ ได้มีการทำบัญชีของวัตถุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตโดยการขัดสี โดยเรียงตามลำดับการขัดดังภาพที่ ก.8

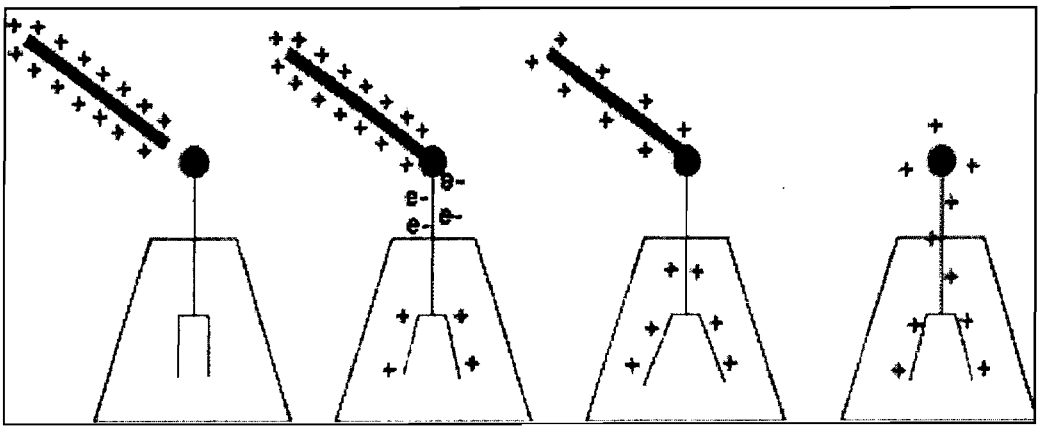
ภาพที่ ก.8 การเกิดประจุไฟฟ้าจากการขัดสีกันของวัตถุ

2. การเหนี่ยวนำ ทำได้โดยนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าอิสระอยู่แล้วมาทำการเหนี่ยวนำ ซึ่งทำให้ตัวนำเกิดประจุไฟฟ้าอิสระด้วยการเหนี่ยวนำ สรุปได้ว่าประจุไฟฟ้าอิสระที่ตัวนำได้รับจะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดตรงกันข้ามกับชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่ใช้เหนี่ยวนำ และวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวเหนี่ยวนำไม่สูญเสียประจุไฟฟ้าไปเลยดังภาพที่ ก.9



ภาพที่ ก.9 การเกิดประจุไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำ

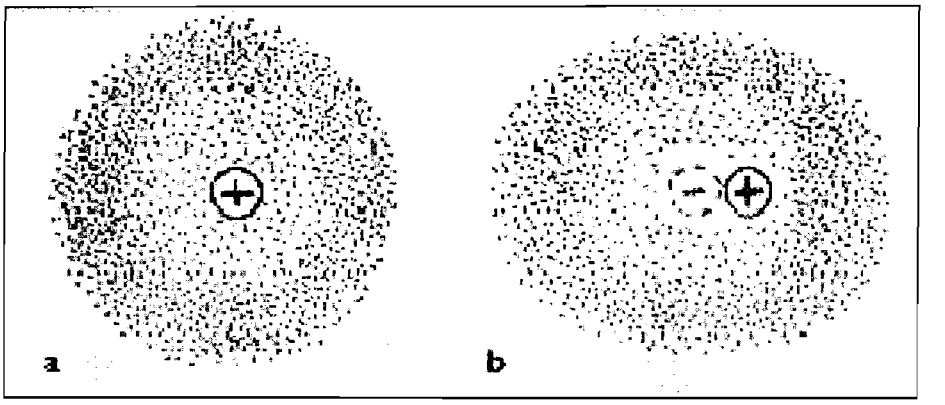
3. การสัมผัส โดยการนำวัตถุตัวนำอื่นที่มีประจุไฟฟ้าอิสระอยู่แล้วมาสัมผัสกับตัวนำที่เราต้องการ จะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าอิสระ การกระทำเช่นนี้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าเท่ากัน ตามทฤษฎีอิเล็กตรอน การถ่ายเทประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน การเกิดประจุไฟฟ้าอิสระด้วยการดัง ภาพที่ ก.10



ภาพที่ ก.10 การเกิดประจุไฟฟ้าจากการสัมผัส

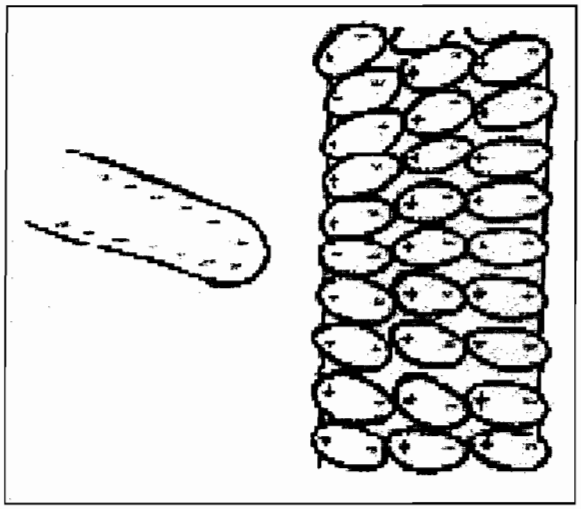
โพลาไรเซชันของประจุ (Charge Polarization)

ถ้าเราเหนียวนำตัวนำตัวนำด้วยการล่อด้วยวัตถุที่มีประจุตัวนำนั้นจะวิ่งเข้าหาวัตถุที่มีประจุ เนื่องจากตัวนำมีอิเล็กตรอนอิสระทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปอีกฝั่งของตัวนำได้ ในกรณีวัตถุที่เป็นฉนวน เราก็สามารถใช้วัตถุมีประจุดูดฉนวนได้เช่นกัน แม้ว่าจะไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ อะตอมของฉนวนยังอยู่ตำแหน่งเดิมแต่อิเล็กตรอนจะถูกดูดให้โน้มไปด้านใดด้านหนึ่งได้ เรียกว่าการโพลาไรเซชันของประจุ ทำให้ฉนวนเคลื่อนที่เข้าหาวัตถุมีประจุ



ภาพที่ ก.11 อะตอมก่อนโพราไรเซชัน และอะตอมเมื่อโพราไรเซชัน

ถ้าวัตถุมีประจุเป็นประจุลบ อะตอมจะหันด้านบวกเข้าหาวัตถุมีประจุ เราสามารถอธิบายเมื่อเราถูไม้บรรทัดกับผมแล้วเอาไปล่อกระดาษ แล้วกระดาษถูกดูดมาติดไม้บรรทัด เนื่องจากอะตอมของกระดาษเกิดการโพลาไรเซชัน ประจุลบของไม้บรรทัดทำให้ด้านใกล้ไม้บรรทัดเป็นประจุบวก ด้านไกลเป็นประจุลบ ด้านใกล้ชนะทำให้กระดาษถูกดูดเข้าหาไม้บรรทัด



ภาพที่ ก.12 การโพลาไรซันของแท่งพลาสติกกับกระดาษ

กิจกรรม 1-1 การเกิดไฟฟ้าสถิตจากแรงเสียดทาน

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายการการเกิดไฟฟ้าสถิตจากแรงเสียดทาน

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. หลอดกาแฟ 1 หลอด
2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 1 แผ่น
3. กระดาษ 1 แผ่น
4. ผ้าไหม 1 ผืน

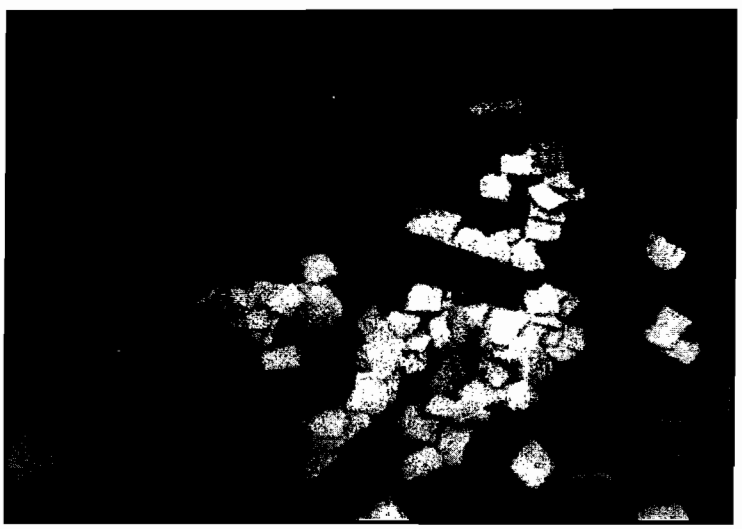
ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำกระดาษแห้งมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆขนาดประมาณ 0.5 ตารางเซนติเมตร
2. นำหลอดกาแฟ มาเคลื่อนที่ผ่านกระดาษที่ตัดเป็นชิ้นเล็กไปดังภาพที่ ก.13 สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับกระดาษและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....



ภาพที่ ก.13 การตัดกระดาษ

3. นำหลอดกาแฟมาถูกับผ้าไหม จากนั้นนำหลอดกาแฟมาเคลื่อนที่ผ่านกระดาษที่ตัดเป็นชิ้นเล็กไปมา สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับกระดาษและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น

.....

.....

4. นำแผ่นเปอร์สเปกซ์ทำตามข้อที่ 2 และข้อที่ 3 สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับกระดาษและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น

.....

.....

5. จากที่ผ่านมาเราจะพบว่าเมื่อถูหลอดกาแฟและเปอร์สเปกซ์กับผ้าไหม จะมีแรงดึงดูดกับกระดาษ นักเรียนสามารถบอกได้หรือไม่ว่าเมื่อถูหลอดกาแฟและเปอร์สเปกซ์กับผ้าไหม หลอดกาแฟและเปอร์สเปกซ์มีประจุไฟฟ้าเหมือนหรือต่างกันเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

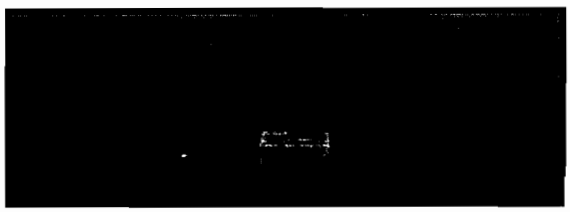
กิจกรรม 1-2 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายแรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. หลอดกาแฟ 2 หลอด
2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 1 แผ่น
3. ผ้าไหม 1 ผืน
4. กังหันหลอดกาแฟ*

*กังหันหลอดกาแฟคือกังหันที่นำเข็มหมุดเสียบตรงกลางหลอดกาแฟ แล้วลองหมุนดูว่าหมุนได้คล่องหรือยัง ถ้ายังให้หมุนหลอดกาแฟไปมาจนกว่าจะหมุนได้คล่อง จากนั้นเสียบเข็มหมุดติดกับยางลบ ดังภาพที่ ก.14 กังหันหลอดกาแฟ



ภาพที่ ก.14 กังหันหลอดกาแฟ

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำผ้าไหมถูกับกังหันหลอดกาแฟ และถูกับหลอดกาแฟ จากนั้นนำหลอดกาแฟที่อยู่ในมือนำไปใกล้กับกังหันหลอดกาแฟ สังเกตว่าเกิดแรงผลักกันหรือดูดกันบันทึกผลในตารางที่ก.1
2. นำผ้าไหมถูกับกังหันหลอดกาแฟ และถูกับแผ่นเปอร์สเปกซ์ จากนั้นนำแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่อยู่ในมือนำไปใกล้กับกังหันหลอดกาแฟ สังเกตว่าเกิดแรงผลักกันหรือดูดกันบันทึกผลในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า

วัสดุ	หลอดกาแฟ	แผ่นเปอร์สเปกซ์
หลอดกาแฟ		

3. เพราะเหตุใดเมื่อนำหลอดกาแฟถูกับผ้าไหมแล้วหลอดกาแฟมีประจุไฟฟ้าลบผ้าไหมมีประจุไฟฟ้าบวก

.....

กิจกรรม 1-3 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

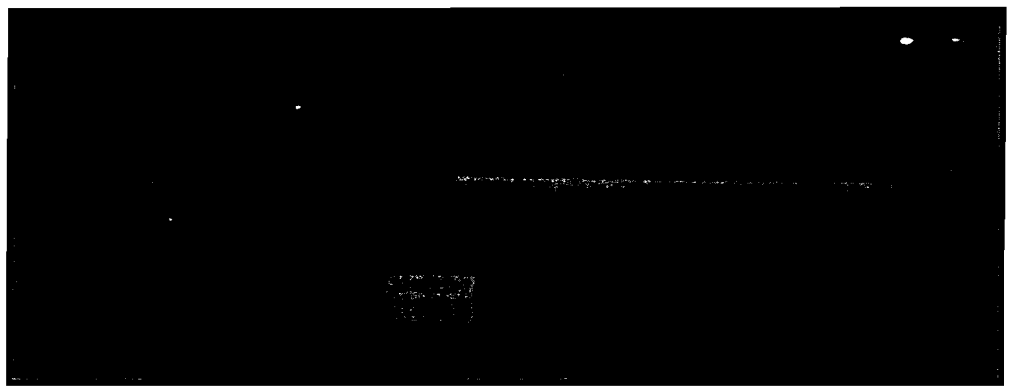
จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายแรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. หลอดกาแฟ 2 หลอด
2. แผ่นเปอร์สเปกซ์ 1 แผ่น
3. แผ่นพีวีซี 1 แผ่น
4. ผ้าไหม 1 ผืน
5. กังหันหลอดกาแฟ

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำผ้าไหมถูกับหลอดกาแฟ จากนั้นนำหลอดกาแฟที่อยู่ในมือนำไปใกล้กับกังหันหลอดกาแฟ สังเกตว่าเกิดแรงผลักกันหรือดูดกันดังภาพที่ ก.15 บันทึกผลในตารางที่ ก.2



ภาพที่ ก.15 หลอดกาแฟเมื่อใกล้กับกังหันหลอดกาแฟ

2. นำผ้าไหมถูกับแผ่นเปอร์สเปกซ์ จากนั้นนำแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่อยู่ในมือนำไปใกล้กับกังหันหลอดกาแฟ สังเกตว่าเกิดแรงผลักกันหรือดูดกันบันทึกผลในตารางที่ ก.1

3. นำแผ่นพีวีซีถูกับแผ่นเปอร์สเปกซ์ จากนั้นนำแผ่นพีวีซีที่อยู่ในมือนำไปใกล้กับกังหันหลอดกาแฟ สังเกตว่าเกิดแรงผลักกันหรือดูดกันบันทึกผลในตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 แรงระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

วัสดุ	หลอดกาแฟ	แผ่นเปอร์สเปกซ์	แผ่นพีวีซี
หลอดกาแฟ			

4. จากตารางนักเรียนสามารถสรุปเกี่ยวกับแรงทางไฟฟ้าของวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าได้อย่างไร

กิจกรรม 1-4 ไฟฟ้าสถิตในชีวิตประจำวัน

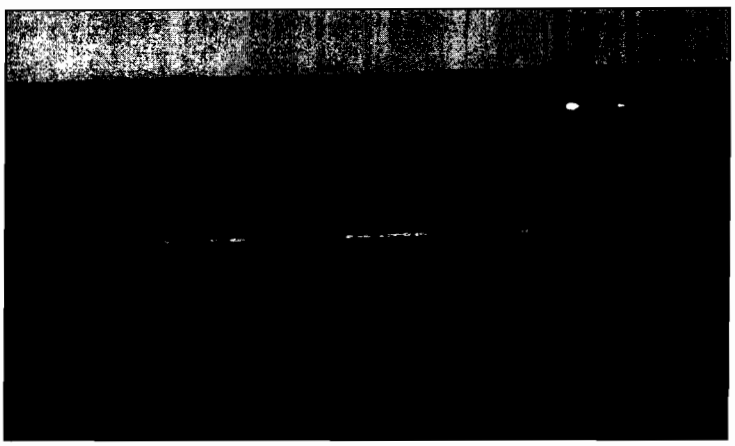
จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนศึกษาไฟฟ้าสถิตในชีวิตประจำวัน

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. สก๊อตเทป 1 ม้วน
2. หลอดกาแฟ 1 หลอด
3. ปากกาเมจิก 1 ด้าม
4. ผ้าไหม 1 ผืน

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ตัดสก๊อตเทป 4 ชิ้นความยาวชิ้นละ 5 เซนติเมตร ติดไว้ที่ขอบโต๊ะ จากนั้นตัดสก๊อตเทปอีก 4 ชิ้นความยาวชิ้นละ 5 เซนติเมตร ติดทับสก๊อตเทปที่ขอบโต๊ะ เขียนตัวอักษร A, B, C และ D ลงบน สก๊อตเทปดัง ภาพที่ ก.16



ภาพที่ ก.16 สก๊อตเทป A, B, C และD

2. ดึงสก๊อตเทป A ออกจากกัน และดึงสก๊อตเทป B ออกจากกัน นำสก๊อตเทป A และ B มาใกล้กันสังเกตแรงที่เกิดขึ้นระหว่าง สก๊อตเทป A และ B แล้วอธิบาย

.....

.....

3. นำสก๊อตเทป A และ B ติดไว้ที่ขอบโต๊ะ จากนั้นนำสก๊อตเทป C และ D ทำตามขั้นตอนที่ 1 และที่ 2 สังเกตแรงที่เกิดขึ้นระหว่าง สก๊อตเทป C และ D แล้วอธิบาย

.....

4. นำสก๊อตเทป A และ C ติดไว้ที่ขอบโต๊ะมาใกล้กันสังเกตแรงที่เกิดขึ้นระหว่าง สก๊อตเทป A และ C แล้วอธิบาย

.....

.....

5. นำสก๊อตเทป B และ D ติดไว้ที่ขอบโต๊ะมาใกล้กันสังเกตแรงที่เกิดขึ้นระหว่าง สก๊อตเทป B และ D แล้วอธิบาย

.....

.....

6. นำหลอดกาแฟถูกับผ้าไหม จากนั้นนำไปทดสอบประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับสก๊อตเทป A, B, C และ D ว่าเป็นประจุชนิดใด

.....

.....

7. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการเกิดไฟฟ้าสถิตในชีวิตประจำวันมา 3 ข้อ

.....

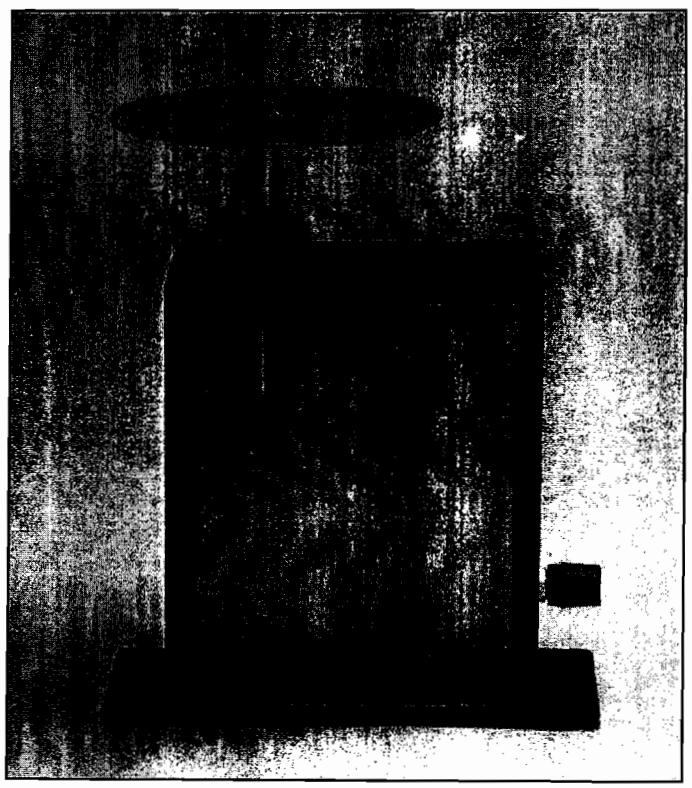
.....

.....

ชุดการทดลองที่ 2 ไฟฟ้าสถิตจากกการสัมผัส

ทฤษฎีและหลักการ

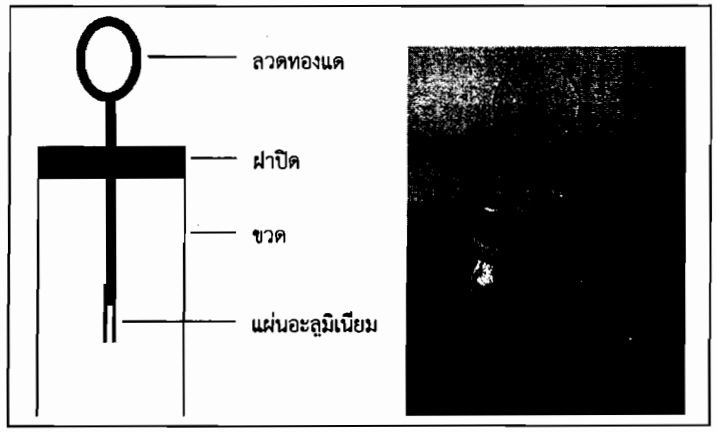
ถ้าเคยสังเกตวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งดูที่ภายนอกแล้ว ยังไงก็ไม่มีความแตกต่างจากวัตถุที่ไม่มีประจุไฟฟ้า เช่น แท่งแก้วหรือแผ่นยางถูกทำให้มีประจุแท่งเหล่านั้นดูยังไงก็ไม่มีอะไรที่แตกต่างจากก่อนถู อย่างไรก็ตามเมื่อวัตถุมีประจุ ไม่มากนักเราก็สามารถทำให้เห็นความแตกต่างได้ โดยการตรวจสอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบประจุที่เรียกว่า อิเล็กโทรสโคป ซึ่งมีอยู่หลายชนิด อิเล็กโทรสโคปที่มีโครงสร้างอย่างง่าย คือ อิเล็กโทรสโคปลูกพิทและ อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะ การใช้อุปกรณ์นี้เราจะสังเกตการกางออกของแผ่นโลหะบาง เมื่อมีวัตถุที่มีประจุมาใกล้จานโลหะของอิเล็กโทรสโคป เช่น ประจุลบ อิเล็กตรอนบนจานโลหะจะถูกผลัก ทำให้บริเวณจานโลหะมีประจุบวกและบริเวณก้านโลหะกับแผ่นโลหะบาง จะมีประจุเป็นลบจานโลหะจึงกางออก ดังภาพที่ ก.17



ภาพที่ ก.17 อิเล็กโทรสโคปลูกพิท

ภาพที่ ก.17 พบว่าการตรวจสอบว่าวัตถุนั้นมีประจุหรือไม่ทำได้โดยการนำวัตถุนั้นไปไว้ใกล้ๆ อิเล็กโทรสโคปที่เป็นกลาง ถ้าแผ่นโลหะของอิเล็กโทรสโคปกางออกแสดงว่าวัตถุนั้นมีประจุ การตรวจสอบว่าวัตถุนั้นมีประจุชนิดใด ทำได้โดย นำวัตถุชนิดนั้นไปตรวจสอบกับอิเล็กโทรสโคปที่มีประจุ

ถ้าแผ่นโลหะของอิเล็กโทรสโคปกางมากขึ้นแสดงว่า วัตถุนั้นมีประจุชนิดเดียวกับอิเล็กโทรสโคปแต่ถ้าแผ่นโลหะของอิเล็กโทรสโคปกางน้อยลง แสดงว่าวัตถุนั้น มีประจุชนิดตรงข้ามกับอิเล็กโทรสโคป



ภาพที่ ก.18 อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะ

จากภาพที่ ก.18 สามารถทำได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรกเตรียมอุปกรณ์ ประกอบด้วย ขวดพลาสติกพร้อมฝาปิด ลวดทองแดง แผ่นอะลูมิเนียมสำหรับห่ออาหาร คีบสำหรับตัดลวด ขั้นตอนที่สอง นำฝาขวดพลาสติกมาเจาะรูหนึ่งรูตรงกลาง โดยที่ให้ขนาดของรูพอดีกับขนาดของลวดทองแดง ขั้นตอนที่สามเอาฉนวนหุ้มลวดทองแดงออก โดยแบ่งลวดทองแดงออกเป็นสามส่วน เลือกเอาออกบริเวณสวนบนและส่วนล่างเหลือส่วนกลางไว้ เพราะส่วนบนเป็นส่วนที่ใช้ในการรับประจุไฟฟ้า ส่วนล่างเป็นส่วนที่จะถ่ายเทประจุไฟฟ้าไปยังแผ่นอะลูมิเนียม ขั้นตอนที่สี่ นำลวดทองดงสอดเข้าไปในรูของฝาขวด จากนั้นขดลวดทองแดงส่วนบนให้เป็นวงกลมเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับประจุไฟฟ้าและขดส่วนล่างให้เป็นรูปตาขอ ขั้นตอนที่ห้าตัดแผ่นอะลูมิเนียมเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้มีขนาดเท่ากันสองแผ่น เจาะรูส่วนบนของแผ่นอะลูมิเนียมหนึ่งรูทั้งสองแผ่น จากนั้นในไปแขวนไว้กับตาขอลวดทองแดง ขั้นตอนสุดท้ายนำส่วนประกอบทั้งหมดใส่ขวดแล้วปิดฝาจะได้ อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย ดังภาพที่ ก.18

กิจกรรม 2-1 การวัดประจุไฟฟ้าโดยใช้อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและอธิบายหลักการทำงานของอิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย

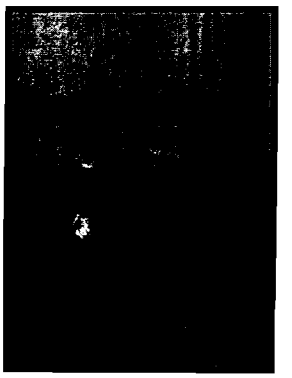
อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย *	1 เครื่อง
2. แผ่นเปอร์สเปกซ์	1 แผ่น
3. หลอดกาแฟ	1 แผ่น
4. แผ่นพีวีซี	1 แผ่น
5. ผ้าไหม	1 ผืน

*อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย เป็น อิเล็กโทรสโคปที่ประดิษฐ์ขึ้นเองโดยใช้ขวดพลาสติกหรือขวดแก้วที่สามารถมองเห็นภายในได้อย่างชัดเจนเพื่อสะดวกแก่การสังเกต มาประกอบกับลวดทองแดงและแผ่นอะลูมเนียมบางสองแผ่น ดังภาพที่ ก.19

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ใช้นิ้วมือสัมผัสส่วนที่เป็นโลหะ นิ้วมือจะนำประจุไฟฟ้าออกจากอิเล็กโทรสโคปทำให้อิเล็กโทรสโคปเป็นกลางทางไฟฟ้าดังภาพที่ ก.19



ภาพที่ ก.19 การใช้นิ้วมือสัมผัสอิเล็กโทรสโคปเพื่อให้เป็นกลางทางไฟฟ้า

2. นำหลอดกาแฟถูกับผ้าไหมจากนำไปสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของอิเล็กโทรสโคปให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผ่นอะลูมิเนียมพร้อมทั้งอธิบาย

.....

.....

3. ทำตามข้อ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนจากหลอดกาแฟเป็น แผ่นเปอร์สเปกซ์ และแผ่นพีวีซี สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผ่นเปอร์สเปกซ์ และแผ่นพีวีซี พร้อมทั้งอธิบาย

.....

.....

4. นักเรียนคิดว่าประจุที่อิเล็กโทรสโคปที่เกิดจากหลอดกาแฟ แผ่นเปอร์สเปกซ์ และแผ่นพีวีซี เหมือนหรือต่างกัน .

.....

.....

5. เมื่อสัมผัสอิเล็กโทรสโคปมีประจุบวกและประจุลบเท่ากันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

กิจกรรม 2-2 ฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

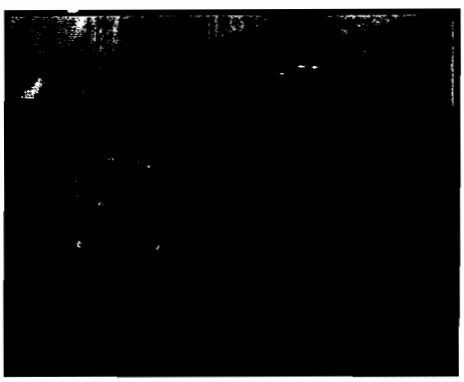
จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนศึกษาคุณสมบัติฉนวนไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. อิเล็กโทรสโคปอย่างง่าย	1 เครื่อง
2. แผ่นเปอร์สเปกซ์	1 แผ่น
3. หลอดกาแฟ	1 แผ่น
4. แผ่นพีวีซี	1 แผ่น
5. แท่งโลหะ	1 แท่ง
6. แท่งไม้	1 แท่ง
7. ผ้าไหม	1 ผืน

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำหลอดกาแฟถูกับผ้าไหม จากนั้นนำไปสัมผัสกับอิเล็กโทรสโคป ทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าอิเล็กโทรสโคปจะมีมุมกางออกมากที่สุด ดังภาพที่ ก.20



ภาพที่ ก.20 อิเล็กโทรสโคปเมื่อสัมผัสกับหลอดกาแฟ

2. นำนิ้วมือไปสัมผัสที่อิเล็กโทรสโคป สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอิเล็กโทรสโคป นักเรียนคิดว่านิ้วมือเป็นฉนวนไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้า

.....

.....

.....

3. ทำตามข้อที่ 1 นำแท่งไม้ แผ่นเปอร์สเปกซ์ แผ่นพีวีซีไปและแท่งโลหะ สัมผัสที่อิเล็กโทรสโคป สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอิเล็กโทรสโคป นักเรียนคิดว่าแท่งไม้ แผ่นเปอร์สเปกซ์ แผ่นพีวีซีไปและแท่งโลหะ เป็นฉนวนไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้า

.....

.....

4. ทำตามข้อที่ 1 จากนั้นทำให้หลอดกาแฟเป็นกลางทางไฟฟ้าโดยใช้นิ้วมือสัมผัสที่หลอดกาแฟ 2-3 ครั้ง นำหลอดกาแฟ สัมผัสที่อิเล็กโทรสโคป สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอิเล็กโทรสโคป นักเรียนคิดว่าหลอดกาแฟ เป็นฉนวนไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้า

.....

.....

5. นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าวัตถุที่นำมาทดสอบเป็นฉนวนไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าจงอธิบาย พร้อมกับให้เหตุผลประกอบคำอธิบาย

.....

.....

.....

6. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นลงใน **ตารางที่ ก.3**

ตารางที่ ก.3 คุณสมบัติการนำไฟฟ้าของวัตถุแต่ละชนิด

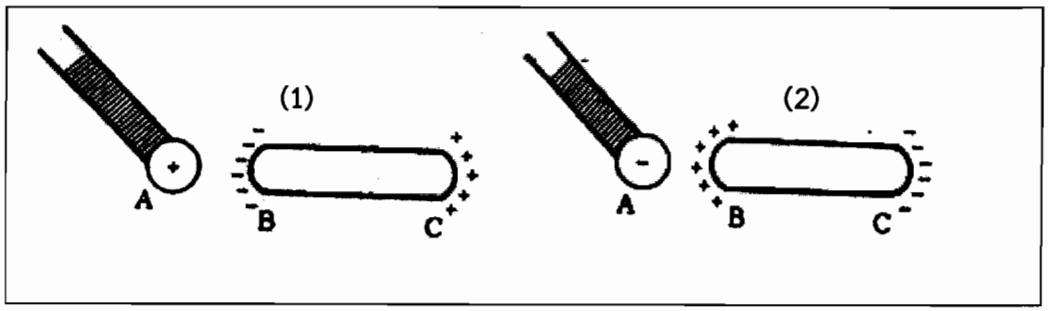
วัตถุ	ฉนวนไฟฟ้า/ตัวนำไฟฟ้า
นิ้วมือ	
แผ่นเปอร์สเปกซ์	
แผ่นพีวีซี	
หลอดกาแฟ	
โลหะ	
แท่งไม้	

ชุดการทดลองที่ 3 ไฟฟ้าสถิดจากกการเหนี่ยวนำ

ทฤษฎีและหลักการ

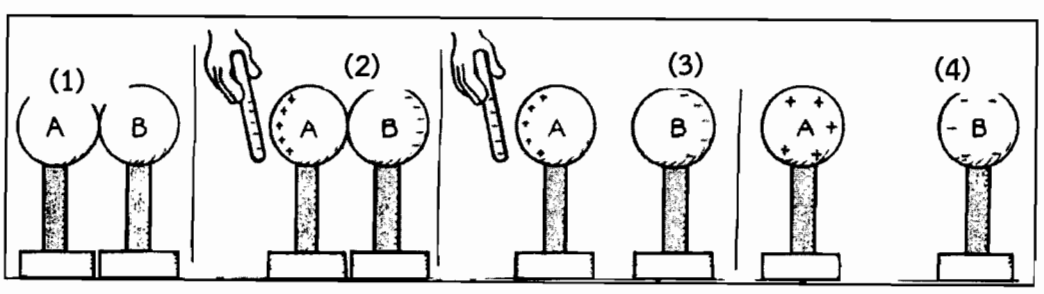
การทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ ทำได้โดยการนำวัตถุซึ่งมีประจุไฟฟ้าเข้าไปใกล้ ๆ วัตถุที่เป็นกลางจะทำให้ เกิดการเหนี่ยวนำให้ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในวัตถุที่เป็นกลางเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ เนื่องจากแรงทางคูลอมบ์ เป็นผลทำให้วัตถุที่เป็นกลางจะมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น โดยประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตรงด้านใกล้กับวัตถุที่มาเหนี่ยวนำจะเป็นชนิดตรงกันข้ามกับประจุที่มาเหนี่ยวนำ และด้านไกลกับวัตถุที่มาเหนี่ยวนำจะเกิดประจุชนิดเดียวกัน เช่น การทำให้มีประจุไฟฟ้าบวกบนวัตถุตัวนำทรงกลม โดยวิธีการเหนี่ยวนำ มีวิธีการดังนี้

A มีประจุไฟฟ้าบวก นำมาใกล้ BC ซึ่งเป็นกลาง อิเล็กตรอนในวัตถุ BC จะมาออที่ปลาย B เนื่องจากถูก A ดูด ปลาย B จึงเป็นประจุลบ ปลาย C เกิดประจุบวก เหตุการณ์เหล่านี้เกิดชั่วคราว ถ้าเอา A ออก อิเล็กตรอนที่ B จะเคลื่อนที่กลับสู่ที่เดิม BC จึงเป็นกลางเหมือนเดิม ดังภาพที่ ก.21



ภาพที่ ก.21 การเหนี่ยวนำบนวัตถุทรงกลม

A มีประจุไฟฟ้าลบ อิเล็กตรอนทางด้าน B ถูกผลักให้เคลื่อนย้ายไปอยู่ทางด้าน C ทำให้ด้าน B เกิดประจุบวก และ C เกิดประจุลบ แต่ประจุนี้ไม่อิสระเพราะเมื่อเอา A ออกไป BC จะเป็นกลางเหมือนเดิมจะเห็นว่าการเหนี่ยวนำจะเกิดประจุชนิดตรงข้าม ที่ปลายซึ่งอยู่ใกล้กับประจุที่นำมาล่อเสมอจึงทำให้เกิดแรงดึงดูดวัตถุที่เป็นกลางอย่างเดียวเท่านั้น ไม่มีการผลักดังภาพที่ ก.22



ภาพที่ ก.22 การเหนี่ยวนำบนวัตถุทรงกลมตัวนำหลายอันวางชิดกัน

การเหนี่ยวนำบนวัตถุทรงกลมตัวนำหลายอันวางชิดกันโดยนำทรงกลมตัวนำ 2 อันวางชิดกัน พื้นฉนวนป้องกันการถ่ายเทประจุกับพื้นดังภาพที่ ก.22 จากนั้นนำวัตถุมีประจุลบเข้ามาใกล้ทรงกลมลูกหนึ่ง ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้า (อิเล็กตรอน จะถูกผลักไปอยู่บนทรงกลมลูกที่อยู่ไกล) ดังภาพที่ ก.22 (2) และ (3) เมื่อแยกทรงกลมตัวนำออกจากกัน (ยังไม่เอาวัตถุมีประจุลบออกไป) ดังรูป ภาพที่ ก.22 (4) จากนั้นนำวัตถุที่มีประจุลบออกไป จะได้ทรงกลมตัวนำลูกแรกมีประจุบวก

กิจกรรม 3-1 ไฟฟ้าสถิตจากการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนศึกษาการเกิดประจุไฟฟ้าบนอิเล็กโทรสโคปโดยการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. อิเล็กโทรสโคป 1 เครื่อง
2. หลอดกาแฟ 1 แผ่น
3. ผ้าไหม 1 ผืน

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำหลอดกาแฟถูกับผ้าไหมจากนั้นนำไปใกล้กับส่วนที่เป็นโลหะของอิเล็กโทรสโคปดังภาพที่ ก.23 ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผ่นอะลูมิเนียมพร้อมทั้งอธิบาย

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ ก.23 การนำหลอดกาแฟไปใกล้อิเล็กโทรสโคป

2. นำหลอดกาแฟถูกับผ้าไหมจากนั้นนำไปใกล้กับส่วนที่เป็นโลหะของอิเล็กโทรสโคปพร้อมกับใช้นิ้วมือสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของอิเล็กโทรสโคปดังภาพที่ ก.24 ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผ่นอะลูมิเนียมพร้อมทั้งอธิบาย

.....

.....

.....

ภาพที่ ก.24 การใช้นิ้วมือสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของอิเล็กโทรสโคป

3. นิ้วมือออกจากโลหะของอิเล็กโทรสโคป พร้อมทั้งเลื่อนหลอดกาแฟออกจากอิเล็กโทรสโคปช้า ๆ แล้วเลื่อนเข้ามาใกล้ช้า ๆ สังเกตการเปลี่ยนแปลงพร้อมทั้งอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

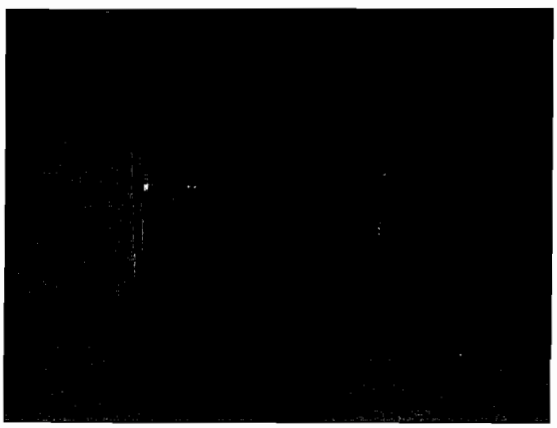
กิจกรรม 3-2 บอลสปริง

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าต่อลูกบอลตัวนำ

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. บอลสปริง*	1	เครื่อง
2. แผ่นเปอร์สเปกซ์	1	แผ่น
3. หลอดกาแฟ	1	หลอด
4. ผ้าไหม	1	ผืน

*บอลสปริง คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบไฟฟ้าสถิตใช้หลักการเดียวกันกับลูกพิท มีขั้นตอนการทำดังนี้ ขั้นแรกเตรียมอุปกรณ์ ประกอบด้วย แท่งพลาสติกกลวงทรงกระบอก เม็ดโฟม เหรียญสิบบาท หมึกคาร์บอน กาวร้อน ขั้นที่สอง นำเม็ดโฟมมาเคลือบด้วยหมึกคาร์บอนเพื่อให้เม็ดโฟมที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนเปลี่ยนเป็นตัวนำไฟฟ้า จากนั้นปล่อยให้น้ำหมึกแห้งสนิท ขั้นสุดท้าย นำเหรียญสิบติดกับปลายด้านหนึ่งของแท่งพลาสติกด้วยกาวร้อน ใส่เม็ดโฟมที่เคลือบด้วยหมึกคาร์บอน แล้วปิดอีกด้านด้วยเหรียญสิบจะได้บอลสปริงดังภาพที่ ก.25



ภาพที่ ก.25 บอลสปริง

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำหลอดกาแฟถูกับผ้าไหม จากนั้นนำไปใกล้กับบอลสปริง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของลูกบอล

.....

.....

2. เมื่อนำหลอดกาแฟไปใกล้กับบอลสปริง ลูกบอลที่อยู่ภายในสั่นไปมาได้อย่างไร ให้นักเรียนอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

.....

.....

3. พลังงานที่ลูกบอลใช้ในการเคลื่อนที่มากจากไหน จงอธิบาย

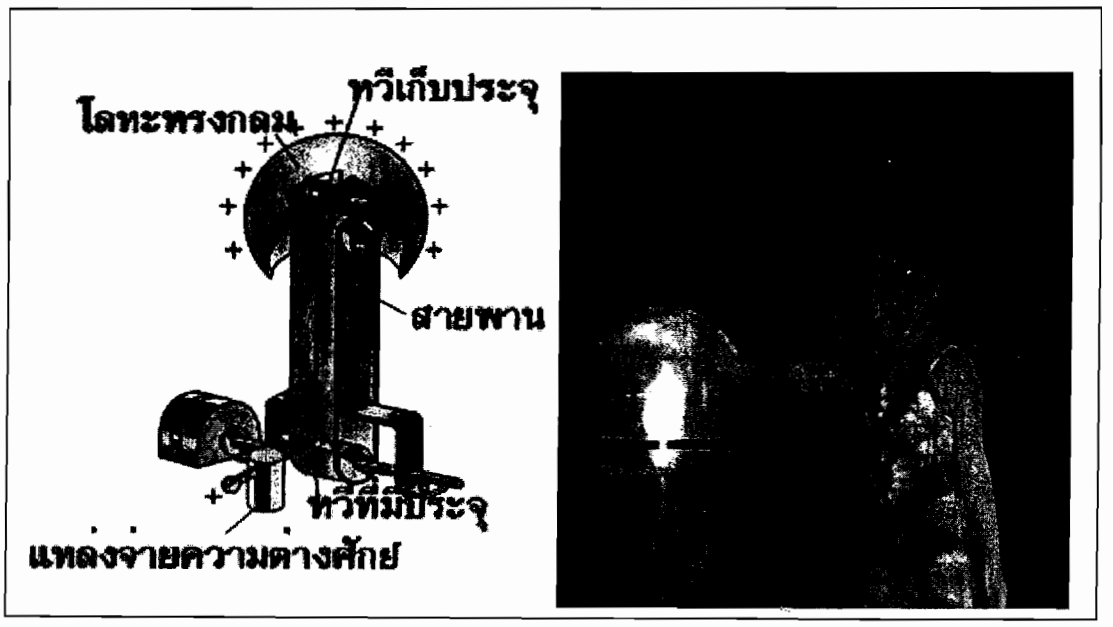
.....

.....

ชุดการทดลองที่ 4 ไฟฟ้าสถิตเมื่อต่อสายดิน

ทฤษฎีและหลักการ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตหรือเครื่องไฟฟ้าสถิต เป็นอุปกรณ์เครื่องจักรกลที่ผลิตกระแสไฟฟ้าที่อยู่กับที่หรือไฟฟ้าที่แรงดันสูงและกระแสต่อเนื่องต่ำ ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตย้อนหลังกลับไปที่ อารยธรรมเก่าแก่ที่สุดแต่สำหรับเมื่อพันปีก่อน มันก็ยังคงเป็นเพียงปรากฏการณ์ที่น่าสนใจและ ลึกลับโดยไม่มีทฤษฎีที่จะอธิบายพฤติกรรมของมันและมักจะสับสนกับแม่เหล็ก ในตอนท้ายของ ศตวรรษที่ 17 นักวิจัยมากมายได้พัฒนาวิธีการทางปฏิบัติของการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยแรงเสียดทาน แต่การพัฒนาของเครื่องไฟฟ้าสถิตไม่ได้เริ่มต้นอย่างจริงจังจนกระทั่งศตวรรษที่ 18 เมื่อ พวกมันกลายเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ใหม่ของไฟฟ้า เครื่องกำเนิด ไฟฟ้าสถิตทำงานโดยใช้มือที่จะเปลี่ยนงานเชิงกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตพัฒนาประจุไฟฟ้าสถิตของสัญลักษณ์ตรงข้ามให้กลายเป็นสองตัวนำไฟฟ้า โดยใช้กำลังไฟฟ้าเท่านั้นและงานโดยการใช้แผ่นเคลื่อนที่ กลองหรือสายพานขนประจุไฟฟ้าไปยังขั้วไฟฟ้าที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง ประจุจะถูกสร้างจากหนึ่งในสองวิธีคือผลของ triboelectric (แรงเสียดทาน) หรือการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

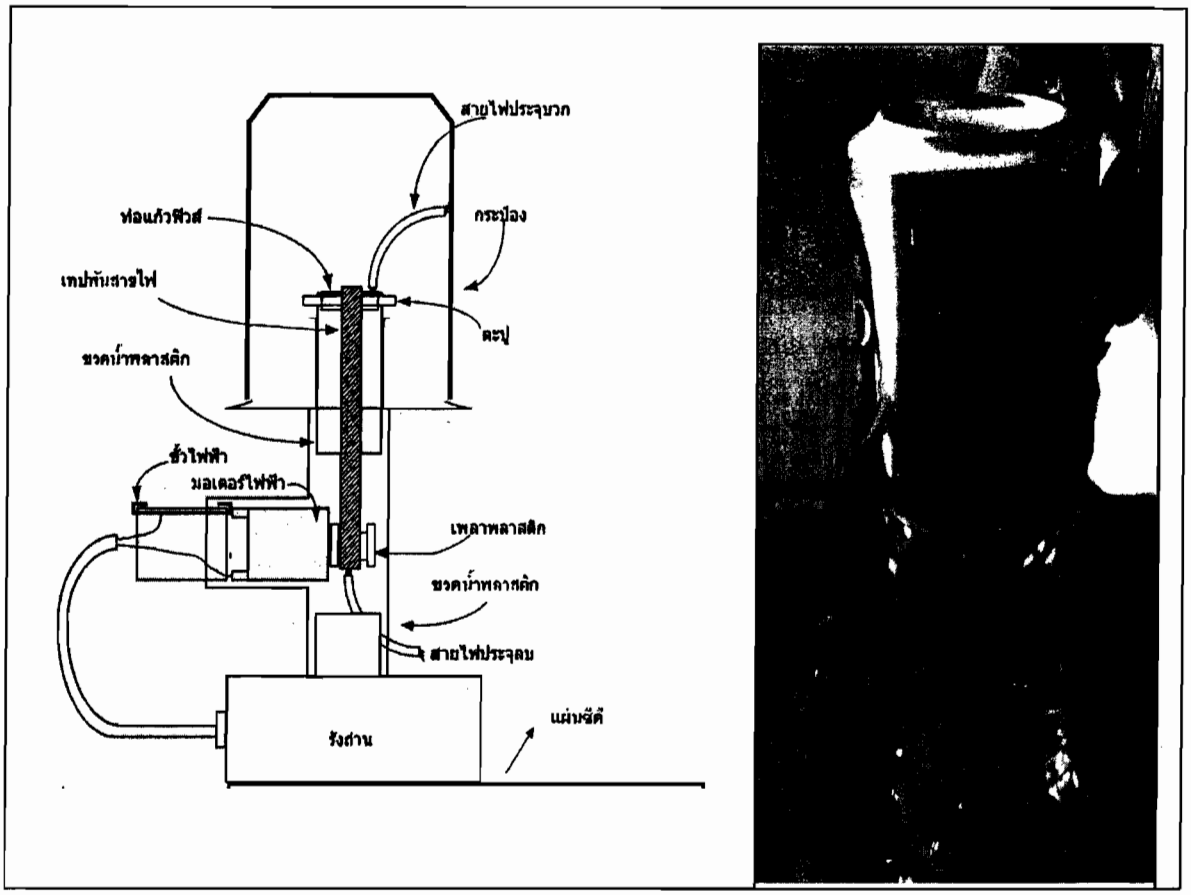


ภาพที่ ก.26 การทำงานของ แวน เดอ กราฟฟ์

จากภาพที่ ก.26 เราสามารถอธิบายหลักการทำงานของ แวน เดอ กราฟฟ์ ได้ดัง ซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการทางไฟฟ้าสถิต คือ การนำ ประจุ Q ไปเก็บไว้ด้านบนซึ่งเป็นส่วนที่มีค่าความจุไฟฟ้า C ทำให้ได้ความต่างศักย์คร่อม V เร่ง อนุภาคได้ดังสมการ $V = Q/C$. ดังนี้ ประจุบวกถูกสร้างขึ้นที่

แหล่งจ่ายความต่างศักย์ ซึ่งอยู่ที่ บริเวณฐานด้านล่าง ประจุบวกนั้นจะเกาะอยู่ที่สายพานซึ่งเป็นฉนวน. เมื่อสายพานหมุน ประจุบวกจะถูกส่งไปยังด้านบนที่มีโลหะทรงกลมหุ้มอยู่ หวีโลหะ (หวีเก็บประจุ)ที่ติดอยู่ทำ หน้าที่ดึงประจุออกจากสายพานให้ไปเก็บสะสมอยู่ที่ผิวในของโลหะทรงกลม. และภายในโลหะทรงกลมก็มีแหล่งกำเนิดอนุภาคประจุติดอยู่. อนุภาคจะถูกเร่งด้วยความต่างศักย์สูงลงมา ตามท่อเร่งซึ่งสูบอากาศออกจนเหลือความดันประมาณ 10^{-6} ทอร์ .

การทำแวน เดอ กราฟฟ์ อย่างง่ายสามารถทำได้โดย ขั้นแรก ออกแบบแวน เดอ กราฟฟ์ อย่างง่ายแล้วเตรียมอุปกรณ์ ดังนี้ สายไฟ กาวร้อน มอเตอร์ขนาด 3 โวลต์ ถ่านไฟฉาย 3 โวลต์ เทปพันสายไฟ ฟิวส์หลอกแก้ว ตะปู กระป๋องอะลูมิเนียม ขวดพลาสติก ปากกา และแผ่นซีดี ขั้นที่สอง นำปากกามาติดกับมอเตอร์ เพื่อทำหน้าที่เป็นเพลาจากนั้นนำเทปพันสายไฟมาพันกับปากกา เพื่อสร้างประจุลบ ขั้นที่สาม นำฟิวส์มาถอดส่วนที่เป็นโลหะออกทั้งสองข้างจากนั้นนำไส้โลหะที่อยู่ข้างในออกให้เหลือเฉพาะหลอดแก้ว ซึ่งหลอดแก้วจะทำหน้าที่สร้างประจุบวก เพื่อให้ แวน เดอ กราฟฟ์ มีความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงควรพิจารณาเลือกวัสดุในการทำเพลาจาก ภาพที่ ก.5 ขั้นตอนที่สี่ นำทปพันสายไฟมาทำเป็นสายพาน ขั้นตอนที่ห้า นำกระป๋องอะลูมิเนียมไปถูกับพื้นซีเมนต์ที่มีความหยาบเพื่อดึงเอาฝาออก จากนั้นต่อสายไฟฟ้าจากกระป๋องอะลูมิเนียมให้ไปใกล้กับสายพานมากที่สุด แต่ห้ามให้แตะกับสายพาน เพื่อจะนำประจุบวกที่เกิดจากเพลาหลอดแก้วเสียดสีกับสายพานมาเก็บไว้ที่กระป๋องอะลูมิเนียม ขั้นตอนที่หก ต่อสายไฟฟ้าจากขั้วลบของมอเตอร์มายังเพลาด้านล่างโดยให้ใกล้กับสายพานมากที่สุด ขั้นตอนสุดท้ายติดกระป๋องอะลูมิเนียมกับขวดด้านบนและแผ่นซีดีกับขวดด้านล่างเพื่อทำเป็นฐานป้องกันการล้มจากนั้นติดรังถ่านจะได้แวน เดอ กราฟฟ์ อย่างง่าย ดังภาพที่ ก.27



ภาพที่ ก.27 แวน เดอ กราฟฟ์

กิจกรรม 4-1 แวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนศึกษาหลักการทำงานของแวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. แวนเดอกราฟฟ์อย่างง่าย	1	เครื่อง
2. กังหันไฟฟ้าสถิต	1	เครื่อง
3. ผ้าไหม	1	ผืน

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำหลอดกาแฟถูกับผ้าไหม ให้นักเรียนคิดว่าหลอดกาแฟในกังหันไฟฟ้าสถิตเกิดขั้วไฟฟ้าชนิดใด

.....

.....

2. นำแวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่ายไปใกล้กับกังหันไฟฟ้าสถิตดังภาพที่ ก.28 ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับกังหันไฟฟ้าสถิต

ภาพที่ ก.28 การนำแวนเดอกราฟฟ์ไปใกล้กับกังหันไฟฟ้าสถิต

3. จากการทดลองนักเรียนสามารถบอกได้หรือไม่ว่า แวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย มีขั้วไฟฟ้าชนิดใด จงอธิบาย

.....

.....

กิจกรรม 4-2 UFO

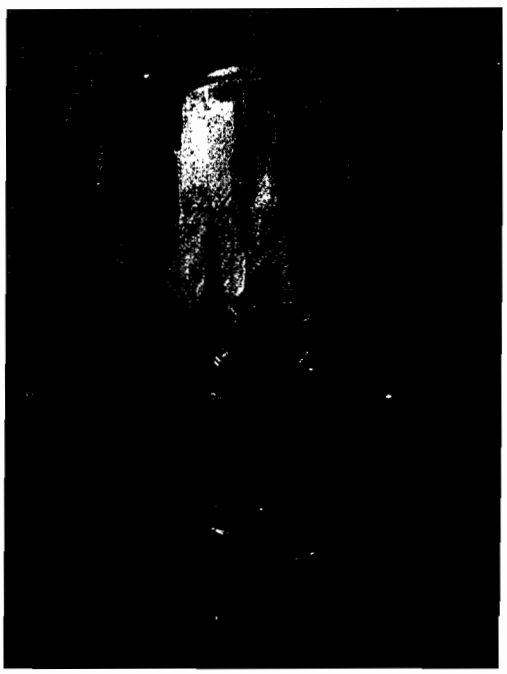
จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนศึกษาไฟฟ้าสถิตจากแวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. แวนเดอกราฟฟ์อย่างง่าย 1 เครื่อง
2. กระดาษทิชชู 4 แผ่น

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำกระดาษทิชชูตัดตามยาวแล้วติดที่กระป๋องอะลูมิเนียมของแวน เดอ กราฟฟ์ ดังภาพที่ ก.29



ภาพที่ ก.29 การติดกระดาษทิชชูที่แวน เดอ กราฟฟ์อย่างง่าย

2. เปิดเครื่องแวนเดอกราฟฟ์ เพื่อสร้างประจุไฟฟ้า สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกระดาษทิชชู
3. ให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใดกระดาษทิชชูจึงเคลื่อนที่แยกออกจากกัน

.....

.....

4. ให้นักเรียนอธิบายว่าเมื่อนำนิ้วมือไปสัมผัสกับกระดาษทิชชูที่เคลื่อนที่แยกออกจากกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรจงอธิบาย

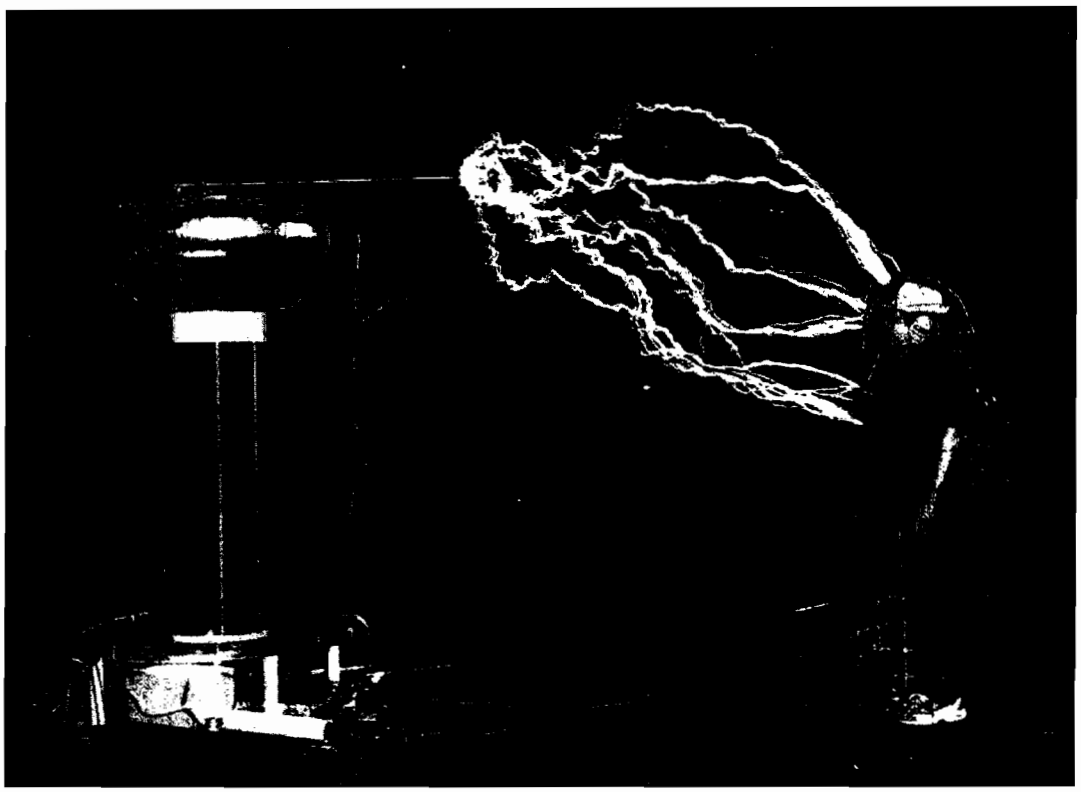
.....

.....

กิจกรรม 4-3 Faraday Cage

ทฤษฎีและหลักการ

Faraday Cage คือการใช้ตัวนำไฟฟ้ารูปทรงปิดเพื่อป้องกันสนามไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสนามไฟฟ้าที่ผ่าน Faraday Cage จะทำให้เกิดการเรียงตัวของประจุบนพื้นผิวของวัตถุตัวนำ โดยที่สนามไฟฟ้าภายในยังมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการเรียงตัวของประจุหักล้างกันสนามไฟฟ้าที่ กระทำจากภายนอก ซึ่ง Faraday Cage สามารถป้องกัน สนามไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีค่าคงที่ได้



ภาพที่ ก.30 Faraday Cage

จากภาพที่ ก.30 สามารถใช้ในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในห้องทดลองที่มีความไวต่อการรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอก นอกจากนี้แล้วหลักการ Faraday Cage ยังใช้กับเตาไมโครเวฟ ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้คนที่อยู่หน้าเตาสุกไปพร้อมกับอาหารข้างในด้วย ลิฟต์ในอาคารยังเป็นเสมือน Faraday Cage อย่างหนึ่งที่ป้องกันคลื่นโทรศัพท์ได้ แต่ที่เรายังพอจะใช้สัญญาณโทรศัพท์ในลิฟต์ได้บ้าง เป็นเพราะช่องเปิดและส่วนประกอบที่ไม่ใช่ตัวนำไฟฟ้า ทำให้ตัวลิฟต์ไม่เป็นวัตถุตัวนำทรงปิดอย่างสมบูรณ์

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนศึกษาหลักการทำงานของ Faraday Cage

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. แวนเดอกราฟฟ์ 1 เครื่อง
2. อิเล็กโทรสโคป 1 เครื่อง
3. ตาข่ายโลหะ 1แผ่น
4. ตาข่ายพลาสติก 1แผ่น

ขั้นตอนการปฏิบัติ

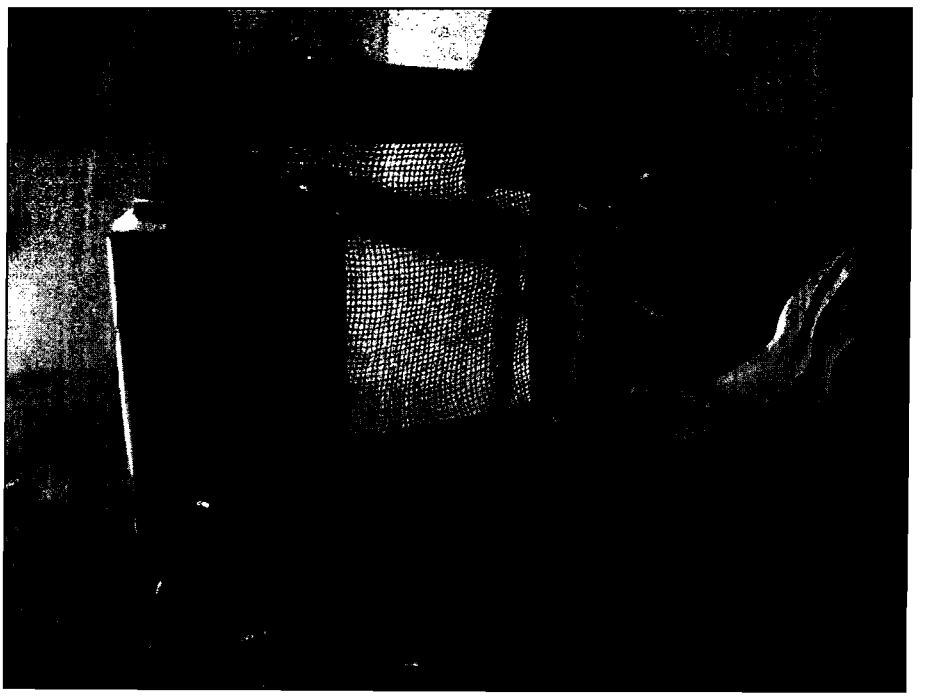
1. ใช้นิ้วมือสัมผัสส่วนที่เป็นโลหะ นิ้วมือจะนำประจุไฟฟ้าออกจากอิเล็กโทรสโคปทำให้อิเล็กโทรสโคปเป็นกลางทางไฟฟ้า

2. นำแวนเดอกราฟฟ์ไปใกล้กับอิเล็กโทรสโคปให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับอิเล็กโทรสโคป

.....

.....

3. ใช้นิ้วมือสัมผัสส่วนที่เป็นโลหะ นิ้วมือจะนำประจุไฟฟ้าออกจากอิเล็กโทรสโคปทำให้อิเล็กโทรสโคปเป็นกลางทางไฟฟ้านำตาข่ายโลหะกั้นระหว่างแวนเดอกราฟฟ์กับอิเล็กโทรสโคป ดังภาพที่ ก.31 ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับอิเล็กโทรสโคป



ภาพที่ ก.31 การทดลอง Faraday Cage

4. นักเรียนคิดว่าถ้านำตาข่ายพลาสติกแทนตาข่ายโลหะผลที่ได้จะเหมือนหรือแตกต่างกันกับตาข่ายโลหะเพราะเหตุใด จงอธิบาย

.....

.....

ชุดการทดลองที่ 5 กฎของคูลอมบ์

ทฤษฎีและหลักการ

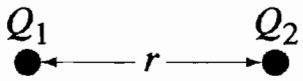
แรงที่เกิดระหว่างประจุฟ้า มีทั้งแรงดูดและแรงผลัก และเป็นแรงต่างร่วม คือ ทั้ง 2 ฝ่าย จะออกแรงกระทำซึ่งกันและกันด้วยแรงเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม ประจุชนิดเดียวกันจะผลักกัน และประจุต่างชนิดกันจะดูดกัน Charles Augustin de Coulomb ได้ทำการทดลองและสรุปผลเป็นกฎไว้ดังนี้

"แรงระหว่างประจุไฟฟ้าคู่หนึ่ง จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของประจุแต่เป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะทาง ระหว่างประจุคู่นั้น"

Charles Augustin de Coulomb เป็นผู้วัดแรงระหว่างประจุ แรงระหว่างประจุเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุทั้งสองนั้น

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

และพบว่า แรงระหว่างประจุขึ้นอยู่กับประจุที่จะกระทำกันด้วยดังภาพที่ ก.31



$$F \alpha Q_1Q_2$$

$$F \alpha \frac{Q_2Q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{KQ_2Q_2}{r^2}$$

$$K = 8.98747 \times 10^9 \ N.m^2/C^2$$
$$\approx 9 \times 10^9 \ N.m^2/C^2$$

หมายเหตุ เราอาจใช้ค่า K เป็นรูป ε_0 (Permittivity constant) ได้ดังนี้

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

$$\varepsilon_0 = 8.85418 \times 10^{-12} \ C^2/N.m^2$$

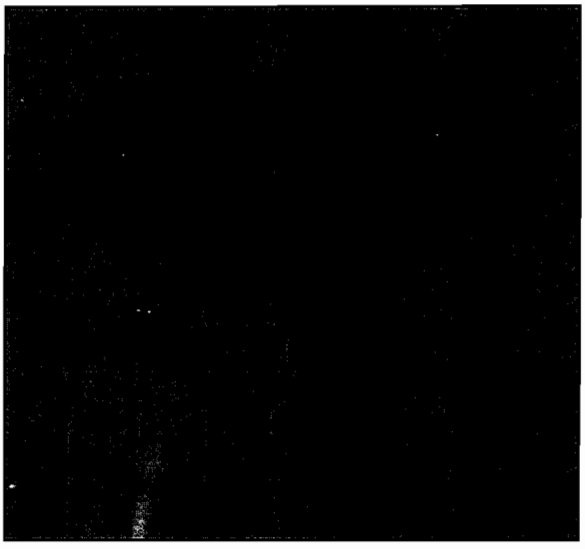
ซึ่งแทนค่า จะได้ $K = 9 \times 10^9 \ N.m^2/C^2$

หมายเหตุ เนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้นการรวมแรงจึงต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย เข้ามาใกล้ และทรงกลมลูกไกลจะมีประจุลบชนิดเดียวกับวัตถุนำเข้ามาใกล้

กิจกรรม 5- 1 แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

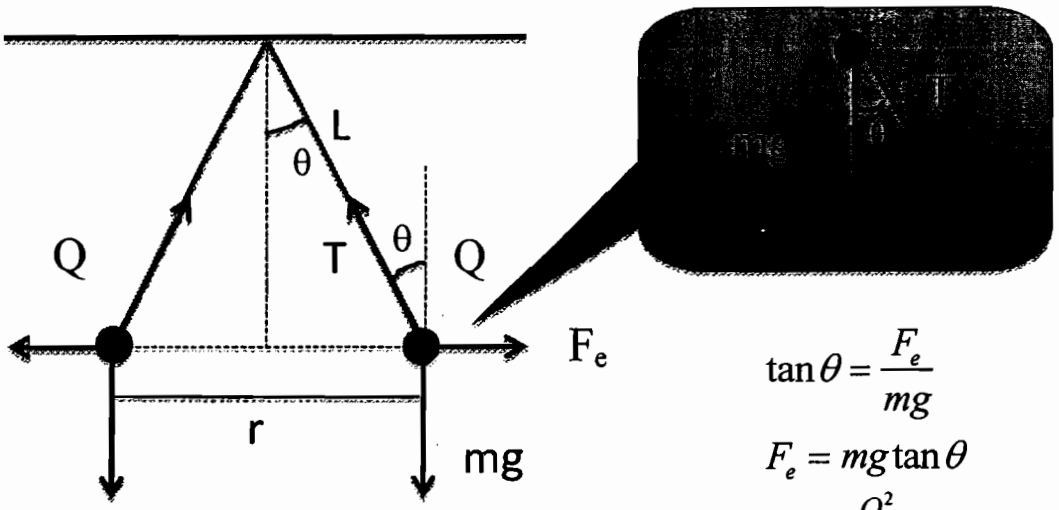
ทฤษฎีและหลักการ

ลูกพิท (Pith ball) ประกอบด้วยลูกกลมเล็กทำด้วยเม็ดโฟม หรือไส้หญ้าปล้องซึ่งมีน้ำหนักเบามากเครือบผิวด้วยวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ตัวลูกกลมแขวนด้วยเชือกด้าย หรือไหมเส้นเล็ก ๆ จากปลายเสาที่ตั้งบนแท่นฉนวนไฟฟ้า ดังภาพที่ ก.32



ภาพที่ ก.32 แรงระหว่างประจุ

เมื่อให้ประจุไฟฟ้า (Q) ชนิดเดียวกันในขนาดที่เท่ากันแรง (F_e) ระหว่างประจุจะผลักลูกพิทไปด้านข้าง และแรงโน้มถ่วงของโลก (mg) จะดึงลูกพิทลงด้านล่าง เนื่องจากลูกพิทถูกยึดไว้กับเส้นเชือกโดยแรงตึงเชือก (T) จึงได้ความสัมพันธ์ดังนี้



$$\tan\theta = \frac{F_e}{mg}$$

$$F_e = mg\tan\theta$$

$$F_e = k\frac{Q^2}{r^2}$$

ดังนั้นเราสามารถหาประจุไฟฟ้าได้จาก $Q = \sqrt{\frac{r^2 F_c}{k}}$ สมการ

เมื่อ k = 8.99 x 10^9 Nm^2/C^2, and r = 2* L * sin (θ)

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนศึกษาแรงทางไฟฟ้า

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1.	ลูกพิท*	2 ลูก
2.	ไม้โปรเทคเตอร์แบบครึ่งวงกลม	1 อัน
3.	แวนเดอกราฟฟ์	1 เครื่อง

ลูกพิท* ทำจากเม็ดโฟมที่มีขนาดเท่ากัยเคลือบด้วยนำหมึกที่มีส่วนผสมของคาร์บอน จากนั้นนำไปผึ่งลมไว้ให้แห้งจากนั้นนำด้ายมาติดกับลูกพิท

ขั้นตอนการปฏิบัติ

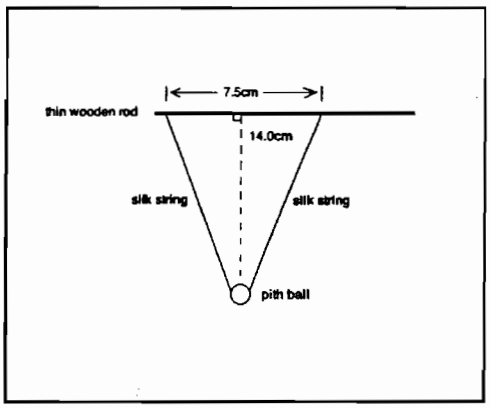
1. นำลูกพิทสองลูกไปชั่งน้ำหนัก3ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยของมวลลูกพิทแต่ละลูกคือ

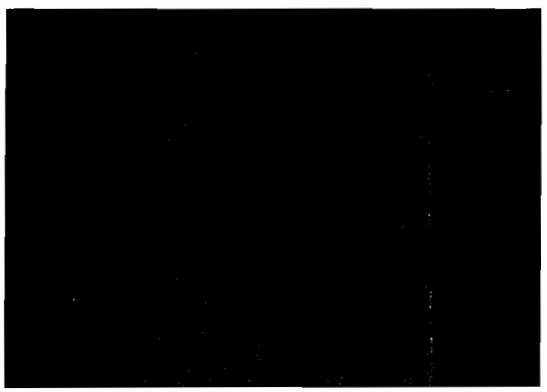
.....

.....

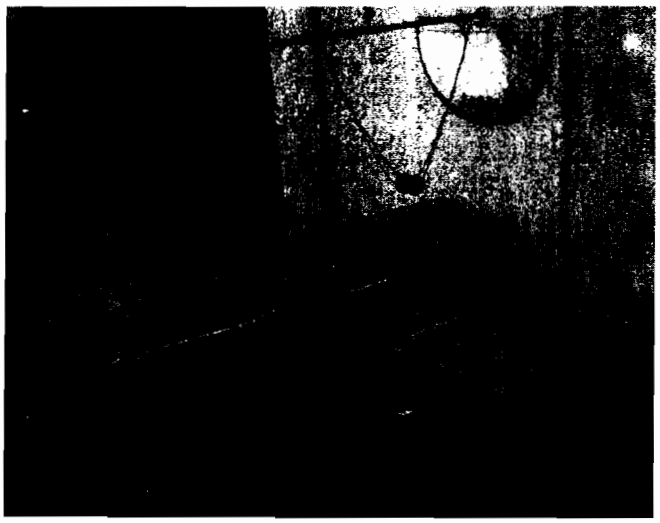
.....

2. ติดไม้โปรเทคเตอร์แบบครึ่งวงกลมกับกล่องโฟมนำลูกพิทแขวนไว้กับไม้ โดยใช้เชือกสองเส้นติดกับลูกพิทแล้วแขวนเป็นรูปตัว V ดังรูป วัดความยาวของเส้นเชือกจากไม้มายังใจกลางของลูกพิท (L)





.....



3. นำแวนเดอกราฟฟ์มาวางระหว่างลูกพิท แล้วเปิดเครื่องสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของลูกพิท ดังรูป

4. นำแวนเดอกราฟฟ์มาวางระหว่างลูกพิท แล้วเปิดเครื่อง วัดมุม (θ) ของลูกพิทที่แยกออกจากกันบันทึกลงในตาราง

5. คำนวณหา tan (θ) จากนั้นแทนค่าในสมการ $F_e = mg * \tan(\theta)$ ใช้ค่า m จากข้อที่ 1 และค่า g = 9.81 m/s^2 แล้วบันทึกค่าลงในตาราง

6. ใช้ค่า L จากข้อที่2 แทนค่าในสมการ r = 2 * L * sin(θ) จากนั้นแทนค่า k, F_e, และ r ในสมการ

$$Q = \sqrt{\frac{F_e r^2}{k}}$$

7. คำนวณหาประจุ (Q) ในลูกพิท และจำนวนอิเล็กตรอนแล้วบันทึกค่าลงในตาราง

8. ทำตามข้อที่ 5–7 โดยมุม θ ที่ใช้ในการทดลองมีค่าแตกต่างกันอีกสองค่า แล้วบันทึกค่า θ, tan (θ), F_e, r, และ Q ลงในตาราง

Trial	θ	tan θ	F_e (N)	r (m)	Q (nC=10-9 C)	Number of Electrons
1						
2						
3						

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

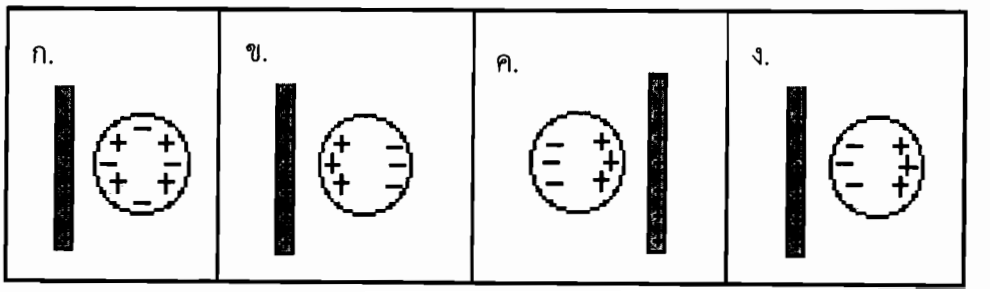
ข้อสอบก่อนเรียน-หลังเรียน
รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

คำชี้แจง ข้อสอบมี 10 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที คะแนนเต็ม 10 คะแนน ดังนี้
คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยกาเครื่องหมาย × ลงในช่องตัวเลือกของกระดาษคำตอบ

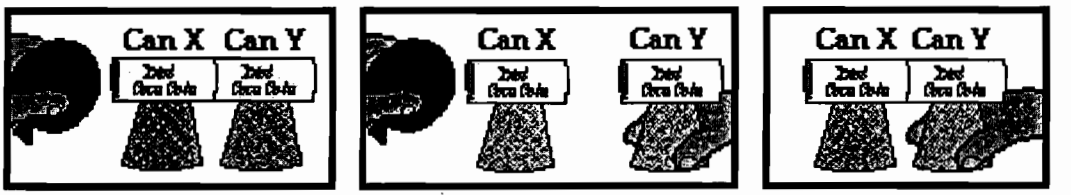
1. เมื่อทำการทดลองโดยนำแผ่นพลาสติกมาถูกับผ้าฝ้าย พบว่าแผ่นพลาสติกกลายเป็นประจุบวก นักเรียนคิดว่าแผ่นพลาสติกเป็นประจุบวกได้เพราะเหตุใด
   ก. แผ่นพลาสติกได้รับโปรตอนจากผ้าฝ้าย
   ข. แผ่นพลาสติกได้รับโปรตอนระหว่างกระบวนการถ่ายเทประจุไฟฟ้า
   ค. โปรตอนถูกสร้างขึ้นที่แผ่นพลาสติกจากกระบวนการถ่ายเทประจุไฟฟ้า
   ง. แผ่นพลาสติกสูญเสียอิเล็กตรอนให้กับผ้าฝ้ายระหว่างกระบวนการถ่ายเทประจุไฟฟ้า

2. คำอธิบายข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องมากที่สุด เมื่อนำแท่งยางมาถูกับขนสัตว์แท่งยางจะมีประจุเป็นลบ
   ก. แท่งยางมีความเป็นฉนวนมากกว่าขนสัตว์
   ข. ขนสัตว์มีความเป็นฉนวนมากกว่าแท่งยาง
   ค. โมเลกุลในแท่งยางสามารถดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดีกว่าโมเลกุลในขนสัตว์
   ง. โมเลกุลในขนสัตว์สามารถดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดีกว่าโมเลกุลในแท่งยาง

3. เมื่อนำแท่งพลาสติกที่มีประจุบวกไปใกล้กับโลหะทรงกลมนักเรียนคิดว่าแผนภาพในข้อใดที่แสดงการกระจายตัวของประจุไฟฟ้าได้ถูกต้อง

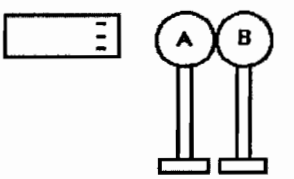


4. นายแดงทำการทดลองโดยนำกระป๋องโลหะ X และกระป๋องโลหะ Y ที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาวางติดกัน นำลูกโป่งที่มีประจุบวกมาใกล้กับกระป๋องโลหะ X จากนั้นแยกกระป๋องโลหะ Y ออกจากกระป๋องโลหะ X โดยที่ลูกโป่งยังอยู่ที่เดิม เมื่อนำลูกโป่งออกแล้วนำกระป๋องโลหะ Y มาวางติดกันอีกครั้งดังรูป กระป๋องโลหะ X และกระป๋องโลหะ Y มีประจุชนิดใดตอบตามลำดับ



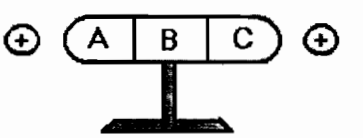
ก. ประจุลบ,ประจุบวก
ข. ประจุบวก,ประจุลบ
ค. ประจุลบ,กลางทางไฟฟ้า
ง. กลางทางไฟฟ้าทั้งสอง

5. ทรงกลมโลหะA และB วางสัมผัสกัน โดยยึดไว้ด้วยฉนวน เมื่อนำแท่งอิโบไนท์ซึ่งมีประจุลบเข้าใกล้ทรงกลมA ดังรูป จะมีประจุไฟฟ้าชนิดใด เกิดขึ้นที่ตัวนำทรงกลมทั้งสอง



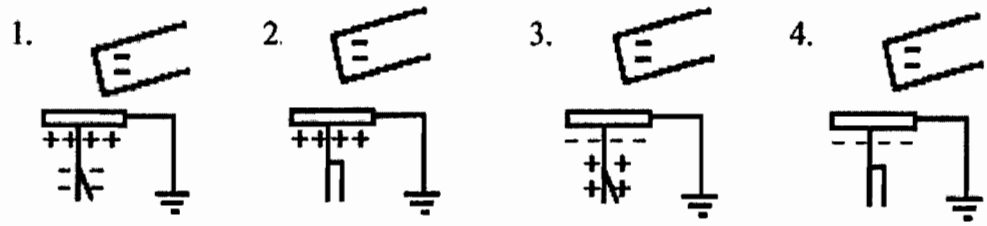
ก. ทรงกลมทั้งสองจะมีประจุบวก
ข. ทรงกลมทั้งสองจะมีประจุลบ
ค. ทรงกลมA จะมีประจุบวก และทรงกลมB มีประจุลบ
ง. ทรงกลมA จะมีประจุลบ และทรงกลมB มีประจุบวก

6. โลหะทรงกระบอกยาวปลายมนเป็นกลางทางไฟฟ้าตั้งอยู่บนฐานที่เป็นฉนวน ถ้านำประจุบวกขนาดเท่ากันมาใกล้ปลายทั้งสองข้างพร้อมกัน โดยระยะห่างจากปลายเท่าๆ กัน ตามลำดับ การกระจายของประจุส่วนA ส่วนB และC ของ ทรงกระบอกเป็นอย่างไร



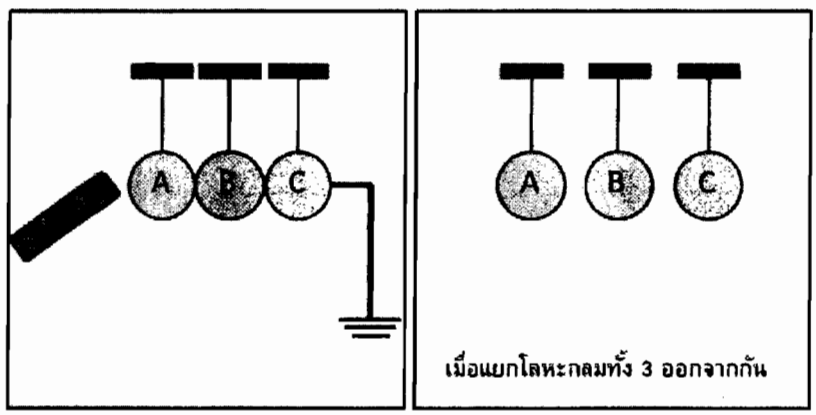
ก. A และC เป็นลบแต่B เป็นกลาง
ข. A และC เป็นกลาง แต่B เป็นบวก
ค. A และC เป็นบวก แต่B เป็นลบ
ง. A และC เป็นลบแต่B เป็นบวก

7. วัตถุที่มีประจุเข้ามาใกล้จานโลหะหลังจากนั้น ใช้สายไฟที่ปลายข้างหนึ่งต่อโยงกับตัวนำที่ฝังใต้ดิน



ชั้น ๆ แล้วนำอีกปลายหนึ่งมาแตะจานโลหะดังแสดงในรูป จงเลือกข้อที่เกิดขึ้น

8. ขั้นตอน 1-4 แสดงการเหนี่ยวนำประจุ



1 โลหะทรงกลมเบา A B และC แขวนด้วยเส้นด้ายที่เป็นฉนวน ให้ผิวของโลหะทรงกลมทั้ง 3 ติดกัน

2 นำแท่งพลาสติกที่แสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นลบเข้ามาจ่อใกล้ๆ ลูกA

3. ต่อสายดินที่โลหะทรงกลม C

4 นำสายดินออกแล้วจึงนำแท่งพลาสติกออกไป

เมื่อแยกลูกกลมออกจากกันผลจะเป็นอย่างไร

ก. A เป็นกลางทางไฟฟ้าB มีประจุไฟฟ้าบวกและC มีประจุไฟฟ้าลบ

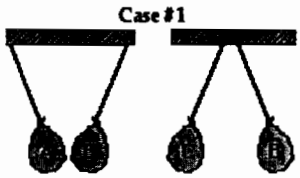
ข. A B และC มีประจุไฟฟ้าบวก

ค. A เป็นกลางทางไฟฟ้าส่วนB และมีประจุไฟฟ้าบวก

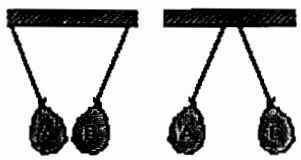
ง. A B และC มีประจุไฟฟ้าลบ

9. นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองโดยนำลูกโป่ง A Bและ C มาแขวน จากนั้นทำให้ลูกโป่ง B เป็นประจุลบ จากการสังเกตพบว่าผลการทดลองเป็นดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 นักเรียนสามารถสรุปได้ว่าประจุที่เกิดขึ้นบนลูกโป่ง AและCเป็นประจุชนิดใดในแต่ละภาพตามลำดับ

ภาพที่ 1



ภาพที่ 2



ลูกโป่ง	ประจุ - , + , กลาง	
	ภาพที่1	ภาพที่ 2
A		
B	ประจุลบ	ประจุลบ
C		

ข้อ	ลูกโป่งA		ลูกโป่งC	
	ภาพที่1	ภาพที่ 2	ภาพที่1	ภาพที่ 2
ก	+	+	-	-
ข	+	-	+	+
ค	+, 0	+	+	-
ง	+, 0	-	-	+

10. วัตถุขนาดเล็ก 2 อัน แต่ละอันมีประจุสุทธิ $+Q$ เหมือนกันต่างก็ออกแรงกระทำซึ่งกันและกันขนาด F ถ้าขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุ $+Q$ ในกรณีแรกคือ F ขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุ $+Q$ ในกรณีหลังมีค่าเท่าใด

ก. $16F$ ข. $4F$

ค. F ง. $F/4$

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายเอกพงศ์ บัวชุม
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547– 2550 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
	พ.ศ. 2551 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2551 – ปัจจุบัน
	ครูโรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ อำเภอพนา จังหวัดอำนาจเจริญ
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ อำเภอพนา จังหวัดอำนาจเจริญ