530.07
ป 1930
ร 2

การเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ

ปริญญานิพนธ์

ของ

ปลีก น้ำแก้ว

13 กพ 2528

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ตุลาคม 2527

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

155981

การเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ

บทคัดย่อ

ของ

ปลีก น้ำแก้ว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ตุลาคม 2527

การศึกษาครั้งนี้มีความมุ่งหมาย เพื่อศึกษา เปรียบ เทียบผลการ เรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ของนัก เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ เรียนโดยใช้ บท เรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ

กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นัก เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการ เรียนวิทยาศาสตร์ โรง เรียนกรรณสูตศึกษาลัย อา เภอ เมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ปีการศึกษา 2526 จานวน 75 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มห้อง เรียนมาสองห้อง เรียนด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย และจัด เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เช่น เดียวกัน กลุ่มทดลอง มี 38 คน ให้ เรียนโดยใช้บท เรียนโมดูล ซึ่งผู้วิจัย เป็นผู้ควบคุมการ เรียนการสอน กลุ่มควบคุม ให้อาจารย์วิชาฟิสิกส์โรง เรียนกรรณสูตศึกษาลัยหนึ่งท่าน เป็นผู้สอน โดยวิธีสอน ตามปกติ แต่ละกลุ่มใช้ เวลา เรียน [illegible] โดยใช้เนื้อหาและจุดมุ่งหมาย เดียวกัน

ผลการวิ เคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า นัก เรียนที่ เรียนโดยใช้บท เรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียนสูงกว่านัก เรียนที่ เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนัก เรียนที่ เรียนโดยใช้บท เรียนโมดูล มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านัก เรียน ที่ เรียนโดยวิธีสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

A COMPARISON OF PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENTS ON ELECTRIC CHARGE AND COULOMB'S LAW TEACHING BY MODULE INSTRUCTION AND CONVENTIONAL TEACHING IN MATHAYOMSUKSA 5

AN ABSTRACT

BY

PLEEK NAMKEOW

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree

at Srinakharinwirot University

October, 1984

The purpose of this study was to compare the physics learning achievements on electric charge and Coulomb's law between groups of Mathayom Suksa V students who studied through instructional module and conventional teaching.

Seventy-five science programme Mathayom Suksa V students in Kannasut Suksalai School, Suphanburi during the academic year 1983 were randomly sampled for this study. Two classrooms were randomly selected and randomly devided into the experimental group and the controlled group. The researcher taught the thirty-eight students in the experimental group by using the module instruction and the physics teacher of Kannasut Suksalai School taught the other thirty-seven students in the controlled group by using the conventional teaching method. Each of these two groups studied the same objectives and contents for six periods.

The results of the study revealed that the experimental group had attained the physics achievement score higher than that of the controlled group at .05 level of statistically significance. And the experimental group has achieved the scientific skill score higher than that of the controlled group at .05 level of statistically significance.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

ประธาน

กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

ประธาน

กรรมการ

กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือ และการแนะนำอย่างดียิ่งจากผู้ช่วย-ศาสตราจารย์ ฉวี ชัยมงคล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดา เพชรมีศรี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คุณพานิช แสงสว่าง ในน้ำใจไมตรีที่ช่วยเหลือในการสอนกลุ่มควบคุมด้วยความเต็มใจ พร้อมทั้งขอขอบคุณ คุณสมพล รัตนปัญญา คุณสงัด ประดิษฐสุวรรณ์ คุณเรืองศักดิ์ ผลวงษ์ และคณะครูหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัยทุกคน ที่ช่วยจัดทำสไลด์ประกอบการสอน และอำนวยความสะดวกในการจัดหาอุปกรณ์ จัดชวงเวลาให้ใช้ทดลอง ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นนานับประการในระหว่างการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยขอสำนึกในพระคุณเสมอไป

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณนิภา เหลืองอรุณ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องบันทึกเสียงประกอบภาพสไลด์ และมีส่วนสนับสนุนในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

ปลีก น้ำแก้ว

สารบาญ

บทที่		หน้า
1	บทนา	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุงหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
	คานิยามศัพท์เฉพาะ	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
	บทเรียนโมดูล	7
	การวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนโมดูลในตางประเทศ	12
	การวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนโมดูลในประเทศไทย	13
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	16
3	วิธีดาเนินการ	17
	กลุมตัวอยางที่ใช้ในการทดลอง	17
	วิธีการเลือกกลุมตัวอยาง	17
	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	18
	การดาเนินการทดลอง	22
	วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	25
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย	25
4	การวิเคราะห์ข้อมูล	28
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	29

บทที่		หน้า
๕	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	31
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	31
	สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า	31
	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	31
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	33
	อภิปรายผล	33
	ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม		38
ภาคผนวก		44

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์	29
2	สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	30

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 ขั้นตอนการเรียนการสอน โดยใช้บทเรียนไมดูล เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ 23

2 กิจกรรมการเรียนบทเรียนไมดูล เรื่อง ประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ 24

บทที่ 1

บทนา

ภูมิหลัง

ฟิสิกส์เป็นแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์กายภาพ ซึ่งจัดอยู่ในสาขาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ เนื้อหาของวิชาฟิสิกส์แบงได้หลายแบบ เชน บางแบบแบงตามความถนัดของผู้ประกอบอาชีพฟิสิกส์ แตบางแบบแบงตามลักษณะของ เนื้อหาวิชา แตละแบบแบงออก เป็นสาขายอยได้หลายสาขา เย็นใจ เลาหวณิช แบงวิชาฟิสิกส์ออก เป็นสองสาขา คือ

1 หลักวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน หมายถึง วิชาฟิสิกส์สวนใหญที่ เป็นทฤษฎีและกฎที่ใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องราวตาง ๆ ของวิชาฟิสิกส์ทุกสาขา ตัวอยางของวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ได้แก กลศาสตร์ เสียง แมเหล็กไฟฟ้า ทฤษฎีควอนตัม เป็นต้น

2 หลักวิชาฟิสิกส์เฉพาะ เรื่อง เป็นการนาหลักวิชาฟิสิกส์พื้นฐานมาศึกษาเรื่องราวตาง ๆ ให้ละ เอียดมากขึ้น ตัวอยางของวิชาฟิสิกส์เฉพาะ เรื่อง ได้แก นิว เคลียร์ฟิสิกส์ พลาสมาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ธรณี เป็นต้น

ซีแมท (Semat. 1966 . 4) กลาววา ทฤษฎีและความรู้จากวิชาฟิสิกส์สามารถประยุกต์ใช้กับวิทยาศาสตร์สาขาอื่นได้อยางกว้างขวาง เชน เคมี ชีววิทยา เกษตร วิศวกรรมศาสตร์และการแพทย์ ฯลฯ ผลจากวิชาฟิสิกส์จะ เป็นสวนสำคัญในการพัฒนาความคิดใหม และพัฒนา เครื่องมือใหม ๆ เพื่อใช้ในการศึกษา เนื้อหาของวิทยาศาสตร์สาขา เหลานั้นให้ก้าวหน้าอยางรวด เร็ว

วิชาฟิสิกส์จัด เป็นวิชาสำคัญวิชาหนึ่ง แตละประ เทศสวนใหญในโลก จึงได้จัดให้มีการ เรียนการสอนฟิสิกส์ขึ้นในสถานศึกษา สำหรับประ เทศไทย เริ่มจัดให้มีการ เรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษา ตั้งแตมีการประกาศใช้หลักสูตรฉบับ พ ศ 2438 โดยกาหนดให้ เรียนในประโยค 3 (เทียบ เทากับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในปัจจุบัน) เมื่อมีการประกาศใช้หลักสูตรฉบับ พ ศ 2464 วิชาฟิสิกส์ จัดไว้ในระดับมัธยมสูง (เทียบ เทากับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในปัจจุบัน) และบรรจุในหลักสูตรทุกครั้ง แม้จะมีการ เปลี่ยนแปลงหลักสูตรปัจจุบันสถาบันสง เสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี (สสวท) มีหน้าที่ประการหนึ่ง คือ การจัดทาหลักสูตร

วิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดเตรียมให้ทุกอย่างสำหรับใช้ในการเรียนการสอน ตั้งแต่บทเรียน คู่มือครู อุปกรณ์ การทดลอง เอกสารประกอบหลักสูตรอื่น ๆ และแม้แต่คำถามประกอบบทเรียน (สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยฯ 2525 66 - 82)

หลักการของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็คือ เน้นการสอนแบบที่มีการทดลองเป็นรากฐานการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะและมุ่งปลูกฝังให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นแก่การดำรงชีวิตในสังคม ให้เกิดทักษะที่จำเป็นในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง เช่น ทักษะในการอ่านและค้นคว้าเอกสารอ้างอิง การสังเกต การรวบรวมข้อมูล การตั้งสมมติฐาน เป็นต้น และมุ่งปลูกฝังให้เกิดค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความเป็นคนมีเหตุผล ความซื่อสัตย์ ความพยายามที่จะค้นคว้าทดลองเพื่อทดสอบข้อสงสัย เป็นต้น (กระทรวงศึกษาธิการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2524 ไม่มีเลขหน้า)

อย่างไรก็ตาม การสอนกระบวนวิชาในสาขาวิทยาศาสตร์ มิใช่เป็นงานที่จะทำให้สำเร็จได้โดยง่าย เนื่องจากการสอนวิทยาศาสตร์ต้องมีการพิจารณาเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพราะวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องใช้วัสดุอุปกรณ์การสอนโดยเฉพาะ และต้องมีวิธีการเข้าให้ถึงเป็นพิเศษอีกด้วย (สงา รุ่งเรือง 2522 3) และการที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สร้างหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างของนักเรียน ของโรงเรียน และเน้นเรื่องการทดลองเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบเองเป็นส่วนใหญ่ (ซึ่งการแสวงหาคำตอบไม่ได้มีแต่วิธีการทดลองเพียงอย่างเดียว ยังมีวิธีอื่นอีกหลายวิธี) นั้น ก็เป็นปัญหาในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์อยู่เช่นกัน (สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย 2525 83) ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ครูที่สอนไม่เห็นความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์การสอนตัวครูผู้สอนเองก็ขาดทักษะในการผลิตอุปกรณ์ และขาดความพยายามที่จะค้นหาวิธีสอนที่ได้ผล สภาพความบกพร่องในด้านการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ดังที่กล่าว เป็นเหตุให้คุณภาพทางการศึกษาด้อยลง ควรจะได้มีการปรับปรุงแก้ไขให้อยู่ในสภาพที่ดีขึ้น และการที่ครูขาดความรู้ความเข้าใจในการนำเทคนิค

วิทยาการใหม่ ๆ มาใช้ในการเรียนการสอน ทำให้เกิดความจำเป็นที่ต้องเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาให้แก่ครูมากขึ้น

บทเรียนโมดูล (Module) จัดเป็นเทคโนโลยีทางการศึกษาอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นการเรียนการสอนที่มีประโยชน์ต่อตัวผู้เรียน และควรส่งเสริมให้นำมาใช้จัดการเรียนการสอนในวิชาต่าง ๆ เพราะบทเรียนโมดูลมีลักษณะให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน และเป็นผู้ใช้บทเรียนโมดูลนี้มากกว่าครู บทเรียนโมดูลมีกลุ่มของวัสดุอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นโดยมีองค์ประกอบขั้นพื้นฐานดังนี้ คือ หลักการและเหตุผล จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม การประเมินผลก่อนเรียน กิจกรรมการเรียนและการประเมินผลหลังการเรียน (กาญจนา เกียรติประวัติ ม ป ป 87) บทเรียนโมดูลจึงเป็นกลุ่มของประสบการณ์ที่จัดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เฉพาะที่ได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน (Houston. 1971 11) ลอเรนซ์ (Lawrence. 1973 15) กล่าวถึงข้อดีของบทเรียนโมดูลที่ควรสนับสนุนให้มีการนำมาใช้ในการเรียนการสอนดังนี้

1 บทเรียนโมดูลช่วยประหยัดเวลาได้มาก และไม่ทำให้เสียกำลังงานโดยเปล่าประโยชน์

2 เป็นบทเรียนที่รวมแบบการสอนหลาย ๆ อย่างไว้ด้วยกัน เหมาะกับความสามารถและความต้องการของผู้เรียนแต่ละบุคคล เป็นการส่งเสริมความแตกต่างระหว่างบุคคล

3 การวางแผนการเรียนของบทเรียนโมดูล ได้ทำอย่างรอบคอบ รัดกุม การลำดับความต่อเนื่องเป็นไปอย่างเหมาะสมไม่สับสน ข้อความที่เขียนต้องชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง

4 เป็นบทเรียนที่สามารถแยกเนื้อหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจง่าย

5 ผู้เรียนไม่เบื่อหน่ายในการทำกิจกรรม เพราะสามารถเลือกทำกิจกรรมที่ตนสนใจ แต่สามารถเรียนรู้ได้เท่าเทียมกับผู้ที่เรียนโดยกิจกรรมอื่น คนเรียนเก่งสามารถเลือกบทเรียนที่ล้ำหน้ากว่าเรื่องที่กำหนดให้ ส่วนคนที่เรียนช้าก็สามารถเรียนไปตามความสามารถของตน ไม่ต้องแข่งกับผู้อื่น

บทเรียนโมดูล นอกจากจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเรียนด้วยตนเองตามความสามารถของตนแล้ว ยังใช้เป็นเครื่องช่วยสอนแทนครูได้โดยทำหน้าที่เป็นเครื่องผ่อนแรงครู และนักเรียนอาจนำไปเรียนด้วยตนเองที่บ้านได้ ทำให้นักเรียนแต่ละคนมีโอกาสที่จะพัฒนาความรู้สึกรับผิดชอบในการเรียนด้วยตนเอง ซึ่งจะเป็นการยกมาตรฐานการศึกษาให้ก้าวหน้าต่อไป

ด้วยเหตุผลที่บทเรียนโมดูลมีประโยชน์ในการเรียนการสอนมาก และเป็นบทเรียนที่มีลักษณะที่สนองความต้องการ ความสนใจ และความสามารถที่แตกต่างกันของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ประกอบกับเรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ เป็นเนื้อหาเบื้องต้นของไฟฟ้าสถิตซึ่งจัดไว้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้เรียนในทวิภาคที่ 2 ของปีการศึกษา เนื้อหาดังกล่าวเป็นพื้นฐานสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังเป็นพื้นฐานเบื้องต้นในการค้นคว้าศึกษาสวนหาความรู้ในวิชาฟิสิกส์ และวิชาที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างบทเรียนโมดูลวิชาฟิสิกส์เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ เพื่อวิจัยว่าบทเรียนโมดูลนี้จะทำให้ผลการเรียนของนักเรียนเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อเทียบกับการสอนตามปกติ

<u>ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า</u>

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ ระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล กับการสอนตามปกติ

<u>ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า</u>

1 เพื่อทราบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล กับนักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ มีผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ แตกต่างกันหรือไม่

2 เพื่อสร้างแนวความคิดในการปรับปรุงการสอนวิชาฟิสิกส์ของครู

<u>ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า</u>

1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองเปรียบเทียบผลการเรียนเรื่อง ประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล กับ

การเรียนโดยวิธีสอนตามปกติ ในวิชาฟิสิกส์ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2526 จำนวน 75 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 38 คน และกลุ่มควบคุม 37 คน โดยวิธีสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

3 ระยะเวลาทำการทดลอง กระทำในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2526 ใช้เวลาในการทดลองสอน กลุ่มละ 6 คาบ คาบละ 50 นาที

4 ตัวแปรที่ศึกษา

4 1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีสอนสองแบบ คือ

4 1 1 วิธีสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล

4 1 2 วิธีสอนตามปกติ

4 2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการเรียน ซึ่งแบ่งเป็น

4 2 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4 2 2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

<u>คำนิยามศัพท์เฉพาะ</u>

1 บทเรียนโมดูล หมายถึง บทเรียนที่สำเร็จในตัวเอง สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้กระทำกิจกรรมการเรียน สามารถเลือกกิจกรรมการเรียนได้ตามความสามารถและความสนใจ ประกอบด้วยส่วนสำคัญเจ็ดส่วน คือ หลักการและเหตุผล จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ความรู้พื้นฐาน การประเมินผลก่อนเรียน กิจกรรมการเรียน การประเมินผลหลังการเรียน และการเรียนซ่อมเสริม

2 บทเรียนโมดูล เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ หมายถึง บทเรียนโมดูลวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ฉบับพุทธศักราช 2524 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

3 การสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล หมายถึง การสอนที่ให้นักเรียนเรียนจากบทเรียนโมดูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4 การสอนตามปกติ หมายถึง การสอนที่ใช้เนื้อหาและความมุ่งหมายเดียวกับบทเรียนโมดูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งสอนโดยครูประจำวิชาฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนที่ใช้อยู่เป็นประจำ

5 นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2526

6 ผลการเรียน คือ ผลที่นักเรียนได้รับภายหลังจากได้เรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ผ่านไปแล้ว ซึ่งแบ่งเป็นสองประเภท คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในที่นี้ หมายถึง คะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการตอบแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามหลักการเขียนแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านสติปัญญาวิทยาศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทเรียนไมดูล

คาวา "บทเรียนไมดูล" มีผู้ให้ความหมายไว้หลายทาน อาทิเชน ลอเรนซ์ (Lawrence. 1973 10) ได้ให้ความหมายของบทเรียนไมดูลไว้วา บทเรียนไมดูล คือ กลุมของวัสดุการสอนและการปฏิบัติตาง ๆ ที่มารวมกันภายใต้พื้นฐานเบื้องต้นของการสอน ซึ่งประกอบด้วยจุดประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผล ไมดูลเป็นบทเรียนที่มีระเบียบแบบแผน อาจจะมีวิธีศึกษาหาความรู้ได้หลายอยาง กลาวคือ รวมเอากิจกรรมการเรียนหลาย ๆ วิธีไว้ด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนตามความสนใจ

วสันต์ อติศัพท์ (วสันต์ อติศัพท์ 2524 65) กลาววา ไมดูลเป็นคำศัพท์ภาษาอังกฤษ "Module" ซึ่งมีความหมายทางการศึกษาวา หนวยการเรียนยอยที่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ การทดสอบกอนเรียนกิจกรรมการเรียน สื่อตาง ๆ แบบฝึกหัดพร้อมคาเฉลย และการทดสอบหลังการเรียน บทเรียนไมดูลอาจอยูในรูปเอกสาร ชุดการสอน บทเรียนโปรแกรม ฯลฯ

สวน บุญมี ก้อนทอง ให้ความหมายของบทเรียนไมดูลวา หมายถึง บทเรียนหนวยใดหนวยหนึ่งที่สำเร็จในตัว สร้างขึ้นสำหรับให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง โดยมีวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้แนนอน และบทเรียนจะต้องประกอบด้วยสิงสำคัญ ๆ หลายประการ เชน วัตถุประสงค์ทั่วไป ความรู้ และทักษะพื้นฐาน วัตถุประสงค์การสอน อุปกรณ์การเรียน โปรแกรมการเรียน การทดสอบผลการเรียน และการประเมินผลไมดูล (บุญมี ก้อนทอง 2518 22)

จากความหมายของบทเรียนโมดูลที่กล่าวมาทั้งหมด พอสรุปได้ว่า บทเรียนโมดูล หมายถึง บทเรียนที่สำเร็จในตัวเอง สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน โดยเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนเป็นผู้กระทำกิจกรรมการเรียน สามารถเลือกกิจกรรมการเรียนได้ตามความสามารถ

ในประเทศไทย ชมพันธุ์ กุญชร ณ อยุธยา ได้นำบทเรียนโมดูลรูปแบบของ วิลฟอร์ด เวเบอร์ (Wilford Weber) มาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งในบางแห่งเรียกว่า "หน่วยการเรียนการสอน" และได้กล่าวถึงรายละเอียดของบทเรียนโมดูลไว้ว่า ประกอบด้วย องค์ประกอบเจ็ดประการ คือ (ชมพันธุ์ กุญชร ณ อยุธยา 2520 1 - 7)

1 หลักการและเหตุผล (Rationale) ส่วนนี้เป็นตอนอธิบายถึงความสำคัญของ สมรรถภาพต่าง ๆ ที่ต้องการฝึกหา ในบทเรียนโมดูลและช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้ ถึงความคาดหวังของหลักสูตรทั้งหมด และเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนโมดูลที่กำลัง เรียนอยู่กับบทเรียนโมดูลหน่วยอื่น โดยทั่วไปหลักการและเหตุผลจะมีวัตถุประสงค์ในการเขียน สองประการ คือ

1 1 เพื่ออธิบายถึงวัตถุประสงค์ และความสำคัญของจุดมุ่งหมายของบทเรียน โมดูล ในแง่ของการสำรวจข้อมูล ทฤษฎี และการปฏิบัติ

1 2 เพื่อจัดบทเรียนโมดูล และจุดมุ่งหมายให้สอดคล้องกับหลักสูตรทั้งหมด

2 จุดมุ่งหมาย (Objectives) เป็นส่วนที่ช่วยวางโครงสร้างของบทเรียนโมดูล คือ นอกจากจะระบุถึงพฤติกรรมที่ผู้เรียนจะแสดงออกแล้ว ยังช่วยเสนอแนะกิจกรรมการเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้บรรลุถึงสมรรถภาพที่ระบุไว้ จุดมุ่งหมายจึงแบ่งเป็นสองลักษณะ คือ

2 1 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอน (Instructional Objectives) ซึ่งระบุสมรรถภาพที่ผู้เรียนต้องแสดงออกมา

2 2 จุดมุ่งหมายในการแสดงออก (Expressive Objectives) เป็นจุดมุ่งหมายที่ระบุเหตุการณ์ซึ่งผู้เรียนจะต้องมีประสบการณ์

ดังนั้น จุดมุ่งหมายจึงมีหน้าที่สำคัญในบทเรียนโมดูลสองประการ คือ

ก ช่วยเป็นสื่อเชื่อมโยงจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ความคาดหวัง และวิธีสอนต่าง ๆ ให้ผู้เรียน ครู และครูที่ปรึกษาได้ทราบ

ข ช่วยให้ครูผู้สอนวางแผน และประเมินผลจุดมุ่งหมาย วิธีสอน และผลการสอน

๓ ความรู้พื้นฐาน (Pre-requisites) แบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ

๓.๑ สมรรถภาพพื้นฐานทั่วไปที่จำเป็นในการเริ่มต้นบทเรียนโมดูล

๓.๒ สมรรถภาพเฉพาะ ซึ่งได้เรียนมาแล้วในบทเรียนโมดูลก่อน ๆ

โดยทั่วไปแล้วผู้สร้างบทเรียนโมดูลจะพยายามจัดให้มีการกำหนดความรู้พื้นฐานก่อนการเรียน น้อยที่สุด เพื่อสะดวกแก่การยึดหยุ่นกิจกรรมการเรียน

๔ การประเมินผลเบื้องต้น (Pre-assessment) เป็นการวัดผู้เรียนในเรื่องต่าง ๆ เหล่านี้ คือ

๔.๑ เพื่อดูว่าผู้เรียนสามารถแสดงสมรรถภาพที่เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนที่กำลังจะเรียนต่อไปได้หรือไม่ หรือควรจะต้องฝึกสมรรถภาพที่เป็นพื้นฐานก่อนเริ่มเรียน

๔.๒ เพื่อดูว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในสมรรถภาพที่ระบุไว้ในบทเรียนโมดูลที่กำลังจะเรียนหรือไม่ ถ้ามีแล้วเขาอาจรวมในกิจกรรมการเรียนเพียงบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เขายังไม่ได้เรียนรู้เท่านั้น

ดังนั้น การประเมินผลเบื้องต้นจึงเป็นเรื่องสำคัญมาก ควรประเมินผลให้ครอบคลุมถึงความรู้พื้นฐานที่จำเป็นด้วย และควรมีลักษณะดังนี้ คือ

ก เป็นการทดสอบที่ผู้เรียนอาจเลือกทำเพียงบางส่วนหรือไม่ทำเลยก็ได้

ข เป็นการประเมินผลสมรรถภาพทั้งหมดที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมาย หรือที่ระบุไว้เป็นพื้นฐานก่อนเรียน

๔ เป็นการประเมินผลสมรรถภาพทั้งหมดที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมาย ด้วยวิธีการที่เชื่อถือได้

๕ ช่วยในการวินิจฉัยโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เรียนได้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่ระบุไว้

๖ การประเมินผลเบื้องต้นจะต้องเป็นจริงมีเหตุผล โดยคำนึงถึงเวลาทั้งหมดของผู้เรียนและผู้สอน

ปกติการประเมินผลเบื้องต้น มักจะใช้ทดสอบโดยการเขียน แต่ก็อาจใช้วิธีอื่น เช่น การอภิปราย หรือการสังเกตก็ได้

5 กิจกรรมการเรียน (Instructional Alternatives or Instructional Activities) เป็นส่วนที่จะให้ผู้เรียนกระทำ เพื่อช่วยให้ได้เรียนรู้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่ระบุไว้ กิจกรรมการเรียนควรมีลักษณะดังนี้

5 1 กิจกรรมการเรียนควรช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถของตนเอง

5 2 ถ้าเป็นไปได้กิจกรรมการเรียนควรจัดให้เป็นการเรียนส่วนบุคคล โดยการจัดกิจกรรมการเรียนควรจะได้สนองความต้องการ ความสามารถ เจตคติ และวิธีการเรียนของผู้เรียนแต่ละคน

5 3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนกิจกรรมหลาย ๆ อย่างที่จัดไว้ให้

5 4 กิจกรรมแต่ละชนิด ควรจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกหัดเท่าเทียมกัน นั่นคือ กิจกรรมทุกชนิดจะได้ผลเท่าเทียมกัน

นอกจากนี้ ผู้สร้างบทเรียนโมดูลควรจะระลึกเสมอว่า ผู้เรียนจะต้องรับผิดชอบในการแสดงความสามารถในสมรรถภาพที่ระบุไว้ มิใช่เป็นแต่เพียงการเรียนรู้เท่านั้น ดังนั้น กิจกรรมการเรียนรู้จึงควรมีให้เลือกหลายทาง เพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนตามความสามารถ

ของตน นอกเหนือจากกิจกรรมที่ระบุไว้ในบทเรียนโมดูลแล้ว ผู้เรียนควรจะมีโอกาสในการคิดสร้างกิจกรรมของตนเอง ความรับผิดชอบของผู้เรียนจึงอยู่ที่การเรียนเพื่อให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมาย มิใช่อยู่ที่การเรียนกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งโดยเฉพาะ ฉะนั้น กิจกรรมการเรียนจึงควรจัดดังนี้

ก ควรจัดให้มีกิจกรรมการเรียนหลาย ๆ อย่าง เพื่อให้ผู้เรียนเลือกเรียนตามความสามารถ รวมทั้งให้ผู้เรียนได้จัดกิจกรรมการเรียนของตนเองด้วย

ข ประสบการณ์ต่าง ๆ ที่จัดขึ้นควรเป็นแนวทางนำไปสู่จุดมุ่งหมายที่ระบุไว้

ค ควรจัดทำแผนผังหรือคำอธิบายการจัดลำดับของกิจกรรมที่ต้องการในกรณีที่จุดมุ่งหมายหรือกิจกรรมการเรียนนั้นมีลักษณะต่อเนื่องกัน

ง ควรจัดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกหัดเท่าเทียมกัน ในการที่จะบรรลุถึงจุดมุ่งหมาย

6 การประเมินผลหลังการเรียน (Post-assessment) เป็นการประเมินผลเพื่อพิจารณาว่า ผู้เรียนสามารถแสดงสมรรถภาพที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ หรือว่าจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนซ่อมเสริมให้เรียนใหม่ นอกจากนั้นการประเมินผลหลังการเรียน ยังช่วยชี้ให้เห็นข้อบกพร่องในการเรียนการสอน และแนวทางที่จะแก้ไขด้วย ส่วนข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลหลังการเรียน จะเป็นส่วนที่แสดงถึงพัฒนาการทางการเรียนรู้ของผู้เรียน และประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูลด้วย ฉะนั้น การประเมินผลหลังการเรียนจึงควรมีลักษณะดังนี้

6 1 ประเมินผลความรู้ความสามารถทั้งหมดที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายด้วยวิธีการที่เชื่อถือได้

6 2 ประเมินผลเฉพาะความรู้ที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายหรือที่ระบุไว้เป็นพื้นฐานก่อนเรียนบทเรียนโมดูล

6 3 การประเมินผลหลังการเรียนควรจัดทำทั้งในระหว่างเรียน (Formative) และหลังการเรียน (Summative)

6 4 การประเมินผลหลังการเรียนจะต้องเป็นจริงและมีเหตุผล โดยคำนึงถึงเวลาทั้งหมดของผู้สอนและผู้เรียน

ในกรณีที่ผู้เรียนไม่สามารถแสดงสมรรถภาพที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายได้ อาจมีสาเหตุมาจาก

ก, ผู้เรียนไม่มีความสามารถ ขาดแรงจูงใจหรือความพยายาม

ข การจัดกิจกรรมการเรียนไม่เหมาะสมหรือไม่มีประสิทธิภาพ

ค จุดมุ่งหมายที่คาดหวังไว้ไม่เป็นความจริง

7 การเรียนซ่อมเสริม (Remediation) จัดเป็นกิจกรรมการเรียนที่จะช่วยผู้เรียนที่ไม่ผ่านการทดสอบภายหลังการเรียน โดยให้ทำกิจกรรมการเรียนแบบเดิม หรือเปลี่ยนแปลงก็ได้ วัตถุประสงค์ของการเรียนซ่อมเสริมเป็นการช่วยเหลือมิใช่การลงโทษ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนบรรลุผลสำเร็จ โดยทั่วไปกิจกรรมการเรียนซ่อมเสริมนี้ ผู้สอนและผู้เรียนจะกำหนดร่วมกัน โดยพิจารณาจากความสามารถของผู้เรียน และการประเมินผลหลังการเรียน แล้วเลือกวิธีการหรือกิจกรรมการเรียนที่ได้ผลดีที่สุด

<u>การวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนโมดูลในต่างประเทศ</u>

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนโมดูล เป็นเรื่องที่อยู่ในความสนใจของนักการศึกษาทั่วไป สำหรับงานวิจัยในต่างประเทศเท่าที่ปรากฏจะเป็นปริญญานิพนธ์ของนักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาการศึกษา ซึ่งได้ทำการศึกษาวิจัยหลายคน ดังนี้

ฮิลล์ (Hill, 1982 3353-A - 3354-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้บทเรียนโมดูลวิชาวิทยาศาสตร์ กับการสอนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป ต่อนักเรียน เมื่อปีคริสตศักราช 1981 ในแง่ของการคิดอย่างมีเหตุผล และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ผลปรากฏว่า ในแง่ของการคิดอย่างมีเหตุผลนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีความสามารถในการคิดหาเหตุผลไม่ต่างจากนักเรียนที่เรียนตามขบวนการสอนทางวิทยาศาสตร์ตามปกติ และเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

มัสโกรฟว์ (Musgrove, 1977 : 4297-A) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคนิคการสอนในระดับมัธยมศึกษา ของนักศึกษาฝึกหัดครู โดยใช้บทเรียนโมดูล วิธีการศึกษา มัสโกรฟว์ ได้แบ่งนักศึกษาฝึกหัดครูออกเป็นสามกลุ่ม คือ กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลาง และกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ผลการศึกษาปรากฏว่า นักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลาง สามารถเรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลได้ดี

นอกจากนี้ โรเบิร์ตสัน (Robertson, 1976 5112-A) ได้ทดลองศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลในวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematic Modules) กับการสอนโดยการใช้ตำราคณิตศาสตร์ (Textbook for Mathematics) กลุ่มตัวอย่างใช้นักเรียนเกรด 3 4 และ 5 โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลเป็นรายบุคคล และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยใช้ตำราเรียน ผลปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>การวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนโมดูลในประเทศไทย</u>

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ได้จัดให้มีการสัมมนาปฏิบัติการเกี่ยวกับการสร้างบทเรียนโมดูล เพื่อใช้ในการสอนวิชาชีววิทยา และวิทยาศาสตร์

แขนงอื่น ๆ ระหว่างวันที่ 28 ตุลาคม ถึงวันที่ 2 พฤศจิกายน พ ศ 2517 โดยมี อาจารย์สมศักดิ์ แสนสุข และ ศาสตราจารย์ ดร อี คอส (E. Kos) เป็นผู้นำการสัมมนา ผู้เข้ารวมสัมมนาทั้งหมด 52 คน ซึ่งประกอบด้วยอาจารย์จากวิทยาลัยครูต่าง ๆ อาจารย์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตต่าง ๆ อาจารย์โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร รวมทั้งนิสิตปริญญาโทที่สนใจ จากผลการประเมินผลการ สัมมนาครั้งนี้ ปรากฏว่า ในด้านการนำบทเรียนโมดูลไปใช้ในการเรียนการสอนนั้น ผู้เข้ารวม สัมมนาร้อยละ 97 เห็นด้วยว่า บทเรียนโมดูลช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพขึ้น ร้อยละ 94 เห็นว่าบทเรียนโมดูลมีสวนช่วนทำให้ผู้เรียน เรียนด้วยความกระปรี้กระเปร่าขึ้น ในด้าน เกี่ยวกับประโยชน์ของบทเรียนโมดูลที่มีต่อวงการศึกษา ผู้เข้ารวมสัมมนาเห็นว่า บทเรียน โมดูลเป็นสิ่งที่มีคุณค่า มีประโยชน์ และควรได้รับการเผยแพร่ต่อไป

การสัมมนาดังกล่าว เป็นความเคลื่อนไหว เกี่ยวกับการนำบทเรียนโมดูลมาใช้ใน การเรียนการสอนในประเทศไทย จึงมีผู้สนใจทำการศึกษาค้นคว้าวิจัย เกี่ยวกับการใช้บทเรียน โมดูลสอนวิชาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

สุภาลักษณ์ พงษ์สุธรรม (สุภาลักษณ์ พงษ์สุธรรม 2523 37) ได้ศึกษา เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เมตริกซ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ หน่วยการเรียนการสอนกับการสอนตามปกติ ใช้กลุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร จำนวน 60 คน เมื่อปี พ ศ 2523 แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และ กลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เมตริกซ์ของนักเรียน ที่เรียนโดยใช้หน่วยการเรียนการสอนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 01

มงคล บุญประเสริฐ (มงคล บุญประเสริฐ 2525 21) ได้วิจัยเกี่ยวกับบทเรียนโมดูล ในสาขาวิชาเคมี โดยทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนโรงเรียนยานนาเวศ วิทยาคม กรุงเทพมหานคร จำนวน 89 คน เมื่อปี พ ศ 2525 แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 44 คน และกลุ่มควบคุม 45 คน ผลจากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล และนักเรียนที่สอนโดยวิธีปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 05

โสภาพรรณ อมตะเตชะ (โสภาพรรณ อมตะเตชะ 2526 48) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปประดิษฐ์ ในระดับปริญญาตรี โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่เรียนวิชา คห 364 วิทยาลัยครูสวนดุสิต จำนวน 104 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล 52 คน และกลุ่มควบคุม 52 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักศึกษากลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปประดิษฐ์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากวิธีสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 01 และนักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนโมดูล

กาญจนา อินทรสุนานนท์ (กาญจนา อินทรสุนานนท์ 2526 47) ได้วิจัยการใช้บทเรียนโมดูลในวิชาดนตรี โดยทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เพลงพื้นบ้าน ภาคกลาง ในระดับปริญญาตรี โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตภาคปกติระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร จำนวน 100 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล 50 คน และกลุ่มควบคุม 50 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นิสิตที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เพลงพื้นบ้านภาคกลาง สูงกว่านิสิตที่เรียนจากการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 05 และกลุ่มทดลองมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนโมดูล

<u>สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า</u>

1 นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

2 นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2526 จำนวน 75 คน แบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ

กลุ่มทดลอง จำนวน 38 คน ให้เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล

กลุ่มควบคุม จำนวน 37 คน ให้เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

วิธีการเลือกกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ในการเลือกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1 เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2526 จำนวน 156 คน ซึ่งแบ่งเป็นสี่ห้องเรียน โดยวิธีการจัดชั้นเรียนแบบคละตามคะแนนที่ได้จากการสอบคัดเลือกเข้าเรียนต่อในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นประชากร

2 เลือกกลุ่มตัวอย่างออกมาสองห้องเรียน จากสี่ห้องเรียน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

3 จัดกลุ่มตัวอย่างสองห้องเรียน ที่ได้มาจากการสุ่มให้เป็นกลุ่มทดลองหนึ่งห้องเรียน และกลุ่มควบคุมหนึ่งห้องเรียน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

การสร้าง เครื่องมือ เพื่อใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1 บทเรียนโมดูลวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

2 แบบทดสอบวัดผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

3 ชุดการสอนตามปกติ

1 การสร้างบทเรียนโมดูลวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

1 1 การเลือกเนื้อหาสำหรับสร้างบทเรียนโมดูล ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ของกระทรวงศึกษาธิการ ศึกษาคู่มือครูวิชาฟิสิกส์ตามหลักสูตรพุทธศักราช 2524 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศึกษาแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศึกษาเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง แล้วเลือกเนื้อหาของวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ซึ่งจัดอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มาสร้างบทเรียนโมดูล ซึ่งมีรายละเอียดของเนื้อหาดังนี้

เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ใช้เวลาสอน 6 คาบ คาบละ 50 นาที ประกอบด้วยหัวข้อ

1 1 1 ประจุไฟฟ้า

1 1 1 1 การทดลองที่ 1 ชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า

1 1 1 2 อุปกรณ์ตรวจประจุไฟฟ้า

1 1 1 3 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

1 1 1 4 การทดลองที่ 2 การให้ประจุไฟฟ้า โดยการเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดิน

1 1 2 แรงระหว่างประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

1 1 2 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรง ประจุไฟฟ้า และระยะทางระหว่างประจุไฟฟ้า

1 1 2 2 การใช้กฎของคูลอมบ์

1 2 ขั้นตอนในการสร้างบทเรียนไมดูล

1 2 1 ศึกษาหลักสูตร แบบเรียน คู่มือครู และขอบขายเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์

1 2 2 ศึกษาความมุ่งหมายของวิชาฟิสิกส์ จากหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 และคู่มือครูวิชาฟิสิกส์ ว 024 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1 2 3 ศึกษาเนื้อหาที่นำมาสร้างบทเรียนไมดูลอย่างละเอียด โดยศึกษาจากแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ว 024 คู่มือครูวิชาฟิสิกส์เล่ม 4 ว 014 และหนังสืออ่านประกอบวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ทั่ว ๆ ไป

1 2 4 วิเคราะห์ภารกิจ (Task Analysis) โดยตั้งจุดมุ่งหมายทั่วไป (General Objectives) จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives) และสร้างคำถามอิงเกณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างบทเรียนให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1 2 5 ศึกษาวิธีสร้างบทเรียนไมดูล จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนไมดูล และสร้างบทเรียนไมดูลตามแบบของ ชมพันธ์ กุณฑร ณ อยุธยา เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ใช้เวลาสอนจนจบเนื้อหา 6 คาบ คาบละ 50 นาที

1 2 6 นาบท เรียนไมดูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจแก้ไข 2 ครั้ง ก่อนนาไปทดลองใช้บท เรียนไมดูล

1 2 7 ทาการทดลองใช้บท เรียนไมดูล ผู้วิจัยได้นาบท เรียนไมดูลที่ผาน การตรวจแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับนัก เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรง เรียน กรรณสูตศึกษาลัย ซึ่งยังไม เคย เรียน เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์มาก่อน โดย ดา เนินการตามลาดับขั้นดังนี้

1 2 7 1 ทดลองครั้งที่ 1 เป็นการทดลอง เพื่อศึกษากิจกรรมที่กาหนดไว้ ในบท เรียนไมดูลทั้งสองกิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมศึกษาจาก เอกสารประกอบการ เรียน และ กิจกรรมศึกษาจากสไลด์- เทปบันทึก เสียง โดยให้นัก เรียนสองคน เรียนคนละกิจกรรมขณะทาการ ทดลอง ผู้วิจัยได้สัง เกต และบันทึกพฤติกรรมของนัก เรียน พร้อมทั้งซักถามปัญหาต่าง ๆ ที่ เกิดขึ้น ระหว่าง เรียน ขณะ เดียวกันก็บันทึก เวลาที่นัก เรียนใช้ในการ เรียน อีกทั้งหาข้อบกพร่องต่าง ๆ เช่น คำศัพท์ สำนวนภาษาที่ใช้ ที่ไม เหมาะสมกับผู้เรียน และพิจารณาปรับปรุงให้ เหมาะสมกัน ทั้ง เนื้อหาและ เวลา

1 2 7 2 ทดลองครั้งที่ 2 โดยนาบท เรียนไมดูลที่ปรับปรุงทั้งสองกิจกรรม จากการทดลองครั้งที่ 1 แล้วไปใช้กับนัก เรียนกลุ่ม เล็ก ๆ แปดคน ให้ เรียนกิจกรรมละสี่คน เพื่อหาข้อบกพร่อง และนาไปปรับปรุงแก้ไข เช่น เดียวกับการทดลองครั้งแรก

1 2 7 3 ทดลองครั้งที่ 3 ครั้งนี้ เป็นการทดลองภาคสนาม ซึ่งหลังจาก ปรับปรุงบท เรียนไมดูลม าสองครั้งแล้ว นำบท เรียนนี้ไปทดลองใช้กับนัก เรียน จานวน 30 คน ซึ่ง เป็นนัก เรียนกลุ่มใหม่ไม เคย เรียนบท เรียนไมดูลนี้ และไม เคย เรียน เรื่อง ประจุไฟฟ้าและ กฎของคูลอมบ์มาก่อน ให้นัก เรียนแต่ละคนมีอิสระในการ เลือก เรียนกิจกรรมที่ตนสนใจ หลังจากนั้น ผู้วิจัยรวบรวมข้อบกพร่องต่าง ๆ และนาไปปรับปรุงแก้ไขบท เรียนอีกครั้งหนึ่งก่อนนาไปใช้จริง กับนัก เรียนกลุ่มตัวอย่าง

2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

ในการสร้างแบบทดสอบดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2 1 ศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านสติปัญญาวิชาวิทยาศาสตร์จากคู่มือครูวิชาฟิสิกส์ ว 024 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ของกระทรวงศึกษาธิการ

2 2 วิเคราะห์ระดับพฤติกรรมทางวิทยาศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2 3 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบที่ดีจากหนังสือ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2 4 เขียนข้อทดสอบโดยให้คลุมจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ และวัดพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ให้ได้สัดส่วน โดยเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบห้าตัวเลือก และแยกเป็นสองฉบับ คือ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหนึ่งฉบับ จำนวน 25 ข้อ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกหนึ่งฉบับ จำนวน 24 ข้อ

2 5 นำแบบทดสอบทั้งสองฉบับที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เคยเรียนเรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์มาแล้ว เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก โดยใช้ตารางสำเร็จของ จุง เตห์ ฟาน (Chung-Teh Fan) แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0 20 - 0 80 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0 20 ขึ้นไป มาพิจารณาให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ และพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ทำเป็นแบบทดสอบวัดผลการเรียน ซึ่งได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ

155981

2 ๑ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งสองฉบับ ตามวิธีการของ คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) โดยใช้สูตร $r_{K-R\ 20}$ ซึ่งปรากฏว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นเป็น ๐ 75 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นเป็น ๐ 71

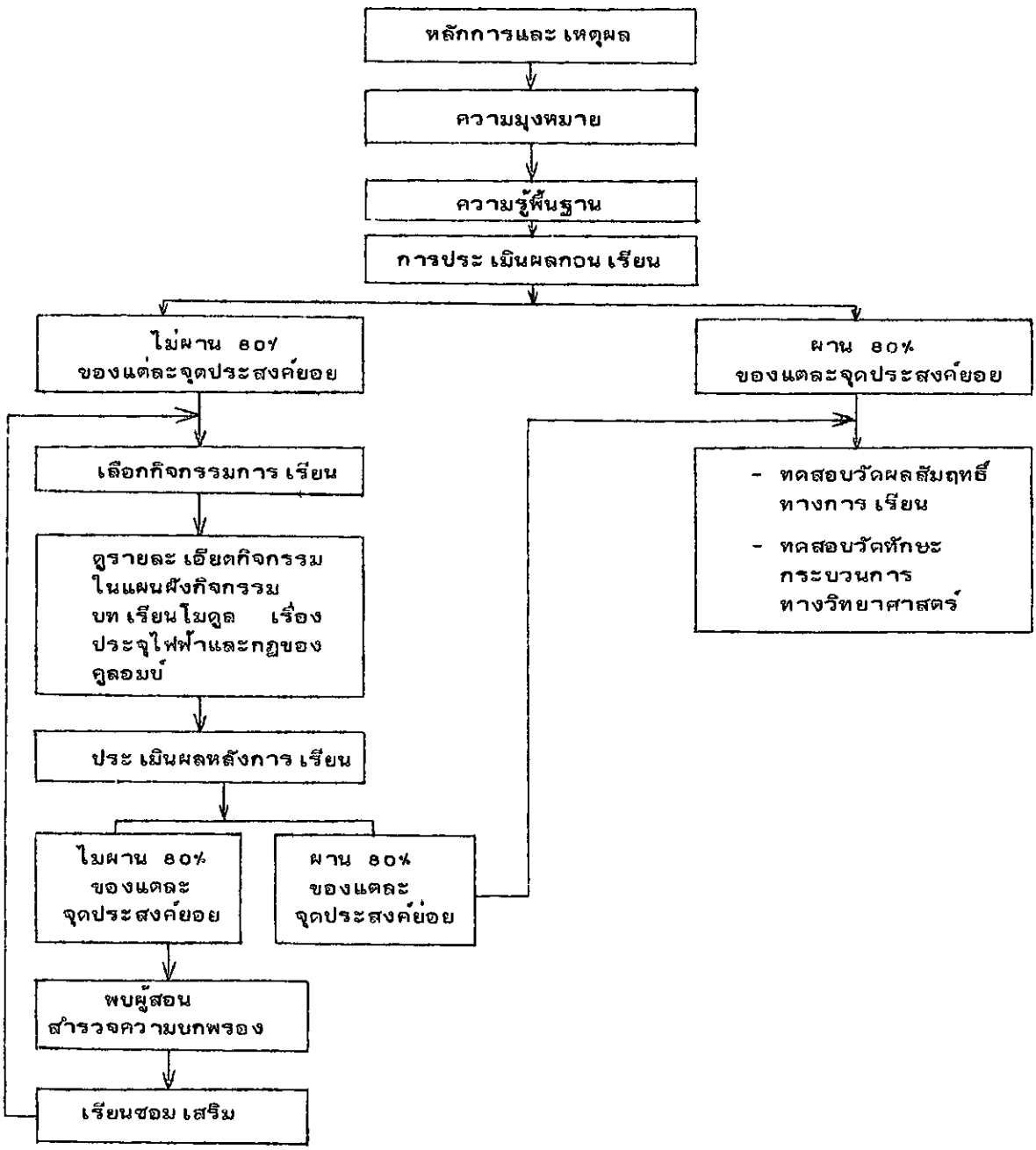
3 การสร้างชุดการสอน เป็นการเตรียมบทเรียนในรูปของชุดการสอน เพื่อใช้สอนตามปกติ ซึ่งประกอบด้วย คู่มือครู บันทึกการสอน อุปกรณ์การสอน และแบบฝึกหัด โดยใช้เนื้อหาและจุดมุ่งหมายเดียวกับที่ใช้ในบทเรียนโมดูลวิชาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

<u>การดำเนินการทดลอง</u>

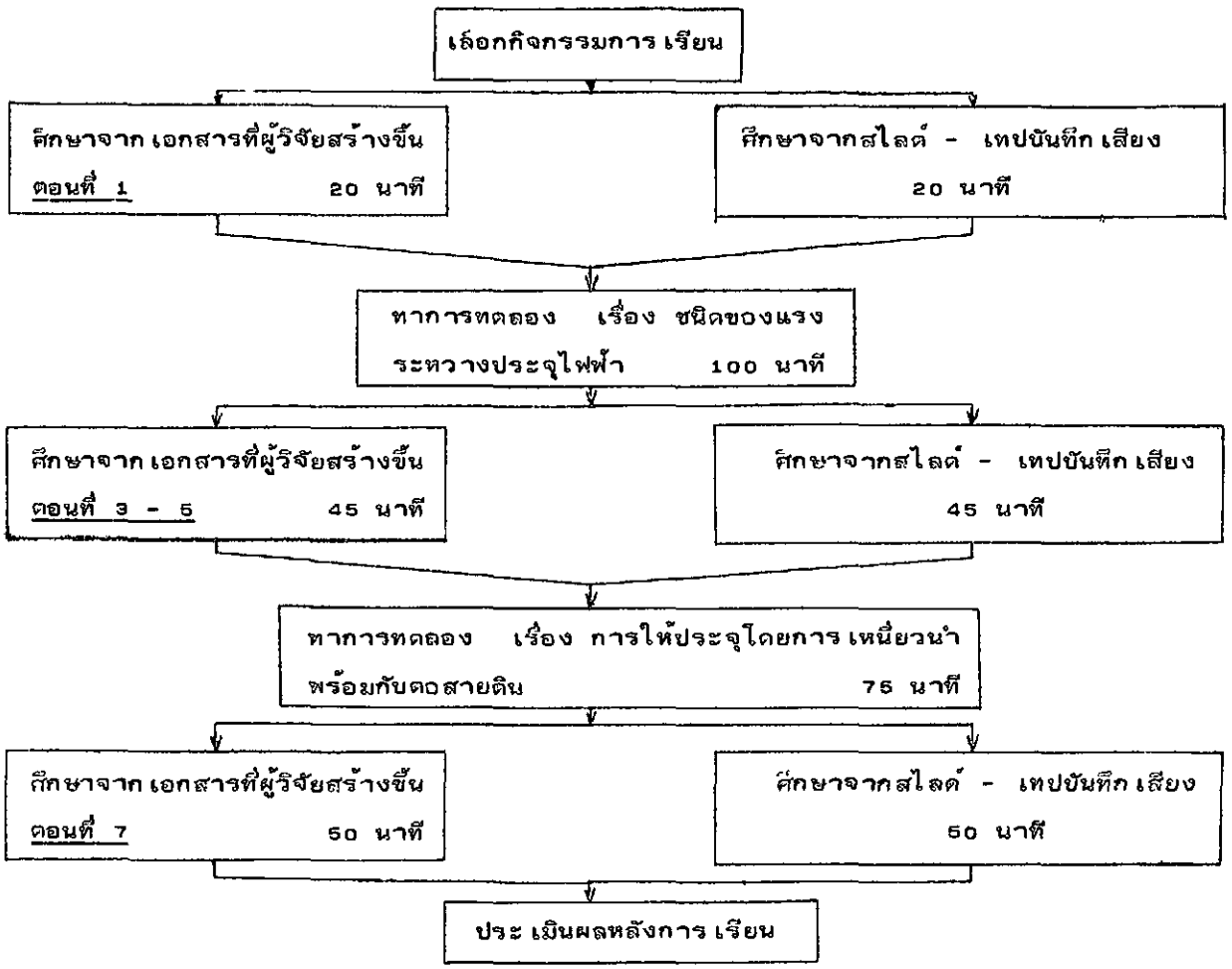
ผู้วิจัยดำเนินการทดลองดังนี้คือ

1 ทำการทดสอบก่อนการเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้เนื้อหาและจุดมุ่งหมายเดียวกัน โดยอาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์ของโรงเรียนหนึ่งท่าน เป็นผู้สอนกลุ่มควบคุมด้วยวิธีสอนตามปกติ และผู้วิจัยเป็นผู้สอนกลุ่มทดลองโดยใช้บทเรียนโมดูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการตามแผนภาพ ดังนี้ (ดูภาพประกอบ 1 และภาพประกอบ 2) โดยใช้เวลาสอนจนจบเนื้อหา 6 คาบ คาบละ 50 นาที



ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการ เรียนการสอน โดยใช้บท เรียนโมดูล เรื่อง ประจุไฟฟ้า และ กฎของคูลอมบ์



ภาพประกอบ 2 กิจกรรมการเรียนบทเรียนโมดูล เรื่อง ประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์

3 ทำการทดสอบภายหลังการเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหนึ่งฉบับ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกหนึ่งฉบับ โดยทดสอบตามเนื้อหา เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ใช้เวลาทดสอบฉบับละ 30 นาที

4 นำผลจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งก่อนการเรียนและภายหลังการเรียน และผลจากการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ

5 การดำเนินการทดลองกระทำในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2526

<u>วิธีวิเคราะห์ข้อมูล</u>

1 เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

2 เปรียบเทียบความแตกต่างของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม

<u>สถิติที่ใช้ในการวิจัย</u>

1 เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความแตกต่างของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร

$$F = \frac{MS'_{ay}}{MS'_{wy}} \quad , \quad df = (k - 1), (N - k - 1)$$

ในเมื่อ $MS'_{ay} = \frac{SS'_{ay}}{k-1}$

$MS'_{wy} = \frac{SS'_{wy}}{N-k-1}$

SS'_{ay} แทน ผลบวกของกำลังสองของสวนที่เหลือหรือสวนที่ปรับแล้วระหว่างกลุ่ม

SS'_{wy} แทน ผลบวกของกำลังสองของสวนที่เหลือ หรือสวนที่ปรับแล้วภายในกลุ่ม

k แทน จำนวนกลุ่มที่นำมาเปรียบเทียบ

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

๒ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้หลักการหาความคงที่ภายใน ตามวิธีการของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ซึ่งหาสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น ใช้สูตร

$$r_{K-R\ 20} = \frac{K}{K-1}\left(1 - \frac{\Sigma pq}{s^2}\right)$$

เมื่อ $r_{K-R\ 20}$ แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของคนที่ตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้อง

q แทน สัดส่วนของคนที่ตอบแต่ละข้อผิด ($q = 1 - p$)

s^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนของผู้ตอบถูก

$$s^2 = \frac{\Sigma X^2}{N} - \left(\frac{\Sigma X}{N}\right)^2$$

๖ หาคาคะแนนเฉลี่ย โดยคานวณจากสูตร

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จานวนนักเรียนในแตละกลุมตัวอยาง

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

<u>สัญญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้สัญญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$$F = \frac{MS'_{ay}}{MS'_{wy}} \quad , \quad df = (k-1), (N-k-1)$$

$$MS'_{ay} = \frac{SS'_{ay}}{k-1}$$

$$MS'_{wy} = \frac{SS'_{wy}}{N-k-1}$$

SS'_{ay} แทน ผลบวกของกาลังสองของสวนที่เหลือหรือสวนที่ปรับแล้วระหว่างกลุม

SS'_{wy} แทน ผลบวกของกาลังสองของสวนที่เหลือหรือสวนที่ปรับแล้วภายในกลุม

df แทน ชั้นแหงความเป็นอิสระ

K แทน จานวนกลุมที่นามาเปรียบเทียบ

N แทน จานวนนักเรียนทั้งหมดในกลุมตัวอยาง

F แทน คาที่ใช้พิจารณาใน F-distribution

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอตามลำดับ ดังนี้

1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตาราง 1 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

แหล่ง	df	SS'_y	MS'_y	F
ระหว่างกลุ่ม	2-1=1	281 53	281 53	74 09*
ภายในกลุ่ม	75-2-1=72	273 73	3 80	
ทั้งหมด	73	555 26		

*$p < .05, F_{.05}(1,72) = 3.97$

คะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 05

2 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตาราง 2 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แหล่ง	df	SS'_y	MS'_y	F
ระหว่างกลุ่ม	2-1=1	283 53	283 53	30 00*
ภายในกลุ่ม	76-2-1=72	680 51	9 45	
ทั้งหมด	73	964 04		

*$p < .05, F_{.05}(1,72) = 3.97$

คะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 05

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการทดลอง เปรียบเทียบผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งสรุปลาดับขั้นและผลของการศึกษาค้นคว้าได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ ระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล กับการสอนตามปกติ

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1 นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

2 นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2526 จำนวน 75 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 38 คน กลุ่มควบคุม จำนวน 37 คน

2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

2 1 บทเรียนโมดูล เรื่องประจุไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแบบของ ชมพันธ์ กุญชร ณ อยุธยา ประกอบด้วยเนื้อหาสองหัวข้อสำคัญ ๆ คือ ประจุไฟฟ้ากับ แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ ใช้เวลาสอนจนจบเนื้อหา 6 คาบ คาบละ 50 นาที

2 2 แบบทดสอบวัดผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบห้าตัวเลือก แบ่งออกเป็นสองฉบับ คือ

2 2 1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 76

2 2 2 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 71

2 3 ชุดการสอนตามปกติ ประกอบด้วย คู่มือครู บันทึกการสอน อุปกรณ์การสอน และแบบฝึกหัด โดยใช้เนื้อหาและจุดมุ่งหมายเดียวกับที่ใช้ในบทเรียนโมดูล

3 การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มทดลองสอน โดยใช้บทเรียนโมดูล โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอน กลุ่มควบคุมสอนโดยวิธีสอนตามปกติ ซึ่งมีครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์เป็นประจำเป็นผู้สอน ก่อนจะทำการทดลอง มีการทดสอบความรู้พื้นฐานวิชาฟิสิกส์ของทั้งสองกลุ่ม ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้เป็นตัวแปรร่วม (covariate) ทั้งของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นจึงดำเนินการสอน เมื่อทดลองสอนจนครบเนื้อหาตามที่กำหนดไว้แล้ว จึงทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกับที่ใช้ทดสอบก่อนดำเนินการสอน และทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการทดลอง

1 นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2 นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติจากการวิจัยครั้งนี้ พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ นับว่าเป็นการสนับสนุนให้เห็นประโยชน์ของบทเรียนโมดูลอย่างปรากฏชัดเจน และช่วยยืนยันผลการวิจัยที่ผ่านมาทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มีผลสรุปทำนองเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะคุณสมบัติที่ดีต่าง ๆ ของบทเรียนโมดูล เช่น

1 เน้นตัวผู้เรียน เป็นศูนย์กลางของกิจกรรม และความต้องการของผู้เรียน เป็นสิ่งกำหนดกิจกรรม ซึ่งหมายถึงกิจกรรมในบทเรียนโมดูลที่จัดขึ้น เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายนั้นมีหลายกิจกรรม และตัวผู้เรียนสามารถเลือกทำกิจกรรมได้ตามความต้องการของตน ทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ นับเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจใฝ่หาความรู้มากขึ้นตามไปด้วย

2 ผู้เรียนทราบความก้าวหน้าของตนเป็นระยะ ๆ กล่าวคือ ในกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล จะมีการประเมินผลก่อนเรียนทำให้ทราบความรู้พื้นฐาน และการเลือกกิจกรรมที่ถูกต้อง หลังจากจบบทเรียน ก็มีการประเมินผลหลังการเรียนเพื่อทราบว่า ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์หรือไม่ ถ้าไม่ผ่านจุดประสงค์จะต้องเรียนซ่อมเสริมหัวข้อใดอย่างไร นอกจากนี้ ในขณะที่ผู้เรียนกำลังเรียนอยู่ในบทเรียนโมดูล ผู้เรียนก็จะรู้ผลของการกระทำของตนเป็นระยะ ๆ การรู้ผลของการกระทำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้เรียน เพราะจะช่วยให้รู้จักตั้งระดับการคาดหวังที่ตรงกับความเป็นจริง เป็นพื้นฐานให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จ

3 ขั้นตอนในการสร้างบทเรียนโมดูล เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการวางแผนงานด้วย ช่วยให้ผู้เรียนทราบจุดมุ่งหมายของบทเรียน นอกจากนี้ยังทำให้ลักษณะของวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการเรียนรู้ต่าง ๆ เป็นไปอย่างท้าทาย และผู้เรียนสามารถทำได้ ซึ่งทำให้ผู้เรียนมองเห็นคุณค่าของการกระทำเพื่อให้บรรลุเป้าหมายนั้น ๆ

4 บทเรียนโมดูลเน้นถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเต็มความสามารถ ผู้ที่เรียนเก่งอาจเลือกกิจกรรมและเนื้อหาที่ล้ำหน้ากว่าได้ สำหรับผู้เรียนบางคนที่ต้องการความช่วยเหลือเป็นพิเศษก็จะได้รับการตอบสนองจนผู้เรียนประสบผลสำเร็จถึงจุดหมายที่ต้องการ

จากคุณสมบัติที่ดีของบทเรียนโมดูลข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า บทเรียนโมดูลมีการจัดประสบการณ์การเรียน เพื่อให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จ ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจ รู้จักการตั้ง

ความหวังที่ตรงกับความเป็นจริง เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในทางที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการสอน โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติของ นิยม ทองอุดม ซึ่งได้ทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องบรรยากาศ ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การวิจัยของ อดุลย์ เพียรเสมอ พบว่า นักเรียนที่เรียนวิชาสังคมศึกษา เรื่องการเข้าใจแผนที่ ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ม 1) โดยใช้บทเรียนโมดูล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการวิจัยของ ศุลีพร นิมิตกุล ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาสุขศึกษา ชั้นประถมปีที่ 4 เรื่องโรคติดต่อ พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงพอสรุปได้ว่า วิธีสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล สามารถใช้แทนการสอนตามปกติได้

ในส่วนของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเป็นผลมาจาก การสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลสอดคล้องกับหลักการและพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้ทักษะ ซึ่งมีการวิจัยจำนวนมากได้พยายามศึกษาค้นคว้า และหาความสำคัญที่จะศึกษาถึงพื้นฐานในการเรียนรู้ทักษะพอสมควร พอสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

1 ในการเรียนรู้ทักษะใด ๆ ก็ตาม ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้ขั้นตอนต่าง ๆ ของทักษะนั้นเสียก่อน ทั้งผู้สอนและผู้เรียนต้องพยายามวิเคราะห์ทักษะ และอธิบายถึงสิ่งที่คาดหวังว่าจะเกิดขึ้น

2 กระบวนการสำคัญในการเรียนรู้ทักษะต้องมีการฝึกฝน เพราะการฝึกฝนช่วยประสานภารกิจย่อยของทักษะย่อยต่าง ๆ เป็นทักษะใหญ่

3 การรู้ผลของการฝึกฝน จะช่วยให้ทราบถึงการกระทำที่ถูกต้องและสมควรทำต่อไป ส่วนสิ่งที่ไม่ถูกต้องจะได้ละเว้นเสีย

4 การสอนทักษะต้องมีการตรวจสอบความสามารถเบื้องต้นของผู้เรียนในทักษะที่จะสอน เพื่อจะได้วางแผนพิจารณาว่าจะเพิ่มความสามารถตอนใดของนักเรียนเป็นพิเศษ

จากพื้นฐานในการเรียนรู้ทักษะทั้งสี่ประการข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการทางการเรียนการสอน โดยใช้บทเรียนโมดูลแล้ว จะเห็นว่าสอดคล้องกัน กล่าวคือ ผู้สอนและผู้เรียนมีการวางแผนงานร่วมกัน ทำให้รู้ขั้นตอนต่าง ๆ รวมทั้งวัตถุประสงค์อันเป็นจุดหมายปลายทางด้วย ผู้เรียนและผู้สอนสามารถอธิบายถึงทักษะและสิ่งที่คาดหวังว่าจะเกิดขึ้นได้อยู่แล้วก่อนจะเรียนก็มีการประเมินผลเบื้องต้น เพื่อทราบความสามารถของนักเรียน พร้อมทั้งเป็นการสำรวจหาวิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในส่วนที่ยังขาดอยู่ด้วย ขณะทำการศึกษาในบทเรียน ผู้เรียนมีโอกาสที่จะเลือกกระทำกิจกรรมได้ตามความสามารถ ทำให้มีโอกาสฝึกฝนทักษะต่าง ๆ โดยไม่ขึ้นกับผู้ที่มีความสามารถดีกว่าหรือด้อยกว่า และเมื่อทำการฝึกฝนไปแล้วก็สามารถรู้ผลของการฝึกฝนนั้นทันที เช่น จากการประเมินผลภายหลังการเรียน อันเป็นกระบวนการที่สำคัญอันหนึ่งของบทเรียนโมดูล จึงพอสรุปได้ว่า ในการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น สามารถใช้วิธีสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล แทนการสอนตามปกติได้

<u>ข้อเสนอแนะทั่วไป</u>

1 จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ แสดงว่าบทเรียนโมดูลมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิชาพิสิกส์ในปัจจุบัน สามารถใช้บทเรียนโมดูล

ช่วยแก้ปัญหาในการเรียนการสอนได้ เช่น ปัญหาเนื่องจากครูขาด ซึ่งอาจเป็นกรณีที่ครูลาราชการ หรือโรงเรียนขาดครูที่จะสอน ปัญหาการใช้เวลาว่างโดยเปล่าประโยชน์ของนักเรียน ซึ่งจะทำให้มีปัญหาทางด้านการปกครองเกิดขึ้นด้วย ปัญหาเหล่านี้ถ้าได้นำบทเรียนโมดูลมาช่วยแก้ไขก็จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษามาก จึงเห็นควรที่ครูผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ครูสายสนับสนุนการสอน และผู้บริหารโรงเรียน สงเสริม รวมมือกันจัดทำบทเรียนโมดูลเพื่อนำไปใช้ให้แพร่หลายต่อไป

2 จากหลักเกณฑ์การใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 กำหนดให้โรงเรียนจัดสอนซ่อมเสริมให้กับเด็กที่เรียนอ่อนหรือเรียนช้า เพื่อให้เด็กเหล่านั้นสามารถสอบผ่าน และมีความรู้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งการสอนซ่อมเสริมนี้เป็นการเพิ่มภาระให้กับครูผู้สอนขึ้นอีก เพราะโดยปกติครูต้องมีหน้าที่รับผิดชอบทั้งงานสอนประจำ และงานพิเศษอื่น ๆ ในโรงเรียนมากพออยู่แล้ว ถ้ามีการนำบทเรียนโมดูลมาใช้ในการสอนซ่อมเสริม ก็นับว่ามีประโยชน์และเหมาะสมกับเด็กโดยตรง เพราะจากบทเรียนโมดูลเน้นที่ความแตกต่างของตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ ทั้งยังช่วยแบ่งเบาภาระของครูลงไปได้ ทำให้ครูมีเวลาในการปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3 จากผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่า ในกระบวนการเรียนการสอนนั้น นอกจากจะมีวิธีสอนที่ใช้อยู่เป็นประจำแล้ว ยังมีวิธีสอนอื่น ๆ อีกหลายวิธี ที่มีคุณภาพทัดเทียมหรือดีกว่าวิธีสอนที่กำลังใช้อยู่ ครูผู้สอนจึงควรถือเป็นหน้าที่ที่ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขวิธีสอนของตนให้เหมาะสมกับตัวนักเรียนและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อให้เด็กเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปตามเป้าหมายที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ และได้ผลดี

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยที่ใช้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์เพียงสองหัวข้อสั้น ๆ และใช้เวลาสอนหกคาบเท่านั้น ถ้ามีการวิจัยโดยเพิ่มเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ให้มากขึ้น และใช้เวลาสอนให้นานขึ้นด้วย เช่นหนึ่งเดือน หรือหนึ่งภาคเรียน ก็นับว่าเป็นการวิจัยที่น่าสนใจ และควรกระทำ เพราะการใช้เวลาในการทดลองมากจะมีโอกาสศึกษาในสภาพที่เด็กไม่คุ้นตัวกับวิธีการสอนแบบใช้บทเรียนโมดูล มีโอกาสศึกษาถึงสภาพที่เด็กเคยชินกับการเรียนโดยวิธีนี้ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยทราบข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นอีก เช่น เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ระดับความสนใจต่าง ๆ ความเป็นไปได้และความเหมาะสม เมื่อนำบทเรียนโมดูลมาใช้ในวิชาฟิสิกส์เหล่านี้เป็นต้น

นอกจากนั้นควรได้มีการวิจัยเปรียบเทียบการใช้บทเรียนโมดูลในวิชาฟิสิกส์ โดยสร้างบทเรียนที่ใช้เวลาสอนต่างกัน เพื่อศึกษาว่าการใช้บทเรียนโมดูลในการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้นควรใช้เวลานานประมาณเท่าใด ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับการนำบทเรียนโมดูลไปใช้ในโอกาสอันเหมาะสม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กาญจนา เกียรติประวัติ นวัตกรรมทางการศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ม ป ป 216 หน้า

กาญจนา อินทรสุนานนท์ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เพลงพื้นบ้านภาคกลาง ในระดับปริญญาตรี โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2526 47 หน้า อัดสำเนา

กิจสุวัฒน์ หงส์เจริญ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 วิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้หนวยการเรียนการสอนกับการสอนโดยจุดประสงค์ ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2526 49 หน้า อัดสำเนา

ชมพันธุ์ กุญชร ณ อยุธยา หนวยการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนวิชาทฤษฎีและการปฏิบัติการหลักสูตร 2519, 11 หน้า อัดสำเนา

ชวาล แพรัตกุล เทคนิคการเขียนข้อสอบ ม ป ท 2520 407 หน้า

_____ เทคนิคการวัดผล วัฒนาพานิช 2518, 434 หน้า

ชูศรี วงศ์รัตนะ เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย พิมพ์ครั้งที่ 3 โรงพิมพ์และทำปกเจริญผล 2527 370 หน้า

นิยม ทองอุดม การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง บรรยากาศโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2520 35 หน้า อัดสำเนา

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ การวัดและประเมินผลการศึกษา 2519 212 หน้า อัดสำเนา

บุญมี ก้อนทอง บทเรียนโมดูลเพื่อเสริมความรู้ วิทยาสาร 26 21 - 23 กุมภาพันธ์ 2518

ประคอง กรรณสูต สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ บรรณกิจ 2525 344 หน้า

พยอม ดันมณี การศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการสอนด้วยตาราเรียนวิชาจิตวิทยาการศึกษาในรูปเชิงปัญหา กับรูปแบบที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2524 162 หน้า

มงคล บุญประเสริฐ การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2525, 21 หน้า อัดสำเนา

เย็นใจ เลาหวณิช ฟิสิกส์ยุคใหม่เบื้องต้น ประชาชน (แผนกพิมพ์) 2515 308 หน้า

วสันต์ อติศัพท์ นวกรรมการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี 2524 180 หน้า

วิเชียร เกตุสิงห์ สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย ไทยวัฒนาพานิช 2526 187 หน้า

วิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคม วิทยาศาสตร์ 200 ปี รัตนโกสินทร์ กราฟิคอาร์ต 2525 224 หน้า

_____ การประชุมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของคณะครู-อาจารย์ในระดับมัธยมศึกษา บารมีการพิมพ์ 2524 137 หน้า

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 6 โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2525 75 หน้า อัดสำเนา

ศรีนครินทรวิโรฒ มหาวิทยาลัย ประสานมิตร การประเมินผลสัมมนาปฏิบัติการใช้โมดูลในการสอนชีววิทยา และวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 28 ตุลาคม - 2 พฤศจิกายน 2517 5 หน้า อัดสำเนา

ศุลีพร นิมิตกุล การเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาสุขศึกษาชั้นประถมปีที่ 4 เรื่อง โรคติดต่อ โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ.ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2521, 65 หน้า อัดสำเนา

สงา รุงเรือง การศึกษาเปรียบเทียบการสอน เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันในระดับชั้น ป กศ สูง โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2520 33 หน้า อัดสำเนา

สุภาพ วาดเขียน เครื่องมือวิจัยทางสังคมศาสตร์ ไทยวัฒนาพานิช 2525 68 หน้า

สุภาลักษณ์ พงษ์สุธรรม การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เมตริกซ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้หน่วยการเรียนการสอนกับการสอนตามปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2523, 37 หน้า อัดสำเนา

สง เสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบัน คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ เลม 4 ว 024 โรงพิมพ์คุรุสภา 2525 236 หน้า

_____ แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เลม 4 ว 024 โรงพิมพ์คุรุสภา 2525 96 หน้า

ไสภาพรรณ อมตะเดชะ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปประดิษฐ์ ในระดับปริญญาตรี โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ ม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2526 48 หน้า อัดสำเนา

อนันต์ ศรีไสภา สถิติเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 2 ไทยวัฒนาพานิช 2525 436 หน้า

_____ หลักการวิจัยเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 2 วัฒนาพานิช 2521, 430 หน้า

Chen, Min. Physics Problem. New Delhi, Prentice-Hall of India Private Limited, 1981. 355 p.

Cheung, P.H. and Max Steinberg. Examples and Exercises in Multiple Choice Physics (SI). 2nd ed., Hong Kong, Overseas, 1979. 179 p

Cheung, P.H. and others. Ordinary Level Examples in Physics (SI) 3rd ed., Hong Kong, Overseas, 1981. 373 p.

Fan, Chung-Teh. Item Analysis Table. New Jersey, Education Testing Service, Princeton, 1952. 32 p.

Ferguson, George A. Statistical Analysis in Psychology and Education. 5th ed., New York, McGraw-Hill Book, 1981. 549 p.

Hill, Allen Eugene "A Comparative Study of the Effects of A Human Sciences Program Module and Traditional Science Classes on Pupil's Logical Thinking Skills and Attitude toward Their Science Course," Dissertation Abstracts International. 42 . 3353-A - 3354-A, Michigan, Ann Arbor, 1982.

Houston, Robert W. and others. Development Instruction Module. Houston, Texas, College of Education University of Texas , 1972. 188 p.

Lawrence, Gardon. Florida Modules on Generic Teacher Competencies. Module on Modules. Florida, University of Florida Gainesville, 1973. 26 p.

Musgrove, Phyllis Poague. "Effect of the Use of Modular Instruction on Pre-Service Achievement in Secondary Education Method Classes," Dissertation Abstracts International. 37 4297-A, Michigan, Ann Arbor, 1977

Robertson, Joseph Devert. "An Experiment Evaluation of the Comparision of Mathematics Modules with in Individualized Guide and Textbook for Mathematics," Dissertation Abstracts International. 36 . 5112-A, Michigan, Ann Arbor, 1976.

Seax, Fremcis Weston. Electricity and Magnetism. 6th ed., Sincapore, Addison-Wesley Puhlishing Company, 1977. 460 p.

Semat, Henry. Fundamentals of Physics. 4th ed., Chicaco, Holt, Reinhart and Winston, Inc., 1966. 753 p.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์แบบทดสอบ และข้อมูล

ตารางแสดงค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	ความยากง่าย p	อำนาจจำแนก r
1	75	34
2	34	32
3	38	66
4	64	35
5	25	45
6	33	41
7	59	25
8	33	48
9	36	52
10	44	36
11	57	21
12	71	47
13	70	30
14	58	43
15	36	31
16	25	45
17	33	30
18	59	41
19	41	25
20	40	33

ตารางแสดงค่าความยาก (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ความยากง่าย p	อำนาจจำแนก r
1	70	30
2	29	47
3	55	26
4	33	35
5	67	35
6	76	43
7	25	45
8	39	46
9	57	57
10	43	57
11	44	50
12	29	28
13	44	28
14	30	43
15	25	34
16	33	35
17	49	22
18	71	40
19	24	30
20	36	31

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$$r_{K\text{-}R\ 20} = \frac{K}{K-1}\left(1 - \frac{\Sigma pq}{S^2}\right)$$

$K = 20$

$\Sigma pq = 4.51$

$S^2 = 15.67$

$$r_{K\text{-}R\ 20} = \frac{20}{19}\left(1 - \frac{4.51}{15.67}\right)$$

$$= \frac{20}{19}(0.7121)$$

$$r_{K\text{-}R\ 20} = .7496$$

2 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

$$r_{K\text{-}R\ 20} = \frac{K}{K-1}\left(1 - \frac{\Sigma pq}{S^2}\right)$$

$K = 20$

$S^2 = 13.45$

$\Sigma pq = 4.34$

$$r_{K\text{-}R\ 20} = \frac{20}{19}\left(1 - \frac{4.34}{13.45}\right)$$

$$r_{K\text{-}R\ 20} = \frac{20}{19}(.6744)$$

$$r_{K\text{-}R\ 20} = 0.7131$$

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม		
คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_{11})	คะแนนหลังเรียน (Y_{11})	คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_{12})	คะแนนหลังเรียน (Y_{12})
1	6	15	1	5	8
2	6	9	2	7	10
3	7	13	3	4	8
4	4	12	4	8	8
5	4	16	5	4	8
6	6	6	6	6	7
7	8	10	7	5	4
8	5	13	8	6	6
9	6	11	9	6	5
10	5	12	10	7	9
11	6	13	11	9	7
12	6	8	12	7	6
13	7	6	13	5	4
14	5	13	14	6	4
15	5	7	15	4	8
16	4	8	16	4	7
17	6	12	17	5	15
18	8	6	18	4	6

กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม		
คนที่	คะแนนก่อน เรียน (X_{i1})	คะแนนหลัง เรียน (Y_{i1})	คนที่	คะแนนก่อน เรียน (X_{i2})	คะแนนหลัง เรียน (Y_{i2})
19	5	15	19	6	5
20	5	13	20	3	6
21	2	8	21	6	11
22	7	11	22	3	8
23	9	13	23	3	9
24	4	17	24	7	8
25	3	16	25	5	12
26	2	13	26	3	4
27	2	10	27	1	5
28	5	9	28	7	4
29	3	5	29	4	8
30	4	13	30	1	3
31	3	8	31	4	3
32	8	16	32	4	13
33	4	8	33	4	7
34	6	11	34	5	2
35	3	5	35	3	8
36	8	13	36	3	6
37	4	11	37	5	8
38	3	12			
	$\sum X_{i1} = 194$	$\sum Y_{i1} = 417$		$\sum X_{i2} = 179$	$\sum Y_{i2} = 260$

วิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ดังนี้

1 หาคะแนนรวมต่าง ๆ

1 1 T_x = คะแนนรวม X ของคนทั้งหมดทุกกลุ่ม

$$T_x = \sum_{i=1}^{38} X_{i1} + \sum_{i=1}^{37} X_{i2}$$

$$T_x = 194 + 179 = 373$$

1 2 T_y = คะแนนรวม Y ของคนทั้งหมดทุกกลุ่ม

$$T_y = \sum_{i=1}^{38} Y_{i1} + \sum_{i=1}^{37} Y_{i2}$$

$$T_y = 417 + 260 = 677$$

1 3 T_{xy} = คะแนนรวมของผลคูณระหว่างคะแนน X กับ Y ของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม

$$T_{xy} = \sum_{i=1}^{38} (X_{i1})(Y_{i1}) + \sum_{i=1}^{37} (X_{i2})(Y_{i2})$$

$$T_{xy} = 3429$$

1 4 N = จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

$$N = n_1 + n_2$$

$$N = 75$$

๒. หา SS_x หรือ $\sum x^2$ ทุกสวน ดังนี้

๒ ๑ หา SS_{tx} หรือ $\sum x^2$ ของทั้งหมด ดังนี้

$$SS_{tx} = \sum x^2 - \frac{(T_x)^2}{N}$$

$$SS_{tx} = 2097 - \frac{(373)^2}{75}$$

$$SS_{tx} = 241.95$$

๒ ๒ หา SS_{ax} หรือ $\sum x^2$ ของระหว่างกลุม ดังนี้

$$SS_{ax} = \sum_{j=1}^{2} \frac{(\sum x_j)^2}{n_j} - \frac{(T_x)^2}{N}$$

$$SS_{ax} = \frac{(194)^2}{38} + \frac{(179)^2}{37} - \frac{(373)^2}{75}$$

$$SS_{ax} = 1.34$$

๒ ๓ หา SS_{wx} หรือ $\sum x^2$ ภายในกลม ดังนี้

$$SS_{wx} = SS_{tx} - SS_{ax}$$

$$SS_{wx} = 241.95 - 1.34$$

$$SS_{wx} = 240.61$$

๓ หา SS_y หรือ $\sum y^2$ ของทุกสวน ดังนี้

๓ ๑ หา SS_{ty} หรือ $\sum y^2$ ของทั้งหมด

$$SS_{ty} = \sum y^2 - \frac{(T_y)^2}{N}$$

$$SS_{ty} = 7091 - \frac{(677)^2}{75}$$

$$SS_{ty} = 979.95$$

๓ ๒ หา SS_{ay} หรือ $\sum y^2$ ของระหว่างกลุ่ม ดังนี้

$$SS_{ay} = \sum_{j=1}^{2} \frac{(\Sigma y_j)^2}{n_j} - \frac{(T_y)^2}{N}$$

$$SS_{ay} = \frac{(417)^2}{38} + \frac{(260)^2}{37} - \frac{(677)^2}{75}$$

$$SS_{ay} = 292.01$$

๓.๓ หา SS_{wy} หรือ $\sum y^2$ ภายในกลุ่ม ดังนี้

$$SS_{wy} = SS_{ty} - SS_{ay}$$

$$SS_{wy} = 979.95 - 292.01$$

$$SS_{wy} = 687.94$$

4 หาคา $\sum xy$ ของทุกสวน ดังนี้

4 1 หา $\sum (xy)_t$ ซึ่ง เป็นผลรวมของคะแนน x คูณกับ y ทั้งหมด

$$\sum (xy)_t = \Sigma xy - \frac{\Sigma x . \Sigma y}{N}$$

$$\sum (xy)_t = 3249 - \frac{373 \times 677}{75}$$

$$\sum (xy)_t = 62.05$$

4 2 หา $\sum (xy)_a$ ซึ่ง เป็นผลรวมของผลคูณระหวางคะแนน x กับ y ระหวางกลุ่ม ดังนี้

$$\sum (xy)_a = \sum_{j=1}^{2} \frac{(T_{xj} \cdot T_{yj})}{n_j} - \frac{Tx . Ty}{N}$$

$$\sum (xy)_a = \frac{194 \times 417}{38} + \frac{179 \times 260}{37} - \frac{373 \times 677}{75}$$

$$\sum (xy)_a = 19.78$$

4 3 หา $\sum (xy)_w$ ซึ่ง เป็นผลรวมของผลคูณระหวางคะแนน x กับ y ภายในกลุ่ม ดังนี้

$$\sum (xy)_w = \sum (xy)_t - \sum (xy)_a$$

$$\sum (xy)_w = 62.05 - 19.78$$

$$\sum (xy)_w = 42.27$$

๕ สรุปผลการคำนวณเบื้องต้น

แหล่ง	$\sum_x^2$	$\sum_y^2$	$\sum_{xy}$
ระหว่างกลุ่ม (a)	1 34	292.01	19.78
ภายในกลุ่ม (w)	240 61	687.94	42.27
ทั้งหมด (t)	241.95	979.95	62.05

๖ หาค่า SS_y ที่ปรับแล้ว หรือ SS'_yของทุกสวน ดังนี้

$$SS_y = \Sigma(y')^2 = \Sigma y^2 - \frac{(\Sigma xy)^2}{\Sigma x^2}$$

6.1 $$SS'_{ty} = \sum_{y_t}^2 - \frac{(\Sigma xy_t)^2}{\Sigma x_t^2}$$

$$SS'_{ty} = 979.95 - \frac{(62.05)^2}{241.95}$$

$$SS'_{ty} = 964.04$$

6.2 $$SS'_{wy} = \sum y_w^2 - \frac{(\Sigma xy_w)^2}{\Sigma x_w^2}$$

$$SS'_{wy} = 687.94 - \frac{(42.27)^2}{240.61}$$

$$SS'_{wy} = 680.51$$

6.3 $$SS'_{ay} = SS_{ty} - SS_{wy}$$

$$SS'_{ay} = 964.04 - 680.51$$

$$SS'_{ay} = 283.53$$

7 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมได้ดังนี้

แหล่ง	df	SS_y, $(\Sigma y'^2)$	MS'_y	F
ระหว่างกลุ่ม	$(K-1) = 2-1$	$SS'_{ay} = 283.53$	$MS'_{ay} = \frac{283.53}{1}$	$\frac{MS'_{ay}}{MS'_{wy}} = 30.00^*$
	$= 1$		$= 283.53$	
ภายในกลุ่ม	$N-K-1 = 75-2-1$	$SS'_{wy} = 680.51$	$MS'_{wy} = \frac{680.51}{72}$	
			$= 9.45$	
ทั้งหมด	$N-2 = 75-2$	$SS'_{ty} = 964.04$		
	$= 73$			

*$p < .05$; $F_{.05}(1,72) = 3.97$

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม		
คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_{11})	คะแนนหลังเรียน (Y_{11})	คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_{12})	คะแนนหลังเรียน (Y_{12})
1	6	10	1	5	6
2	6	9	2	7	9
3	7	13	3	4	8
4	4	8	4	8	5
5	4	14	5	4	7
6	6	7	6	6	5
7	8	9	7	5	3
8	5	9	8	6	8
9	6	6	9	6	5
10	5	9	10	7	6
11	6	11	11	9	6
12	6	13	12	7	6
13	7	8	13	5	8
14	5	13	14	6	7
15	5	9	15	4	5
16	4	10	16	4	6
17	6	11	17	5	9
18	8	13	18	4	7
19	5	12	19	6	6
20	5	11	20	3	6

กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม		
คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_{11})	คะแนนหลังเรียน (Y_{11})	คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_{12})	คะแนนหลังเรียน (Y_{12})
21	2	6	21	6	8
22	7	11	22	3	4
23	9	13	23	3	7
24	4	11	24	7	7
25	3	15	25	5	6
26	2	11	26	3	8
27	2	9	27	1	3
28	5	10	28	7	7
29	3	9	29	4	6
30	4	13	30	1	5
31	3	10	31	4	6
32	8	9	32	4	7
33	4	6	33	4	5
34	6	7	34	5	8
35	3	7	35	3	6
36	8	13	36	3	5
37	4	11	37	5	6
38	3	12			
	$\sum X_{11} = 194$	$\sum Y_{11} = 388$		$\sum X_{12} = 179$	$\sum Y_{12} = 232$

วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Analysis of Covariance) ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ดังนี้

1 หาคะแนนรวมต่าง ๆ

1.1 T_x = คะแนนรวม X ของคนทั้งหมดทุกกลุ่ม

$$T_x = \sum_{i=1}^{38} X_{i1} + \sum_{i=1}^{37} X_{i2}$$

$$T_x = 194 + 179 = 373$$

1.2 T_y = คะแนนรวม Y ของคนทั้งหมดทุกกลุ่ม

$$T_y = \sum_{i=1}^{38} Y_{i1} + \sum_{i=1}^{37} Y_{i2}$$

$$T_y = 388 + 232 = 620$$

1.3 T_{xy} = ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนน X กับ Y ของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม

$$T_{xy} = \sum_{i=1}^{38} (X_{i1})(Y_{i1}) + \sum_{i=1}^{37} (X_{i2})(Y_{i2})$$

$$T_{xy} = 3152$$

1.4 N = จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

$$N = n_1 + n_2$$

$$N = 75$$

๒ หา SS_x หรือ Σx^2 ทุกส่วน ดังนี้

๒ ๑ หา SS_{tx} หรือ Σx^2 ของทั้งหมด ดังนี้

$$SS_{tx} = \Sigma x^2 - \frac{(T_x)^2}{N}$$

$$SS_{tx} = 2097 - \frac{(373)^2}{75}$$

$$SS_{tx} = 241.95$$

๒ ๒ หา SS_{ax} หรือ Σx^2 ของระหว่างกลุ่ม ดังนี้

$$SSa_x = \sum_{j=1}^{2} \frac{(\sum x_j)^2}{n_j} - \frac{(T_x)^2}{N}$$

$$SS_{ax} = \frac{(194)^2}{38} + \frac{(179)^2}{37} - \frac{(373)^2}{75}$$

$$SS_{ax} = 1.34$$

๒ ๓ หา SS_{wx} หรือ Σx^2 ภายในกลุ่ม ดังนี้

$$SS_{wx} = SS_{tx} - SS_{ax}$$

$$SS_{wx} = 241.95 - 1.34$$

$$SS_{wx} = 240.61$$

๓ หา SS_y หรือ Σy^2 ของทุกส่วน ดังนี้

๓ ๑ หา SS_{ty} หรือ Σy^2 ของทั้งหมด

$$SS_{ty} = \Sigma y^2 - \frac{(T_y)^2}{N}$$

$$SS_{ty} = 5700 - \frac{(620)^2}{75}$$

$$SS_{ty} = 574.67$$

๓ ๒ หา SS_{ay} หรือ Σy^2 ของระหว่างกลุ่ม ดังนี้

$$SS_{ay} = \sum_{j=1}^{2} \frac{(\Sigma y_j)^2}{n_j} - \frac{(T_y)^2}{N}$$

$$SS_{ay} = \frac{(388)^2}{38} + \frac{(232)^2}{37} - \frac{(620)^2}{75}$$

$$SS_{ay} = 291.05$$

๓ ๓ หา SS_{wy} หรือ Σy^2 ภายในกลุ่ม ดังนี้

$$SS_{wy} = SS_{ty} - SS_{ay}$$

$$SS_{wy} = 574.67 - 291.05$$

$$SS_{wy} = 283.62$$

๔ หาค่า Σxyของทุกส่วน ดังนี้

๔ ๑ หา $\Sigma(xy)_t$ ซึ่งเป็นผลรวมของคะแนน X คูณกับ Y ทั้งหมด

$$\Sigma(xy)_t = \Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{N}$$

$$\Sigma(xy)_t = 3152 - \frac{373 \times 620}{75}$$

$$\Sigma(xy)_t = 68.53$$

๔.๒ หา $\Sigma(xy)_a$ ซึ่งเป็นผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนน กับ ระหว่างกลุ่ม ดังนี้

$$\Sigma(xy)_a = \sum_{j=1}^{2} \frac{(T_{xj}\ T_{yj})}{n_j} - \frac{T_x . T_y}{N}$$

$$\Sigma(xy)_a = \frac{194 \times 388}{38} + \frac{179 \times 232}{37} - \frac{373 \times 620}{75}$$

$$\Sigma(xy)_a = 19.75$$

4 3 หา $\Sigma(xy)_w$ ซึ่งเป็นผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนน X กับ Y ภายในกลุ่ม ดังนี้

$$\Sigma(xy)_w = \Sigma(xy)_t - \Sigma(xy)_a$$

$$\Sigma(xy)_w = 68.53 - 19.75$$

$$\Sigma(xy)_w = 48.78$$

5 สรุปผลการคำนวณเบื้องต้น

แหล่ง	$\Sigma_x 2$	$\Sigma_y 2$	Σ_{xy}
ระหว่างกลุ่ม (a)	1.34	291.05	19.75
ภายในกลุ่ม (w)	240.61	283.62	48.78
ทั้งหมด (t)	241.95	574.67	68.53

6 หาค่า SS_y ที่ปรับแล้ว หรือ SS'_y ของทุกส่วน ดังนี้

$$SS'_y = \Sigma y^2 - \frac{(\Sigma xy)^2}{\Sigma x^2}$$

6 1 หา SS'_{ty} ของทั้งหมด

$$SS'_{ty} = \Sigma y_t^2 - \frac{(\Sigma xy_t)^2}{\Sigma x_t^2}$$

$$SS'_{ty} = 574.67 - \frac{(68.53)^2}{241.95}$$

$$SS'_{ty} = 555.26$$

ขั้นที่ 2 หา $SS'_{wy} = \Sigma y_w^2 - \frac{(\Sigma xy_w)^2}{\Sigma x_w^2}$

$SS'_{wy} = 283.62 - \frac{(48.78)^2}{240.61}$

$SS'_{wy} = 273.73$

ขั้นที่ 3 หา SS'_{ay} ของระหว่างกลุ่ม

$SS'_{ay} = SS'_{ty} - SS'_{wy}$

$SS'_{ay} = 555.26 - 273.73$

$SS'_{ay} = 281.53$

ขั้นที่ 4 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมได้ดังนี้

แหล่ง	df	SS'_y	MS'_y	F
ระหว่างกลุ่ม	$(k-1)=2-1=1$	$SS'_{ay}=281.53$	$MS'_{ay}=\frac{281.53}{1}=281.53$	$\frac{MS'_{ay}}{MS'_{wy}} = 74.09^*$
ภายในกลุ่ม	$N-k-1=75-2-1=72$	$SS'_{wy}=273.73$	$MS'_{wy}=\frac{273.73}{72}=380$	
ทั้งหมด	$N-2=75-2=73$	$SS'_{ty}=555.26$		

*$p < .05, F_{.05}(1,72) = 3.97$

ภาคผนวก ข

บทเรียนโมดูลวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

และแบบทดสอบ

คู่มือการใช้บทเรียนโมดูล

บทเรียนโมดูลไม่ใช่แบบฝึกหัด แต่เป็นวิธีการเรียนที่นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองตามความสามารถ และความสนใจ โดยมีครูเป็นเพียงผู้แนะนำปรึกษาปัญหาต่าง ๆ และอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน ดังนั้น การนำบทเรียนไปใช้สอนครูจะต้องศึกษารายละเอียดของบทเรียนเสียก่อน และจัดเตรียมสื่อการสอน และอุปกรณ์ประกอบบทเรียน หรือแจ้งให้นักเรียนทราบว่านักเรียนจะต้องเตรียมอะไรบ้างในการเรียนบทเรียนโมดูลแต่ละหน่วย การนำ บทเรียนโมดูลนี้ไปใช้ ครูควรปฏิบัติตามคำแนะนำดังนี้

คำแนะนำการใช้บทเรียนโมดูลสำหรับครู

1 ศึกษาบทเรียนโมดูล อ่านเนื้อหา และศึกษาขั้นตอนของกิจกรรมต่าง ๆ ที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติให้ละเอียด พร้อมทั้งทำความเข้าใจกระบวนการเรียนของนักเรียนทุกขั้นตอน

2 ครูจะต้องเตรียมวัสดุต่าง ๆ ที่ไม่ได้จัดไว้ในชุดการเรียน เช่น วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองให้พร้อม

3 ครูจะต้องอธิบายขั้นตอนในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และให้นักเรียนทำความเข้าใจกับกิจกรรมการเรียนที่กำหนดไว้หรือให้นักเรียนเสนอกิจกรรมการเรียนที่เขาคิดขึ้นเอง

4 เมื่อนักเรียนเข้าใจวิธีการเรียน และเข้าใจกิจกรรมการเรียนต่าง ๆ ดีแล้วจึงให้เริ่มเรียน

5 การใช้บทเรียนโมดูลในการสอน จะต้องทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังการเรียน

6 การกำหนดเกณฑ์ความรู้ที่นักเรียนจะผ่านบทเรียน อาจพิจารณาตามความยากง่ายของบทเรียนและระดับของผู้เรียน

7 ต้องพยายามให้นักเรียนทุกคนได้ประสบผลสำเร็จในการเรียนตามความสามารถของเขา

<u>คำแนะนำการใช้บทเรียนโมดูลสำหรับนักเรียน</u>

การใช้บทเรียนโมดูลนักเรียนจะต้องเรียนด้วยตนเองและต้องระลึกเสมอว่า โมดูลการทำแบบฝึกหัด ซึ่งนักเรียนจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้

1 อ่านจุดมุ่งหมายของบทเรียน

2 ทำแบบทดสอบประเมินผลก่อนการเรียน

3 ทำกิจกรรมการเรียนตามที่ระบุไว้ในบทเรียน ว่าจะให้นักเรียนเลือกเรียนหรือจะต้องทำกิจกรรมทั้งหมดที่กำหนดไว้

4 เมื่อทำกิจกรรมการเรียนเสร็จแล้ว ให้ทำแบบทดสอบประเมินผลหลังการเรียน

5 นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมินผลหลังการเรียน ให้ทำการเรียนซ่อมเสริมโดยทำกิจกรรมตามคำแนะนำในบทเรียนโมดูล

6 นักเรียนที่เรียนจากบทเรียนโมดูล จะต้องมีความรับผิดชอบในการเรียนมีความซื่อสัตย์และต้องปฏิบัติตามขั้นตอนที่บอกไว้ในบทเรียน

บทเรียนโมดูล เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

หลักการและเหตุผล

วิชาไฟฟ้าสถิตมีรากฐานมาจากการสังเกตการณ์ ซึ่งธาลีสแห่งเมืองมิเลตุสได้ค้นพบเมื่อประมาณ 600 ปีก่อนคริสตกาลว่า แท่งอำพันที่ถูกับสักหลาดดูดวัตถุเบา ๆ เช่น เศษฟาง เศษกระดาษหรือสำลีได้ ปัญหามีอยู่ว่า แรงดูดที่เกิดขึ้นนี้เป็นแรงดูดระหว่างมวลหรือไม่ ? เพราะเหตุใด ? นอกจากนั้นยังมีปรากฏการณ์ธรรมชาติทางไฟฟ้าสถิตที่รู้จักกันดีอีกอย่างหนึ่ง ก็คือ การที่หวีเมื่อนำมาใช้หวีผมแล้วทำให้เกิดอำนาจวิเศษสามารถดูดวัตถุเบา ๆ ได้ชั่วขณะหนึ่ง ปรากฏการณ์นี้มักจะเกิดได้ดีในวันที่อากาศแห้งหรือในฤดูหนาว ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น หวีเกิดอำนาจวิเศษนี้ได้อย่างไร

บทเรียนนี้จะทำให้ผู้ที่ได้ศึกษาเข้าใจว่าอำนาจวิเศษที่สามารถดูดวัตถุเบา ๆ ได้ชั่วขณะหนึ่งนั้นเป็นคนละชนิดกับแรงดึงดูดระหว่างมวลหรือไม่ และแรงชนิดใหม่นี้จะมีเฉพาะแรงดึงดูดเพียงอย่างเดียวหรือมีแรงอย่างอื่นอีกนอกจากนั้น ยังได้กล่าวถึงตัวการที่ทำให้เกิดแรงดังกล่าว พร้อมทั้งวิธีคำนวณหาขนาดและชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าด้วย

จุดมุ่งหมาย

1 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอน (Instructional Objectives) เมื่อจบหัวข้อนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1 1 ทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าโดยการถู การเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดินและทดสอบได้ว่า วัตถุใดมีประจุไฟฟ้ารวมทั้งอธิบายสภาพเป็นกลางไฟฟ้าของวัตถุได้

1 2 ทำการทดลองจนบอกได้ว่าประจุมีสองชนิด

1 3 บอกความสัมพันธ์ระหว่างแรงประจุไฟฟ้า ระยะระหว่างประจุและจำนวนประจุซึ่งเป็นกฎของคูลอมบ์ได้ และนำกฎของคูลอมบ์ไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

2 จุดมุ่งหมายในการแสดงออก (Expressive Objectives) เมื่อจบหัวข้อนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

2 1 อธิบายความหมายของวัตถุที่มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้าได้

2 2 อธิบายความหมายของวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าได้

2 3 อธิบายการทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าโดยการใช้วัตถุสองชนิดมาถูกันได้

2 4 ทาให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าโดยการใช้วัตถุสองชนิดมาถูกันได้

2 5 บอกได้ว่าแรงระหว่างประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่มีประจุชนิดเดียวกัน เป็นแรงผลักหรือแรงดูด

2 6 บอกได้ว่าแรงระหว่างประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่มีประจุต่างชนิดกัน เป็นแรงผลักหรือแรงดูด

2 7 บอกได้ว่า ในการใช้วัตถุคู่หนึ่งถูกันประจุที่เกิดขึ้นบนวัตถุหนึ่ง ๆ จะเป็นประจุชนิดเดียวกันทุกครั้งหรือไม่

2 8 ทาการทดลองและสรุปได้ว่า แรงระหว่างประจุไฟฟ้ามีกี่ชนิด แรงอะไรบ้าง

2 9 สาธิตว่ามีแรงระหว่างประจุไฟฟ้าจริง ๆ ได้

2 10 อธิบายวิธีการใช้อิเล็กโตรสโคปลูกพิธและอิเล็กโตรสโคปแผนไลหะตรวจประจุไฟฟ้าได้

2 11 ใช้อิเล็กโตรสโคปลูกพิธและอิเล็กโตรสโคปแผนไลหะตรวจสอบว่า วัตถุใดมีประจุไฟฟ้าได้

2 12 อธิบายความหมายของการเหนี่ยวนาไฟฟ้าได้

2 13 อธิบายสาเหตุที่แผนไลหะของอิเล็กโตรสโคปกางออกโดยใช้หลักของการเหนี่ยวนาและแรงระหว่างประจุไฟฟ้าได้

2 14 อธิบายวิธีการทาให้ตัวนาที่เป็นกลางมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนา พร้อมตอสายดินได้

1 15 อธิบายการที่อิเล็กโตรสโคปลูกพิธถูกดูดด้วยวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้

1 16 ทำการทดลองโดยให้อิเล็กโตรสโคปแผ่นโลหะที่เป็นกลางมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดินได้

1 17 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า จำนวนประจุไฟฟ้าและระยะระหว่างประจุซึ่งเป็นกฎของคูลอมบ์ได้

1 18 คำนวณหาแรงระหว่างประจุได้ เมื่อโจทย์กำหนดขนาดของประจุ และระยะห่างระหว่างประจุคู่หนึ่งมาให้ทั้งที่เป็นประจุชนิดเดียวกันและชนิดตรงข้าม

1 19 คำนวณหาระยะระหว่างประจุคู่หนึ่งได้เมื่อกำหนดแรงระหว่างประจุและขนาดของประจุคู่หนึ่งมาให้

1 20 คำนวณหาขนาดของประจุบนวัตถุอันหนึ่งได้ เมื่อโจทย์กำหนดแรงระหว่างประจุระยะห่างระหว่างประจุ และขนาดของอีกประจุหนึ่งมาให้

1 21 คำนวณหาแรงลัพธ์ระหว่างประจุมากกว่าสองประจุได้ เมื่อกำหนดขนาดประจุและระยะห่างระหว่างประจุเหล่านั้นให้

1 22 ใช้กฎของคูลอมบ์คำนวณหาแรงดึงดูดระหว่างโปรตรอนกับอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนได้

1 23 แสดงวิธีคำนวณเปรียบเทียบขนาดของแรงระหว่างประจุและแรงดึงดูดระหว่างมวลของอิเล็กตรอนได้ว่าแรงระหว่างประจุมีค่าประมาณ 10^{39} เท่าของแรงระหว่างมวล

1 24 บอกได้ว่าแรงระหว่างประจุเป็นแรงคูลอมบ์

1 25 มีทักษะในการสังเกต

1 26 มีทักษะในการทดลอง

1 27 มีทักษะในการจำแนกประเภท

1 28 มีทักษะในการคำนวน

1 29 มีทักษะในการจัดกระทาและสื่อความหมายข้อมูล

1 30 มีทักษะในการลงความเห็นข้อมูล

1 31 มีทักษะในด้านการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

1 32 มีทักษะในการตั้งสมมติฐาน

1 33 มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เชน ความเชื่อมันในตนเอง ยอมรับฟัง ความคิดเห็นของผู้อื่นอยางมีเหตุผล กล้าแสดงความคิดเห็น เป็นต้น

ความรู้พื้นฐาน

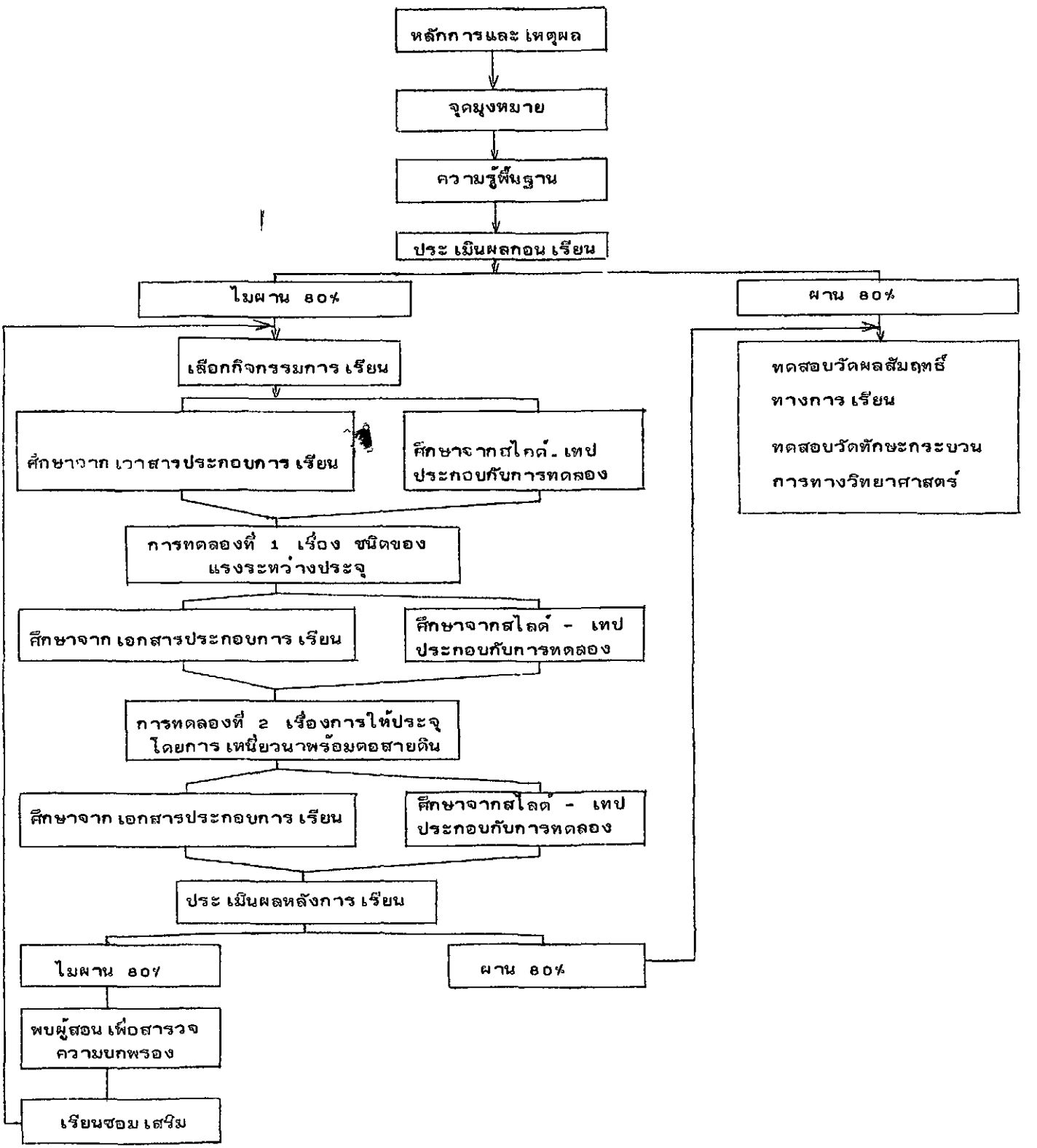
นักเรียนควรมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอม และแรงดึงดูดระหวางมวลมาก่อน

การประเมินผลกอนเรียน

ให้นักเรียนทาแบบทดสอบที่แนบมานี้ให้เสร็จภายใน 15 นาที ถ้านักเรียนทาถูกถึง ๘๐٪ ก็ไมต้องเรียนโมดูลนี้ ถ้าทาถูกไมถึง ๘๐% ก็ให้เลือกกิจกรรมเพื่อเรียนโมดูลนี้ตอไป

กิจกรรมการเรียน

ให้นักเรียนปฏิบัติตามแผนผังกระบวนการเรียนการสอนบทเรียนไมโครโปรเซสเซอร์ ดังต่อไปนี้



การประเมินผลหลังการเรียน

ให้นักเรียนทาแบบทดสอบชุดเดียวกับแบบประเมินผลก่อนการเรียน ถ้านักเรียนได้คะแนน 80% ถือว่าผ่านบทเรียนโมดูล แต่ถ้าได้คะแนนไม่ถึง 80% ให้พบผู้สอนเพื่อสำรวจความบกพร่อง เพื่อจะได้เรียนซ่อมเสริมต่อไป

การเรียนซ่อมเสริม

เมื่อนักเรียนพบข้อบกพร่องแล้ว ให้นักเรียนเรียนโมดูลนี้ใหม่ โดยให้นักเรียนเลือกกิจกรรมได้ตามความต้องการ ซึ่งอาจจะเหมือนหรือไม่เหมือนกับกิจกรรมที่เคยเลือกมาแล้วก็ได้ หลังจากการกระทากิจกรรมสำเร็จแล้วให้มีการประเมินผลหลังการเรียนเช่นเดิม

แบบประเมินผลสำหรับการเรียนบทเรียนโมดูล

เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่เห็นว่าถูกต้องที่สุด แล้วไปขีดเส้นทึบ (▬) ให้ตรงกับตัวเลือกเหล่านั้นลงในกระดาษคำตอบของนักเรียน

1 ข้อใดแสดงว่าเป็นวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า
- ก ดูดกับวัตถุอื่น
- ข ดูดกับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธที่มีประจุไฟฟ้า
- ค ดูดกับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธที่เป็นกลาง
- ง ผลักกับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธที่เป็นกลาง
- จ ข้อ ข และ ข้อ ค ถูกต้อง

2 ในการทำให้อิเล็กโตรสโคปแผ่นโลหะมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดิน มีขั้นตอนใดบ้างที่แผ่นโลหะบางจะหุบลง
- ก หลังจากนำสายดินและวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าออกไป
- ข นำวัตถุที่มีประจุมาจ่อใกล้ ๆ จานโลหะ
- ค หลังจากนำสายดินออกอย่างเดียว
- ง ขณะต่อสายดินกับจานโลหะ
- จ ข้อ ค และ ข้อ ง ถูกต้อง

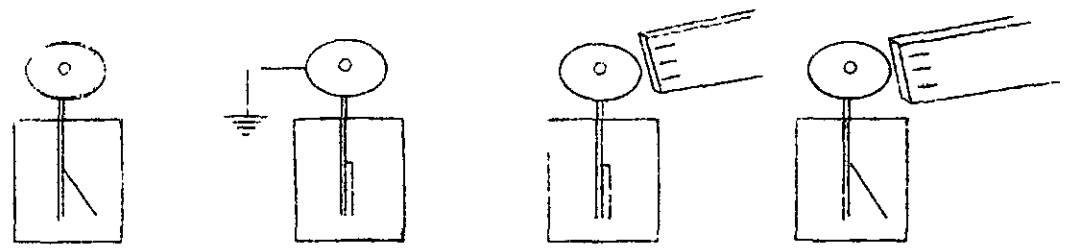
3 วัตถุใดที่ไม่สามารถทำให้มีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดินได้
- ก ถ่านคาร์บอน
- ข กราไฟท์
- ค อำพัน
- ง ตะกั่ว
- จ ปรอท

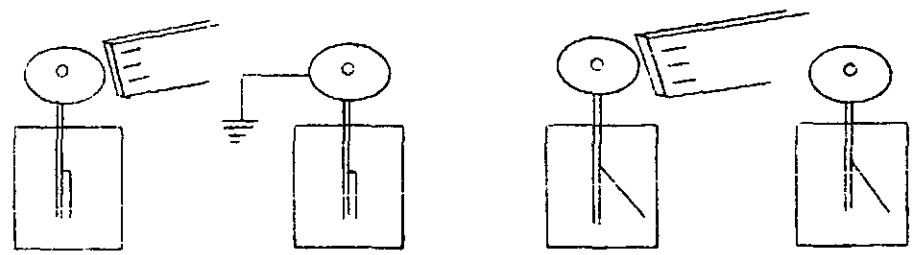
4 ลูกพิธ A และลูกพิธ B มีประจุไฟฟ้าขนาด 4.0×10^{-9} และ 1.0×10^{-6} คูลอมบ์ ตามลำดับ ปรากฏว่ามีแรงกระทำต่อกัน 10^{-6} นิวตัน ระยะทางระหว่างลูกพิธทั้งสองเป็นกี่เมตร
- ก 36×10^{-12}
- ข 6×10^{-12}
- ค 36×10^{-6}
- ง 6
- จ 36

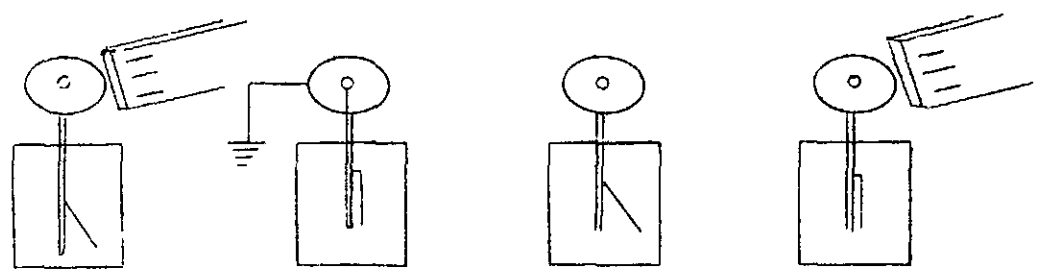
5 แรงระหว่างประจุไฟฟ้าคู่หนึ่งมีขนาด 100 นิวตัน ถ้าเพิ่มระยะทางระหว่างประจุทั้งสองเป็น 2 เท่าของระยะเดิม แรงระหว่างประจุคู่ครั้งหลังนี้จะเป็นกี่นิวตัน
- ก 25
- ข 50
- ค 100
- ง 200
- จ 400

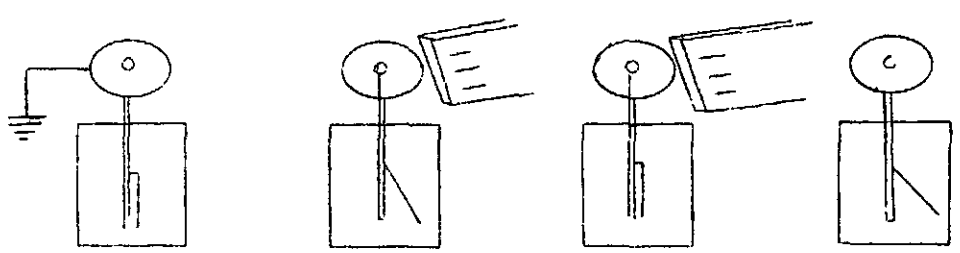
๑ ในการทดลองการให้ประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ พร้อมกับต่อสายดิน

รูปในข้อใดแสดงขั้นตอนที่ถูกต้อง

ก 

ข 

ค 

ง 

จ ข้อ ก ข ค และ ง ไม่ถูกต้อง

ข้อใดทาให้สรุปได้ว่าประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด

ก เพราะมีแรงระหว่างประจุ 2 ชนิด และประจุชนิดเดียวกันออกแรงผลักกัน

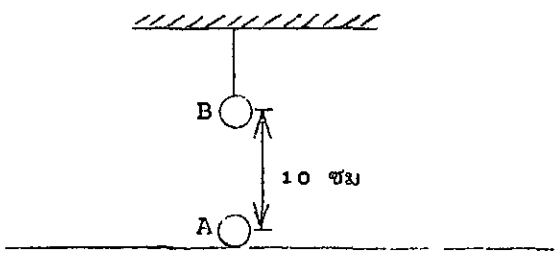
ข เพราะประจุมีแรงกระทาซึ่งกันและกัน จึงต้องมีประจุข้างละชนิด

ค เพราะมีแรงระหว่างประจุ 2 ชนิด จึงต้องมีประจุ 2 ชนิด

ง เพราะวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามีประจุเท่ากัน

จ เพราะในอะตอมมีโปรตอนและอิเล็กตรอน

ลูกพิธ A และ B มีขนาดเท่ากันลูกละ 1 กรัม วางลูกพิธ A ไว้บนฉนวน และแขวนลูกพิธ B อยู่เหนือลูกพิธ A ให้ห่างกัน 10 เซนติเมตร ดังรูป



ถ้าลูกพิธ A และ B มีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน แต่ขนาดเท่ากันคือ 10×10^{-7} คูลอมบ์ แรงที่พื้นฉนวนกระทาต่อลูกพิธ A มีค่าที่นิวตัน

ก 10×10^{-2}

ข 19×10^{-2}

ค 10×10^{-3}

ง 19×10^{-3}

จ ข้อ ก, ข ค และ ง ไม่ถูกต้อง

9 สมมติว่าถ้าใช้ผ้าสักหลาดถูกับวัตถุ A และวัตถุ B จะทาให้วัตถุ A และ B มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันเกิดขึ้น แต่ในการทดลองครั้งหนึ่ง เมื่อถูวัตถุ A และวัตถุ B ด้วยผ้าสักหลาด แล้วนำปลายที่ถูมาจ่อกัน ปรากฏว่า ปลายทั้งสองดูดกัน ข้อใดเป็นไปได้

ก A และ B มีประจุทั้งคู่

ข A และ B ไม่มีประจุทั้งคู่

ค A และ B มีประจุชนิดเดียวกัน

ง A และ B มีประจุต่างชนิดกัน

จ A และ B แผ่นใดแผ่นหนึ่งมีประจุ

10 สมมติว่าถ้าใช้ผ้าขนสัตว์ถูกับวัตถุ X และ Y จะทาให้วัตถุ X และ Y มีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันเกิดขึ้น ถ้านาวัตถุ X ที่ถูด้วยผ้าขนสัตว์จนมีประจุไปทาให้อิเล็กโตรสโคปแผ่นโลหะมีประจุโดยการเหนี่ยวนำพร้อมกับดอสายดิน เสร็จแล้วจึงนาวัตถุ Y ที่ถูด้วยผ้าขนสัตว์จนมีประจุไปจ่อใกล้ ๆ กับจานโลหะของอิเล็กโตรสโคปนั้น จะทาให้แผ่นโลหะบางมีลักษณะดังข้อใด

ก หุบเช่นเดิม

ข กางเช่นเดิม

ค กางออกมากขึ้น

ง กางน้อยกว่าเดิม

จ เปลี่ยนจากหุบเป็นกางออก

ความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 11 และข้อ 12

การทดลองครั้งหนึ่ง มีขั้นตอนดังนี้

ที่ 1 ถูปลายข้างหนึ่งของวัตถุ A แผนที่ 1 ด้วยผ้าสักหลาด จนมีประจุ

ที่ 2 ถูปลายข้างหนึ่งของวัตถุ B แผนที่ 1 ด้วยผ้าสักหลาด จนมีประจุ

ที่ 3 ถูปลายข้างหนึ่งของวัตถุ A แผนที่ 2 ด้วยผ้าขนสัตว์ จนมีประจุ

ที่ 4 ถูปลายข้างหนึ่งของวัตถุ B แผนที่ 2 ด้วยผ้าขนสัตว์ จนมีประจุ

- เมื่อนำวัตถุ A จากขั้นที่ 1 ไปจ่อกับวัตถุ A ในขั้นที่ 3 ปรากฏว่า เกิดแรงผลักกัน
- เมื่อนำวัตถุ B จากขั้นที่ 2 ไปจ่อกับวัตถุ B ในขั้นที่ 4 ปรากฏว่า เกิดแรงดูดกัน
- เมื่อนำวัตถุ A จากขั้นที่ 1 ไปจ่อกับวัตถุ B ในขั้นที่ 2 ปรากฏว่า เกิดแรงผลักกัน
- เมื่อนำวัตถุ A จากขั้นที่ 3 ไปจ่อกับวัตถุ B ในขั้นที่ 4 ปรากฏว่า เกิดแรงดูดกัน

11 วัตถุในขั้นตอนใดบ้างที่มีประจุชนิดเดียวกัน

ก 1 4

ข 2 4

ค 1, 3

ง 3 4

จ ข้อ ก และข้อ ข ถูกต้อง

12 ประจุของวัตถุ B ในขั้นตอนที่ 4 เหมือนกับประจุของวัตถุในขั้นตอนใดบ้าง

ก 1

ข 2

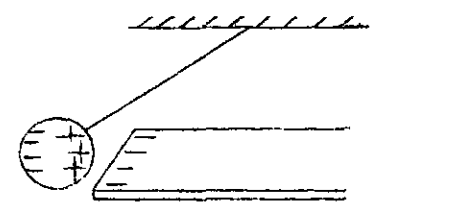
ค 1 3

ง 2 3

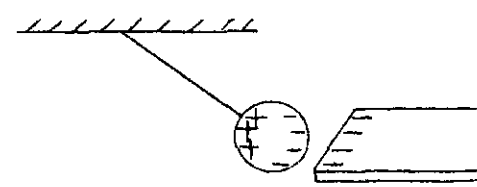
จ ข้อ ก ข ค และข้อ ง ไม่ถูกต้อง

13 เมื่อนำแผ่น พีวีซี ที่มีประจุไปจ่อใกล้ ๆ กับอิเล็กโตรสโคป ลูกพิธ ที่เป็นกลาง ข้อใดแสดงผลที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง

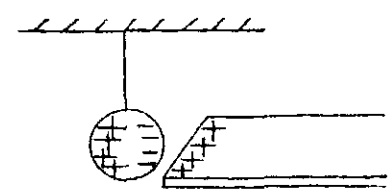
ก



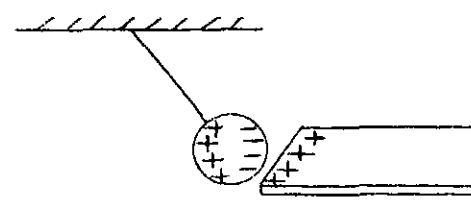
ข



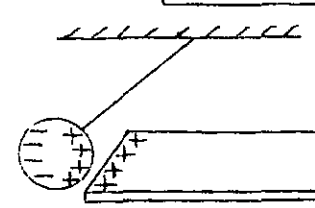
ค



ง



จ



14 เมื่อนำแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุไปจ่อใกล้ ๆ กับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธ ปรากฏว่า เกิดแรงผลักกัน

ข้อใดถูกต้อง เกี่ยวกับประจุไฟฟ้า

ก แผ่นเปอร์สเปกซ์มีประจุบวก

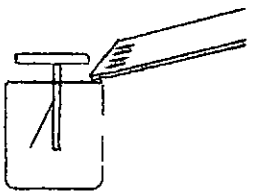
ข แผ่นเปอร์สเปกซ์มีประจุลบ

ค ลูกพิธไม่เป็นกลาง

ง ลูกพิธมีประจุบวก

จ ลูกพิธมีประจุลบ

15 จากรูป ประจุที่แผ่นโลหะบาง กับที่จานโลหะจะเป็นชนิดใด



ก ชนิดใดก็ได้

ข บวกกับบวก

ค บวกกับลบ

ง ลบกับบวก

จ ลบกับลบ

กิจกรรม 1 ศึกษาจาก เอกสารประกอบการ เรียน

แนวการปฏิบัติ สำหรับการศึกษาจาก เอกสารประกอบการ เรียน

ให้นัก เรียนอาน เอกสารที่แจกให้และปฏิบัติตามคาสังที่กาหนดไว้อยาง เคร่งครัด

ถ้ามีข้อสงสัยในการกระทำตาง ๆ ให้ปรึกษาครูผู้สอนทันที

ตอนที่ 1 ประจุไฟฟ้า (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

คาสัง ให้นัก เรียนอานข้อความที่กำหนดให้นี้ เมื่อ เข้าใจแล้วให้ทาการทดลองที่ 1 เพื่อ

ศึกษารายละ เอียดตอไป

ข้อความ ปรากฏการณ์ที่ เรารู้จักกันดีอยางหนึงก็คือ การที่หวีซึ่งนามาใช้หวีผมแล้ว

เกิดอานาจว์ เศษสามารถดูดวัตถุ เบา ๆ ได้ชัวขณะหนึง ปรากฏการณ์นี้

มัก เกิดได้ดีในวันที่อากาศแห้งหรือในฤดูหนาว ทำไมจึง เป็น เชนนั้น

หว์ เกิดอานาจวิ เศษนี้ได้อยางไร

ตามที่มีการบันทึกไว้ กลาววา เมื่อประมาณ 600 ปี กอนคริสตกาล

มีนักปราชญ์ชาวกรีก ชื่อ ธาลีส สัง เกตพบวา เมื่อเอาแทงอาพันถูกับผ้าขนสัตว์

แทงอาพันนั้นจะมีอานาจวิ เศษสามารถดูดวัตถุ เบา ๆ เชน เศษกระดาษหรือ

สำลีได้ ปัญหามีอยูวา แรงดูดที่ เกิดขึ้นนี้ เป็นแรงดึงดูดระหวางมวลที่นัก เรียน

เคยศึกษาทอนแล้วหรือไม เพราะ เหตุใด ปัญหานี้นัก เรียนจะได้ศึกษาจาก

การทดลองที่ 1 แตกอนที่นัก เรียนจะทาการทดลองให้นัก เรียนตั้งสมมติฐาน

เกี่ยวกับแรงดูดที่กลาวข้างต้นวา เป็นแรงดึงดูดระหวางมวลหรือไม เพราะ เหตุใด

สมมติฐาน

คาสัง เมื่อนัก เรียน เขียนสมมติฐาน เสร็จแล้ว ให้ทาการทดลองที่ 1 ตอไป

การทดลองที่ 1 การทดสอบสมมติฐานของนักเรียนว่าถูกต้องหรือไม่

คำสั่ง ให้นักเรียนทำการทดลองตามวิธีการที่กำหนดไว้ให้และให้ตอบคำถามหรือบันทึกผลการทดลองในช่องว่างที่เว้นไว้ให้ เสร็จแล้วไปรับบัตรเฉลยได้ที่ครูผู้สอน

วัตถุประสงค์ เพื่อสรุปว่าแรงที่เกิดขึ้นภายหลังจากการนำวัตถุ 2 ชนิด มาถูกันเป็นแรงดึงดูดระหว่างมวลหรือไม่

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1	แผ่นพีวีซี	1	แผ่น
2	แผ่นเปอร์สเปกซ์	1	แผ่น
3	ผ้าสักหลาด	1	ผืน
4	กระดาษชิ้นเล็ก ๆ และเบาขนาด 2 - 3 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 20 ชิ้น		

วิธีการทดลอง

1 วางกระดาษชิ้นเล็กไว้บนโต๊ะ

2 นำแผ่นพีวีซีไปจ่อใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ (ห่างประมาณ 1 เซนติเมตร) แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น (ทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง)

บันทึกผลที่เกิดขึ้น

3 นำแผ่นเปอร์สเปกซ์ไปจ่อใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ (ห่างประมาณ 1 เซนติเมตร) แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น (ทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง)

บันทึกผลที่เกิดขึ้น

4 ถูแผนพีวีซีที่ปลายข้างหนึ่งด้วยผ้าสักหลาด แล้วนำปลายข้างที่ถูนั้นไปจอใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น (ทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง)

บันทึกผลที่เกิดขึ้น

5 ถูแผนเปอร์สเปกซ์ที่ปลายข้างหนึ่งด้วยผ้าสักหลาด แล้วนำปลายข้างที่ถูนั้นไปจอใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น (ทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง)

บันทึกผลที่เกิดขึ้น

หมายเหตุ ในการทดลองตามข้อ 4 และข้อ 5 ขณะถูอยาให้มือที่จับผ้าสักหลาดแตะกับแผนพีวีซีหรือแผนเปอร์สเปกซ์ เมื่อถูแล้วควรรีบจอทันที และบริเวณที่ถูนั้นต้องไมสัมผัสกับสิงใดอีกเลย จนกวาจะสังเกตผลได้แล้ว

6 เมื่อนักเรียนบันทึกผลการทดลองแล้ว นักเรียนจะอภิปรายผลการทดลองวาแรงนั้นเกิดตลอดเวลาหรือไม หรือวากวาจะเกิดได้ต้องมีเงื่อนไขอะไรบ้าง ได้อยางไร

อภิปรายผลการทดลอง

คาสัง เมื่อนัก เรียน เขียนอภิปรายผลการทดลองแล้ว ให้นัก เรียนตอบคาถาม ตอไปนี้

คาถาม 1 เมื่อใดที่แผนพีวีซีและแผน เปอร์ส เปกซ์จะดูดกระดาษชิ้น เล็ก ๆ ได้

ตอบ

คาถาม 2 จากผลการทดลองจะสรุปวา แรงที่แผนพีวีซีและแผน เปอร์ส เปกซ์ดูด กระดาษชิ้น เล็ก ๆ ได้นั้น เป็นแรงดึงดูดระหวางมวลใชหรือไม? เพราะ เหตุใด?

ตอบ

คำสั่ง หลังจากที่นัก เรียนตอบคาถาม เสร็จแล้ว ให้นัก เรียนไปรับบัตร เฉลยที่ 1-1/1 ซึ่ง เป็นผลและการอภิปรายผลการทดลอง รวมทั้งคาตอบของ คาถามทั้งสองข้อได้ที่ครูผู้สอน เพื่อตรวจดูวานัก เรียน เข้าใจถูกต้อง หรือไม ถ้ายังไม เข้าใจให้ทาการทดลอง เพื่อหาคำตอบใหมอีกครั้ง ถ้า เข้าใจถูกต้องแล้ว ให้ทาการทดลองที่ 2 เรื่องชนิดของแรงระหวาง ประจุไฟฟ้า และในการทดลองครั้งนี้ให้นัก เรียนทาการทดลอง เป็น กลุม กลุมละสี่คน โดยจับกลุมกับ เพื่อนที่ เสร็จตอนที่ 1 นี้ใน เวลาพร้อมกัน หรือใกล้ เคียงกัน

บัตรเฉลยที่ 1 - 1/1

บันทึกผลที่เกิดขึ้น ข้อ 2 ไม่มีปฏิกริยาใด ๆ ระหว่างแผ่นพีวีซีกับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ

บันทึกผลที่เกิดขึ้น ข้อ 3 ไม่มีปฏิกริยาใด ๆ ระหว่างแผ่นเปอร์สเปกซ์กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ

บันทึกผลที่เกิดขึ้น ข้อ 4 แผ่นพีวีซีดูดกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ได้

บันทึกผลที่เกิดขึ้น ข้อ 5 แผ่นเปอร์สเปกซ์ดูดกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ได้

อภิปรายการทดลอง

ทั้งแผ่นพีวีซีและแผ่นเปอร์สเปกซ์ เมื่อยังไม่ได้ถูด้วยผ้าสักหลาดแล้วไปจ่อใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ก็จะไม่มีปฏิกริยาใด ๆ ที่สังเกตได้ระหว่างแผ่นพีวีซีหรือแผ่นเปอร์สเปกซ์กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ นั้น แต่เมื่อถูแผ่นพีวีซีหรือแผ่นเปอร์สเปกซ์จะดูดกระดาษชิ้นเล็ก ๆ นั้นได้ แสดงว่าแรงดึงดูดนี้เกิดขึ้นภายหลังจากการถูแผ่นพีวีซีหรือแผ่นเปอร์สเปกซ์ด้วยผ้าสักหลาด

ตอบคำถาม 1 หลังจากที่ถูกับผ้าสักหลาดหรือวัตถุอื่นที่เหมาะสมแล้ว

ตอบคำถาม 2 ไม่ใช่ เพราะเมื่อนำแผ่นพีวีซีหรือเปอร์สเปกซ์ที่ยังไม่ได้ถูด้วยผ้าสักหลาดไปจ่อใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ซึ่งปกติก็มีแรงดึงดูดระหว่างมวลอยู่แล้ว แต่ก็ไม่สามารถสังเกตผลของการดึงดูดกันได้ แสดงว่า หลังจากถูแผ่นพีวีซีหรือแผ่นเปอร์สเปกซ์ด้วยผ้าสักหลาดแล้วต้องมีแรงชนิดใหม่เกิดขึ้น

รายละเอียดเพิ่มเติมนอกเหนือจากการทดลอง

ตามที่มีการบันทึกไฟฟ้าสถิตเริ่มต้นเมื่อประมาณ 600 ปีก่อนคริสตกาล โดยนักปราชญ์ชาวกรีก ชื่อ ธาลีส (Thales) สังเกตุพบว่า เมื่อเอาแท่งอำพันถูกับผ้าขนสัตว์ แท่งอำพันนั้น

จะมีอำนาจวิเศษสามารถดูดวัตถุเบา ๆ เช่น เศษกระดาษหรือสำลีได้ อำนาจวิเศษนี้มิได้เกิดจากัดเฉพาะแท่งอำพันกับผ้าขนสัตว์ที่ถูกันเท่านั้น เราพบว่าวัตถุ 2 ชนิดถูอื่น ๆ ที่เหมาะสมกัน เมื่อนามาขัดสีหรือถูกันก็สามารถจะมีอำนาจวิเศษได้เหมือนกัน แต่อำนาจที่เกิดขึ้นนั้นจะมากน้อยต่างกันไป เราได้ตั้งชื่ออำนาจวิเศษที่เกิดขึ้นนี้ว่า อำนาจไฟฟ้า (Electricity) (ซึ่งเรียกตามชื่อของแท่งอำพันในภาษากรีก คือ (Elektron) เรียกแรงที่เกิดขึ้นนี้ว่า แรงระหว่างประจุไฟฟ้า (Electric Charge)

<u>คำสั่ง</u> เมื่อนักเรียนศึกษาตอนนี้เข้าใจดีแล้วให้รวมกลุ่มกับเพื่อนกลุ่มละ 4 คน เพื่อศึกษาตอนที่ 2 โดยทำการทดลองต่อไป

ตอนที่ 2

การทดลองที่ 2 ชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า (100 นาที) ต้องการให้นักเรียนทราบถึงวิธีศึกษาแรงระหว่างประจุไฟฟ้าว่ามีกี่ชนิด

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1 บอกได้ว่า แรงระหว่างประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่มีประจุชนิดเดียวกัน เป็นแรงดึงดูดหรือแรงผลัก

2 บอกได้ว่า แรงระหว่างประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน เป็นแรงดูดหรือแรงผลัก

3 บอกได้ว่า ในการใช้วัตถุคู่หนึ่งถูกัน ประจุที่เกิดขึ้นบนวัตถุชนิดหนึ่ง ๆ จะเป็นประจุชนิดเดียวกันทุกครั้งหรือไม่

4 บอกได้ว่า แรงระหว่างประจุมีกี่ชนิด อะไรบ้าง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1 แผนพีวีซี 2 แผน

2 แผนเปอร์สเปกซ์ 2 แผน

3 ผ้าสักหลาด 1 ผืน

4 ขวดพลาสติกฝาโค้งนูน 1 ใบ

การเตรียมก่อนการทดลอง

1 ควรทดลองนำแผนพีวีซีและแผนเปอร์สเปกซ์ วางบนฝาขวดพลาสติกก่อนว่าต้องวางที่ตำแหน่งใดจึงจะสมดุลพอดี

2 ทำเครื่องหมายไว้ที่ปลายข้างหนึ่งของแผนพีวีซีและแผนเปอร์สเปกซ์ และต้องระลึกเสมอว่าในการทดลองต้องจับด้านปลายที่ทำเครื่องหมายไว้เท่านั้น

3 ในการถูแผนพีวีซีและ เปอร์สเปกซ์ต้องถูปลายตรงข้ามกับที่ทา เครื่องหมาย เสมอ

4 กอนนำปลายของแทงพีวีซีหรือ เปอร์สเปกซ์ เข้าใกล้กัน ควรตรวจดูกอนวา แผนพีวีซีกับแผน เปอร์สเปกซ์มีประจุ โดยสัง เกตปลายที่มีประจุจะดูดกระดาษฟิน เล็ก ๆ ได้

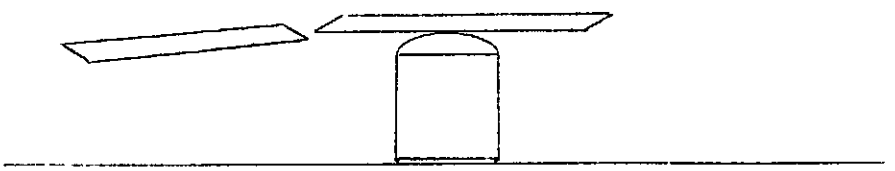
5 เมื่อตรวจสอบแล้ววา พีวีซีหรือ เปอร์สเปกซ์มีประจุ ต้องรีบทดลองทันที

6 ต้องระวังปลายที่ถูมิให้สัมผัสกับสิงอื่น เชน มือ ฝาขวดพลาสติก เป็นต้น

<u>วิธีการทดลอง</u>

1 ถูปลายข้างหนึ่งของแผนพีวีซีแผนแรกด้วยผ้าสักหลาดจนกระทังมีประจุแล้วนำไปวางไว้บนขวดพลาสติก

2 ถูปลายข้างหนึ่งของพีวีซีแผนที่ 2 ด้วยผ้าสักหลาด เชน เดียวกัน แล้วนาปลายที่ถูนี้เข้าไปใกล้กับปลายที่มีประจุไฟฟ้าของแผนแรก ดังรูป



แล้วสัง เกตและบันทึกผลการทดลองที่ เกิดขึ้น

<u>บันทึกผล</u>

3 เปลี่ยนแผนพีวีซีเป็นแผนเปอร์สเปกซ์ แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 และ 2 สังเกตและบันทึกผลที่เกิดขึ้น

บันทึกผล

4 ถูแผนพีวีซีจนมีประจุแล้วไปวางบนฝาขวดพลาสติกแทนแผนเปอร์สเปกซ์ในข้อ 3

5 ถูแผนเปอร์สเปกซ์จนมีประจุ แล้วไปจ่อใกล้ ๆ กับปลายของแผนพีวีซีที่มีประจุตามข้อ 4 สังเกตและบันทึกผลที่เกิดขึ้น

บันทึกผล

6 นักเรียนควรทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่แน่นอน

7 จากผลการทดลองในข้อ 2 ข้อ 3 และข้อ 5 ถ้าให้นักเรียนออกแบบการบันทึกผลในตารางฉันเดียวกัน นักเรียนจะบันทึกผลได้อย่างไร

บันทึกผล

วิเคราะห์ผลการทดลอง

๑ จากผลการทดลอง พบว่า มีแรงเกิดขึ้นกี่ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ

๒ วัตถุที่มีประจุคู่ใดบ้างที่ทำให้เกิดแรงผลัก

ตอบ

๓ ประจุที่เกิดขึ้นบนแผนพีวีซีแผนที่ ๑ กับแผนพีวีซีแผนที่ ๒ เป็นประจุชนิดเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ

๔ ประจุที่เกิดขึ้นบนแผนเปอร์สเปกซ์แผนที่ ๑ กับเปอร์สเปกซ์แผนที่ ๒ เป็นประจุชนิดเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ

๕ จากข้อ ๓ และข้อ ๔ ทำให้กล่าวได้ว่า ประจุชนิดเดียวกันจะทำให้เกิดแรงชนิดใด

ตอบ

๖ วัตถุที่มีประจุคู่ใดบ้าง ที่ทำให้เกิดแรงดูดกัน

ตอบ

๗ จากข้อ ๖ ทำให้กล่าวได้ว่า แรงดูด จะต้องเกิดจากคู่ประจุชนิดที่เหมือนกันหรือต่างกัน

ตอบ

สรุปผลการทดลอง

๑ แรงที่เกิดจากคู่ประจุชนิดเดียวกันจะเป็นแรงชนิดใด

ตอบ

๒ แรงที่เกิดจากคู่ประจุต่างชนิดกันจะเป็นแรงชนิดใด

ตอบ

คำสั่ง เมื่อนักเรียนเขียนรายงานการทดลองเสร็จแล้วให้ไปรับบัตรเฉลยที่ ๑ - ๑/๒ ได้ที่ครูผู้สอน ถ้าพบข้อสงสัยให้สอบถามครูหรือทำการทดลองซ้ำจนเข้าใจถูกต้อง

บัตรเฉลยที่ 1 - 1/2

<u>บันทึกผลข้อ 2</u> ปลายทั้งสองข้างของแผนพีวีซี ผลักกัน

<u>บันทึกผลข้อ 3</u> ปลายทั้งสองของแผน เปอร์สเปกซ์ ผลักกัน

<u>บันทึกผลข้อ 5</u> ปลายของแผนพีวีซีดูดกับปลายของแผน เปอร์สเปกซ์

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ชนิดของวัตถุที่มีประจุ	ชนิดของแรง
แผนพีวีซีกับแผนพีวีซี	ผลัก
แผน เปอร์สเปกซ์กับแผน เปอร์สเปกซ์	ผลัก
แผ่นพีวีซีกับแผน เปอร์สเปกซ์	ดูด

<u>คาตอบ วิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

1 2 ชนิดคือ แรงดูดกับแรงผลัก

2 พีวีซีกับพีวีซี และ เปอร์สเปกซ์กับ เปอร์สเปกซ์

3 ชนิด เดียวกัน เพราะ เป็นวัตถุชนิด เดียวกันและถูด้วยผ้าสักหลาดผืน เดียวกัน

4 ชนิด เดียวกัน เพราะ เป็นวัตถุชนิด เดียวกันและถูด้วยผ้าสักหลาดผืน เดียวกัน

5 แรงผลัก

6 พีวีซีกับ เปอร์สเปกซ์

7 ประจุต่างชนิดกัน

<u>คาตอบ สรุปผลการทดลอง</u>

1 แรงผลัก

2 แรงดูด

<u>อภิปราย เพิ่ม เติม</u>

ในการทดลองครั้งนี้กระทำกับวัตถุ เพียง 2 ชนิด ซึ่งผลการทดลองพบวา ประจุชนิด เดียวกันจะทาให้ เกิดแรงผลักกัน และประจุตางชนิดกันจะ เกิดแรงดูดกัน ทำให้ทราบวา ประจุไฟฟ้าต้องมีมากกวา 1 ชนิด ดังนั้น ในการทดลอง เพื่อค้นหาชนิดของประจุไฟฟ้า ทั้งหมดนั้นต้องใช้วัตถุทดลองหลาย ๆ ชนิด และได้มีผู้ทำการทดลองจนสำ เร็จมาแล้ว พบวา ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด

สำหรับชื่อของประจุไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิด ที่ใช้ในปัจจุบัน คือ ประจุบวก กับ ประจุลบ ซึ่ง เบนจามิน แฟรงคลิน นักวิทยาศาสตร์ชาวอ เมริกัน เป็นผู้กาหนดไว้โดย

- เรียกประจุชนิดที่ปรากฏบนแทงอาพันที่ถูด้วยผ้าขนสัตว์วา ประจุลบ
- เรียกประจุชนิดที่ปรากฏบนแทงแก้วที่ถูด้วยผ้าไหมว่า ประจุบวก

<u>คาสั่ง</u> เมื่อศึกษาตอนนี้ เข้าใจดีแล้ว ให้แตละคนศึกษาตอนที่ 3 ตอไป

ตอนที่ ๓ อานข้อความตอไปนี้ให้เข้าใจ (๕ นาที) เมื่อจบแล้วให้ศึกษาตอนที่ ๔ ตอไป

ข้อความ นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่าวัตถุชิ้นหนึ่ง ๆ นั้นประกอบด้วยอะตอมจำนวนมากในแตละอะตอมประกอบด้วยอนุภาคตาง ๆ เชน โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน เป็นต้น โดยโปรตอนและนิวตรอนรวมอยู่ที่นิวเคลียส สวนอิเล็กตรอนกระจายกันอยู่และเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ นิวเคลียส อะตอมปกติจะมีจำนวนอิเล็กตรอนเทากับจานวนโปรตอน ปัจจุบันนี้เราทราบแล้วว่า อิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้า ลบ โปรตอนมีประจุไฟฟ้าบวก และขนาดของประจุบนอนุภาคทั้งสองมีคาเทากัน คือ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์

โดยทั่วไปแล้วอะตอมของวัตถุหนึ่ง ๆ จะมีจำนวนโปรตอน และอิเล็กตรอนเทากัน เชื่อนาวัตถุเหลานั้นวางไว้ใกล้กันจะไมมีแรงระหวางประจุไฟฟ้ากระทำระหวางกัน เรียกวาวัตถุอยู่ในสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า สวนวัตถุที่มีจำนวนอิเล็กตรอนและโปรตอนไมเทากันจะไมเป็นกลางทางไฟฟ้าซึ่งเรียกวา วัตถุมีประจุไฟฟ้าหรือเรียกสั้น ๆ วา วัตถุมีประจุ วัตถุมีประจุนี้จะแสดงตัวเหมือนกับวามีประจุบวกหรือประจุลบ เพียงชนิดเดียว ตามจำนวนประจุที่มากกวาโดยมีจำนวนประจุเทากับผลตางระหวางจำนวนประจุบวกและประจุลบที่มีอยู่จริง

การทาให้วัตถุอยู่ในสภาพไมเป็นกลางทางไฟฟ้าทำได้หลายวิธี ในกรณีที่นำวัตถุมาถูกันแล้วทาให้มีประจุขึ้นมา ดังที่ได้ทดลองมาแล้วนั้นอธิบายได้วา การถูทาให้พลังงานของอิเล็กตรอนสูงขึ้น จึงหลุดออกมาจากอะตอมของวัตถุหนึ่งไปอยู่ที่อีกวัตถุหนึ่งได้ วัตถุที่ได้รับอิเล็กตรอนมากกวาที่เสียไป ก็จะมีประจุเป็นลบ และวัตถุที่เสียอิเล็กตรอนไปมากกวาที่ได้ ก็จะมีประจุบวก

FRICTIONAL ORDER

1	ขนสัตว์	11	แก้วผิวขรุขระ
2	ขนแกะหรือผ้าสักหลาด	12	ผิวหนัง
3	ไม้	13	โลหะต่าง ๆ
4	เชลแลค (shellac)	14	ยาง India rubber
5	ยางสน	15	อำพัน
6	ครัง	16	กามะถัน
7	แก้วผิวเกลี้ยง	17	อีโบไนท์ (Ebonite)
8	ผ้าฝ้ายหรือสาลี	18	ยาง Gutta-percha
9	กระดาษ	19	ผ้าแพร (Amalgamated)
10	ผ้าแพรเลียน	20	เซลลูลอยด์ (Celluloid)

Frictionat Order เป็นตารางแสดงรายชื่อสารต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองแล้วจัดลำดับไว้ ถ้านำสารตามตาราง เหล่านี้มาขัดสีกัน สารที่มีหมายเลขน้อยกว่าจะ เกิดประจุบวก และสารที่มีหมายเลขมากกว่าจะ เกิดประจุลบ

<u>คำสั่ง</u> เมื่ออ่านตอนนี้เข้าใจดีแล้ว ให้นักเรียนศึกษาตอนที่ 4 ต่อไป

ตอนที่ 4 (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาเรื่องอุปกรณ์ตรวจประจุไฟฟ้า โดยทำการทดลองที่ 3 ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

การทดลองที่ 3 อุปกรณ์ตรวจประจุไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

1 เพื่อให้บอกส่วนประกอบของอิเล็กโตรสโคปลูกพิธได้ถูกต้อง

2 เพื่อให้สามารถใช้อิเล็กโตรสโคปลูกพิธตรวจสภาพไฟฟ้าของวัตถุได้

3 เพื่อให้บอกส่วนประกอบของอิเล็กโตรสโคปแผนโลหะได้ถูกต้อง

4 เพื่อให้สามารถใช้อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะตรวจสภาพไฟฟ้าของวัตถุได้

อุปกรณ์

1	อิเล็กโตรสโคปลูกพิธ	1 ชุด
2	อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ	1 ชุด
3	แผ่นพีวีซี	1 แผ่น
4	แผ่นเปอร์สเปกซ์	1 แผ่น
5	ผ้าสักหลาด	1 ผืน

การเตรียมการ

1 ศึกษาส่วนประกอบของอิเล็กโตรสโคปลูกพิธ และอิเล็กโตรสโคปแผนโลหะจากรายละเอียดที่แนบมากับอิเล็กโตรสโคปแต่ละชุด

2 อานข้อความต่อไปนี้ให้เข้าใจ

เนื่องจากวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะมีแรงกระทำกับวัตถุเบา ๆ ที่อยู่ใกล้ ๆ ได้ดังนั้น ในการตรวจว่าวัตถุใดจะมีประจุไฟฟ้าหรือไม่ จึงอาจนำวัตถุนั้นไปจ่อใกล้ ๆ กับกระดาษชิ้นเล็ก ๆ และนอกจากจะใช้กระดาษชิ้นเล็ก ๆ แล้ว เราอาจใช้วัตถุเบา ๆ อย่างอื่นสำหรับตรวจสอบประจุได้เช่นกัน เช่น โฟม โดยนำโฟมมาทำเป็นทรงกลมเล็ก ๆ แล้วฉาบด้วยโลหะ เช่น อลูมิเนียม เพื่อให้นำไฟฟ้าได้ดีขึ้น แล้วแขวนทรงกลมนี้ไว้ด้วยด้ายกับขาตั้ง เรียกเครื่องมือนี้ว่า อิเล็กโตรสโคปลูกพิธ

นอกจากอิเล็กโตรสโคปลูกพิธแล้ว ยังมีเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ตรวจประจุไฟฟ้า คือ อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ตามรายละเอียดที่แนบมากับชุดอิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ

<u>วิธีดำเนินการทดลอง</u>

1 การใช้อิเล็กโตรสโคปลูกพิธตรวจประจุไฟฟ้า ให้นักเรียนทดลองตามลำดับขั้น ดังนี้

1 1 แขวนลูกพิธให้เรียบร้อย

1 2 ใช้มือแตะที่ลูกพิธก่อน เพื่อทำให้ลูกพิธเป็นกลางทางไฟฟ้า

1 3 นำแผ่นพีวีซีที่ยังไม่ได้ถูด้วยผ้าสักหลาดไปต่อใกล้ ๆ กับลูกพิธแล้วบันทึกผลที่เกิดขึ้น

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

1 4 ถูแผนพีวีซีที่ปลายข้างหนึ่งด้วยผ้าสักหลาด แล้วรีบไปจอใกล้ ๆ กับลูกพิธ บันทึกผลที่เกิดขึ้น (ทาซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อความแนนอน)

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

1 5 แผ่นพีวีซีที่ยังไม่ได้ถูด้วยผ้าสักหลาดกับแผนพีวีซีที่ถูด้วยผ้าสักหลาดมีความแตกตางกันอยางไร ในแงของปฏิกริยาที่เกิดขึ้นกับลูกพิธ

ตอบ

1 6 ผลที่สังเกตได้จากข้อ 1 3 กับข้อ 1 4 ตางกันหรือไมอยางไร

ตอบ

1 7 วัตถุที่มีประจุไฟฟ้า เมื่อนามาใกล้อิเล็กโตรสโคปลูกพิธ จะสังเกตผลที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

ตอบ

1 8 ในการใช้อิเล็กโตรสโคปลูกพิธตรวจสอบวาแผนพีวีซีจะมีประจไฟฟ้าหรือไม สามารถทาได้อยางไร

ตอบ

1 9 เปลี่ยนแผนพีวีซี เป็นแผน เปอร์สเปกซ์บ้าง แล้วดา เนินการทดลองตามข้อ 1 2 จนถึง ข้อ 1 4 สังเกตผลที่เกิดขึ้นวาแตกตางจากการใช้แผนพีวีซีหรือไม

ตอบ

1 10 ในการตรวจสอบวาแผน เปอร์สเปกซ์มีประจุไฟฟ้าอยูหรือไม มีวิธีการอยางไร

ตอบ

1 11 เมื่อนาวัตถุมาตรวจสอบกับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธ จะสังเกตจากลูกพิธอยางไร

วา วัตถุนั้นมีประจุไฟฟ้าหรือไม

ตอบ

2 การใช้อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะตรวจประจุไฟฟ้า

ให้นักเรียนทาการทดลองและตอบคาถามตามลาดับขั้นตอไปนี้

2 1 ใช้มือแตะจากโลหะเสียกอน เพื่อทาให้อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะเป็นกลาง

2 2 นาแผน เปอร์สเปกซ์ไปจอใกล้ ๆ กับจานโลหะของอิเล็กโตรสโคป สังเกต

และบันทึกผลที่เกิดขึ้น

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

2 3 ถูที่ปลายข้างหนึ่งของแผน เปอร์สเปกซ์ด้วยผ้าสักหลาด แล้วรีบนาไปจอใกล้ ๆ

จานโลหะ สังเกตและบันทึกผลที่เกิดขึ้น

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

2 4 นำแผน เปอร์ส เปกซ์ตามข้อ 2 3 ออกไป สังเกตและบันทึกผลการทดลอง ที่เกิดขึ้น

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

2 5 ผลที่เกิดขึ้น เมื่อนำแผน เปอร์ส เปกซ์ที่ถูด้วยผ้าสักหลาดกับแผน เปอร์ส เปกซ์ที่ไม่ได้ถูด้วยผ้าสักหลาดไปจ่อใกล้ ๆ จานโลหะของอิเล็กโตรสโคปต่างกันอย่างไร

ตอบ

2 6 แผน เปอร์ส เปกซ์ที่ถูด้วยผ้าสักหลาดกับแผนที่ไม่ได้ถูด้วยผ้าสักหลาด มีสมบัติทางไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ

2 7 แผน เปอร์ส เปกซ์ที่มีประจุไฟฟ้า เมื่อนำมาใกล้จานโลหะ สังเกตผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

ตอบ

2 8 ในการตรวจสอบว่าแผน เปอร์ส เปกซ์มีประจุไฟฟ้าหรือไม่โดยใช้อิเล็กโตรสโคป แผนโลหะมีวิธีการอย่างไร และผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

ตอบ

2 9 ถ้าจะตรวจสอบวาแผนพีวีซีมีประจุไฟฟ้าหรือไมโดยใช้อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ จะมีวิธีการอยางไร และผลที่เกิดขึ้นเป็นอยางไร

ตอบ

2 10 สรุปวา เมื่อต้องการตรวจสอบวาวัตถุใดมีประจุไฟฟ้าหรือไม ให้นาวัตถุนั้นมาจอใกล้ ๆ กับจานโลหะของอิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ สังเกตจากแผนโลหะของอิเล็กโตรสโคปวาแตกตางกันอยางไร เมื่อวัตถุมีประจุไฟฟ้ากับไมมีประจุไฟฟ้า

ตอบ

เมื่อนักเรียนปฏิบัติการทดลองและตอบคาถามเสร็จถึงข้อ 2 10 แล้ว ให้นักเรียนไปรับบัตรเฉลยที่ 1 - 1/3 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องได้ที่ครูผู้สอน ถ้ามีข้อสงสัยและยังไมเข้าใจให้ทดลองเพื่อหาคาตอบอีกครั้งหรืออาจสอบถามครูผู้สอนได้

บัตรเฉลยที่ 1 - 1/3

<u>คำตอบบันทึกผลการทดลอง</u> (อิเล็กโตรสโคปลูกพิธ)

1 3 ไม่มีปฏิกริยาใด ๆ ที่สังเกตได้ระหว่างแผนพีวีซีกับลูกพิธ

1 4 มีแรงดึงดูดระหว่างแผนพีวีซีกับลูกพิธ

1 5 แผนพีวีซีที่ถูด้วยผ้าสักหลาดจะมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น ส่วนแผนพีวีซีที่ไม่ได้ถูด้วยผ้าสักหลาด ก็จะไม่มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น

1 6 ตรงกันข้าม คือ แผนพีวีซีที่มีประจุไฟฟ้าจะมีแรงดึงดูดกับลูกพิธส่วนแผนพีวีซีที่ไม่มีประจุไฟฟ้า จะไม่มีแรงกระทำกับลูกพิธ

1 7 จะมีแรงดึงดูดกับลูกพิธนั้น

1 8 นำแผ่นพีวีซีไปจ่อใกล้ ๆ กับลูกพิธ ถ้ามีแรงกระทำระหว่างแผนพีวีซีกับลูกพิธ แสดงว่าแผนพีวีซีนั้นมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น

1 9 ไม่แตกต่างกัน

1 10 นำแผ่นเปอร์สเปกซ์ไปจ่อใกล้ ๆ กับลูกพิธ ถ้าเกิดแรงกระทำกับลูกพิธ แสดงว่าแผนเปอร์สเปกซ์นั้นมีประจุไฟฟ้า

1 11 วัตถุที่มีประจุจะมีแรงกระทำกับลูกพิธ ส่วนวัตถุที่ไม่มีประจุจะไม่มีแรงกระทำกับลูกพิธ

<u>คำตอบบันทึกผลการทดลอง</u> (อิเล็กโตรสโคปแผ่นโลหะ)

2 2 ไม่มีปฏิกริยาใด ๆ ที่สังเกตได้

2 3 แผ่นโลหะบางในอิเล็กโตรสโคปจะกางออก

2 4 แผ่นโลหะบางในอิเล็กโตรสโคปจะหุบลง

๒ ๕ แผน เปอร์ส เปกซ์ที่ถูด้วยผ้าสักหลาดจะทำให้แผนโลหะบางกางออกได้ สวนแผน เปอร์สเปกซ์ที่ไมได้ถูจะไมทาให้แผนโลหะบางกางออก

๒ ๖ แผน เปอร์ส เปกซ์ที่ถูด้วยผ้าสักหลาดจะมีประจุไฟฟ้า เกิดขึ้น สวนแผนที่ไมได้ถูจะไมมีประจุไฟฟ้า

๒ ๗ ทาให้แผนโลหะบางในอิ เล็กโตรสโคปกางออก

๒ ๘ นาไปจ่อใกล้ ๆ กับจานโลหะ ถ้ามีประจุไฟฟ้าจะทาให้แผนโลหะบางกางออก แตถ้าไม่มีประจุไฟฟ้าแผนโลหะบางก็จะอยู่ในสภาพ เดิม

๒ ๙ นาไปจอใกล้ ๆ กับจานโลหะ ถ้าพีวีซีมีประจุไฟฟ้าจะทาให้แผนโลหะบางกางออก แตถ้าไมมีประจุไฟฟ้าแผนโลหะบางก็จะอยู่ในสภาพ เดิม

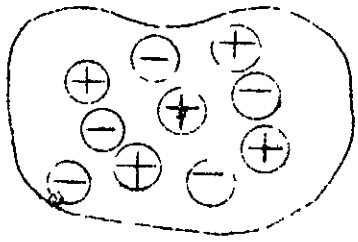
๒ ๑๐ วัตถุที่มีประจุจะทาให้แผนโลหะบางกางออก แตถ้า เป็นวัตถุที่ไมมีประจุแผนโลหะบาง ก็จะอยู่ในสภาพ เดิม

<u>คาสัง</u> เมื่อนัก เรียนศึกษาตอนที่ ๔ เข้าใจดีแล้ว ให้ เตรียมตัวศึกษาตอนที่ ๕ ตอไป

ตอนที่ 5 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

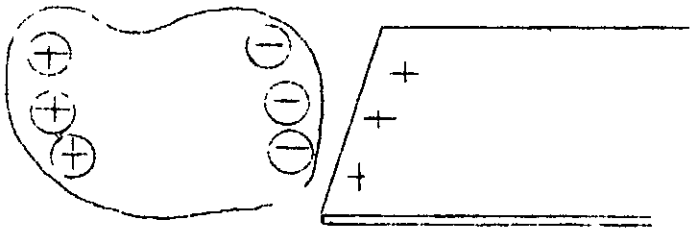
คำสั่ง ให้นักเรียนอ่านและตอบคำถามจากเอกสารที่กำหนดให้นี้

เอกสาร พิจารณาตัวนำที่เป็นกลางทางไฟฟ้าอันหนึ่ง ซึ่งจะมีประจุบวกและประจุลบกระจายอยู่ทั่วไป ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1

เมื่อนำวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อใกล้ ๆ ตัวนำอันนี้จะมีผลทำให้ประจุลบเคลื่อนที่มาอยู่ด้านที่ใกล้กับประจุบวกที่นำมาจ่อ ดังรูปที่ 2



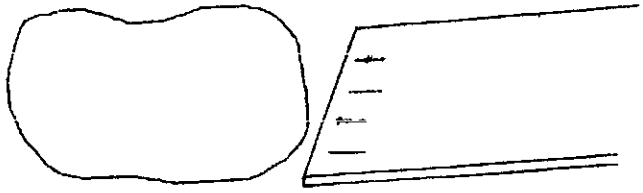
รูปที่ 2

คำถาม 1 เพราะ เหตุใดวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าบวกจึงทำให้ประจุบวกกับประจุลบ ในตัวนำรูปที่ 1 เปลี่ยนตำแหน่งไปเป็นดังรูปที่ 2

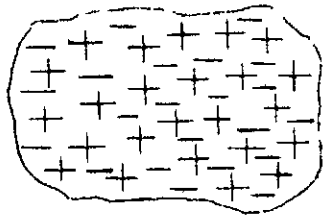
ตอบ

คำถาม 2 จากรูปที่ 1 ถ้านำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าลบ มาจ่อใกล้กับตัวนำนั้น ให้วาดรูปแสดงตำแหน่งของประจุบวกกับประจุลบลงในรูป

ตอบ

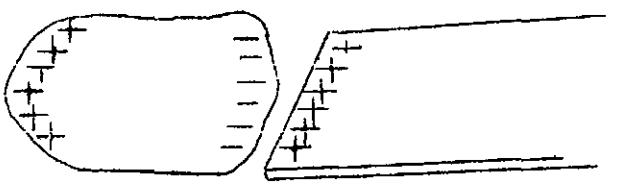


โดยปกติวัตถุทุกชนิดประกอบด้วยโปรตอนและอิเล็กตรอนจำนวนมากและจะกระจายอยู่ทั่วทั้งก้อน ซึ่งอาจแสดงได้ดังรูปที่ 3



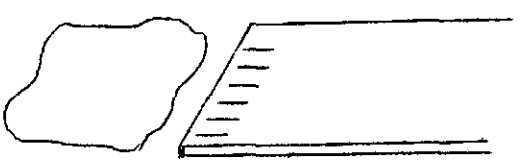
รูปที่ 3

เพราะ เหตุที่วัตถุที่ เป็นตัวนำไฟฟ้าจะมีอิ เล็กตรอนจำนวนหนึ่งที่สามารถ เคลื่อนย้ายไปได้ทั่วทุกตำแหน่งทั้งก้อนของวัตถุ ดังนั้น เมื่อนำวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อใกล้ ๆ กับตัวนำ จะทำให้อิ เล็กตรอนที่กระจายอยู่ทั่วตัวนำเคลื่อนที่มาอยู่ตรงด้านที่ใกล้กับวัตถุที่นำมาจ่อซึ่งจะมีผลให้ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับวัตถุที่นำมาจ่อขาดอิ เล็กตรอน จึงแสดงอำนาจของประจุบวกออกมาคล้ายกับว่าประจุบวกที่อยู่ทั่วทั้งก้อนของตัวนำ เคลื่อนย้ายไปอยู่บริ เวณด้านตรงข้ามนั้น ซึ่งอาจแสดงการมีอยู่ของประจุบวกกับประจุลบบนตัวนำได้ดังนี้



<u>คำถามที่ 3</u> ถ้านำวัตถุที่มีประจุลบมาจ่อใกล้ ๆ กับตัวนำ จะ เขียนรูปแสดงตำแหน่งที่มีประจุบวกกับประจุลบบนตัวนำได้อย่างไร

ตอบ



<u>คำถามที่ 4</u> สรุปการ เคลื่อนย้ายของประจุบวกและประจุลบในวัตถุที่ เป็นตัวนำไฟฟ้าเมื่อนำวัตถุที่มีประจุมาจ่อใกล้ ๆ ได้อย่างไร

ตอบ

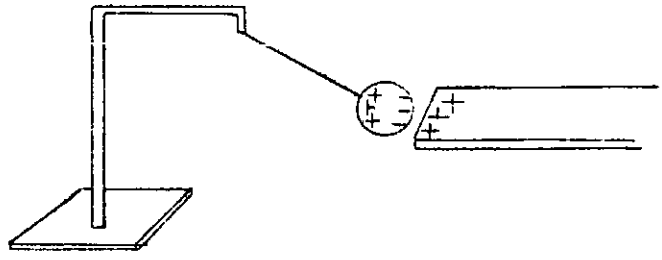
คำถามที่ 5 เมื่อพิจารณาจำนวนประจุบวกกับประจุลบทั้งหมดในตัวนำ ก่อนและหลังการนำวัตถุที่มีประจุมาจ่อใกล้ ๆ เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ

การที่วัตถุที่มีประจุไปทำให้ประจุชนิดตรงข้ามบนอีกวัตถุหนึ่งที่เป็นตัวนำมาอยู่ด้านที่ใกล้กับวัตถุที่มาจ่อมากที่สุด และทำให้ประจุชนิดเดียวกันบนวัตถุนั้นไปอยู่ด้านที่ไกลกับวัตถุที่นำมาจ่อมากที่สุด เรียกว่า การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่อิเล็กโตรสโคปลูกพิธที่เป็นกลาง

นักเรียนทราบแล้วว่าเมื่อนำแผนพีวีซีที่มีประจุมาจ่อใกล้ ๆ กับลูกพิธที่เป็นกลางจะมีแรงดึงดูดระหว่างแผนพีวีซีกับลูกพิธนั้นและจะพิจารณาการเหนี่ยวนำที่ลูกพิธได้ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 สมมติว่าที่แผนพีวีซีมีประจุบวก

เมื่อพิจารณาแรงระหว่างแผนพีวีซีกับลูกพิธ จะพบว่ามีแรง 2 ชนิด คือ แรงดึงดูดระหว่างประจุบวกบนแผนพีวีซีกับประจุลบที่ลูกพิธ และแรงผลักระหว่างประจุบวกบนแผนพีวีซีกับประจุบวกที่ลูกพิธ แต่ผลลัพธ์คือลูกพิธถูกดึงกับแผนพีวีซี แสดงว่า "แรงดูดมากกว่าแรงผลัก

คำถามที่ 6 ระยะทางระหว่างประจุบวกบนแผนพีวีซีกับประจุลบที่ลูกพิธ สั้นกว่าหรือยาวกว่าระยะทางระหว่างประจุบวกบนแผนพีวีซีกับประจุบวกที่ลูกพิธ

ตอบ

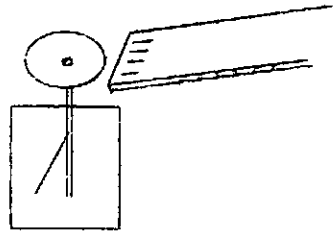
คำถามที่ 7 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าคำตอบที่เห็นว่าถูกต้อง ในการเปรียบเทียบแรงระหว่างประจุกับระยะทางระหว่างประจุ

ตอบ ระยะทางระหว่างประจุน้อย ทำให้เกิดแรงระหว่างประจุ ☐ มาก ☐ น้อย

ระยะทางระหว่างประจุมาก ทำให้เกิดแรงระหว่างประจุ ☐ มาก ☐ น้อย

การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะที่เป็นกลาง

เมื่อนำแผนเบอร์สเปกซ์ที่มีประจุมาใกล้จานโลหะของอิเล็กโตรสโคปแผนโลหะที่เป็นกลางจะทำให้แผนโลหะบาง ๆ กางออก ซึ่งจะศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการกางออกได้โดยพิจารณารูปที่ 5 แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



รูปที่ 5 สมมติให้บนแผนเปอร์สเปกซ์มีประจุลบ

คำถามที่ 8 ประจุชนิดใดถูกเหนี่ยวนำอยู่ที่จานโลหะ เพราะเหตุใด

ตอบ

คำถามที่ 9 ประจุชนิดใดจะปรากฏอยู่ที่แกนโลหะตอนกลางและที่แผนโลหะบาง เพราะ เหตุใด

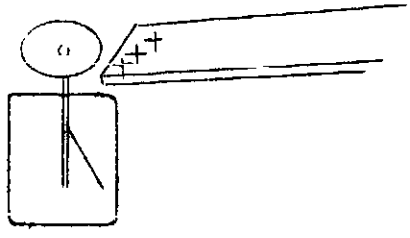
ตอบ

คำถามที่ 10 แผนโลหะกางออกได้เพราะ เหตุใด

ตอบ

คำถามที่ 11 ให้นักเรียน เขียนประจุบวกและประจุลบให้ถูกตำแหน่งในอิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ เมื่อนำวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อใกล้ ๆ กับจานโลหะ

ตอบ



คำถามที่ 12 จากข้อ 11 เมื่อนำวัตถุที่มีประจุออกไป แผนโลหะบางของอิเล็กโตรสโคปจะหุบลง เพราะ เหตุใด

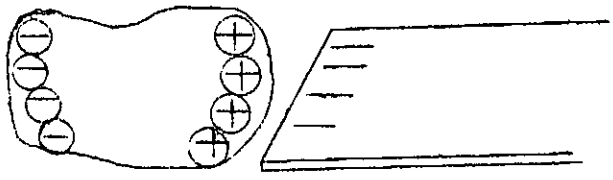
ตอบ

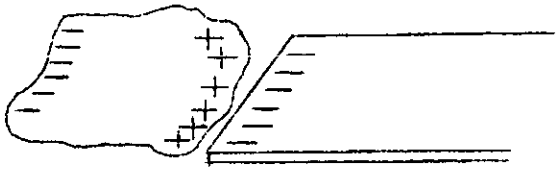
คำสั่ง เมื่อนักเรียนตอบคำถามครบทั้ง 12 ข้อแล้ว ให้ไปรับบัตรเฉลยที่ 1 - 1/4 ได้ที่ครูผู้สอน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ถ้ามีข้อสงสัยให้สอบถามครูผู้สอนทันที

บัตรเฉลยที่ 1 - 1/4

ตอบคำถาม

1 เพราะประจุบวกจะผลักกับประจุบวก แต่ประจุบวกจะดึงดูดกับประจุลบ

2 

3 

4 ประจุที่เหมือนกับประจุที่นำมาจ่อจะเคลื่อนไปอยู่ในตำแหน่งที่ไกลที่สุด ส่วนประจุที่ต่างชนิดกับประจุที่นำมาจ่อ จะเคลื่อนไปอยู่ด้านที่ใกล้กับประจุที่นำมาจ่อนั้น

5 เท่ากัน เพราะไม่มีประจุที่ใดเกิดขึ้นใหม่เลย เพียงแต่เป็นการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของประจุในตัวนำเท่านั้น

6 สั้นกว่า

7 ระยะทางระหว่างประจุน้อย ทำให้เกิดแรงระหว่างประจุ ☑ มาก ☐ น้อย

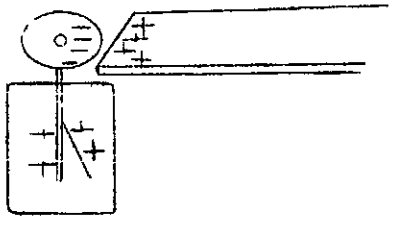
ระยะทางระหว่างประจุมากทำให้เกิดแรงระหว่างประจุ ☐ มาก ☑ น้อย

8 ประจุบวก เพราะ เป็นประจุชนิดตรงข้ามกับประจุที่นำมาจ่อ

9 ประจุลบ เพราะ เป็นประจุชนิดเดียวกับประจุที่นำมาจ่อ

10 แรงผลักระหว่างประจุลบที่แกนโลหะกับประจุลบที่มีอยู่ในแผ่นโลหะบาง

11



12 ประจุลบที่ถูกเหนี่ยวนำขึ้นไปที่จานโลหะ เคลื่อนที่กลับลงมาหาประจุบวกที่แกนโลหะ และที่แผ่นโลหะบาง ทำให้ทั่วทุกบริเวณอยู่ในสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า จึงไม่มีแรงระหว่างประจุเกิดขึ้น แผ่นโลหะบางจึงหุบลง

<u>คำสั่ง</u> เมื่อศึกษาตอนนี้เข้าใจดีแล้ว ให้นักเรียนรวมกลุ่มกับเพื่อนกลุ่มละ 4 คน เพื่อศึกษาตอนที่ 6 โดยทำการทดลองต่อไป

ตอนที่ 6 (ใช้เวลาประมาณ 75 นาที)

คำสั่ง ให้นักเรียนทำการทดลองที่ 4 โดยทำเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน ตามรายละเอียดที่กำหนดให้

การทดลองที่ 4 การให้ประจุโดยการเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดิน

วัตถุประสงค์ เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้วให้สามารถ

1 ทำให้อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะมีประจุไฟฟ้าได้

2 อธิบายการทำให้วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นกลางโดยการต่อสายดินได้

3 อธิบายการกางของแผนโลหะบางในอิเล็กโตรสโคป เมื่อไม่มีวัตถุที่มีประจุอยู่ใกล้ ๆ ได้

อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

1 แผ่นเพอร์สเปกซ์ 1 แผ่น

2 ผ้าสักหลาด 1 ผืน

3 อิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ 1 ชุด

4 สายไฟที่ต่อปลายข้างหนึ่งไว้กับท่อประปาแล้ว เหลือปลายข้างหนึ่งปล่อยวางไว้

วิธีการทดลอง ตอนที่ 1

1 ใช้นิ้วมือแตะจานโลหะของอิเล็กโตรสโคป เพื่อทำให้อิเล็กโตรสโคปเป็นกลาง แล้วชักนิ้วมือออก

2 ถูปลายข้างหนึ่งของแผ่นเพอร์สเปกซ์ด้วยผ้าสักหลาดจนมีประจุแล้วนำไปจ่อใกล้ ๆ กับจานโลหะ สังเกตแผ่นโลหะและบันทึกผล

บันทึกผลการทดลอง

๓ รีบใช้ปลายนิ้วมือแตะจานไลหะที่ตำแหนงตรงข้ามกับด้านที่กาลังจอด้วยแผน เปอร์ส เปกซ์และยังไม่ต้องนาแผน เปอร์ส เปกซ์ออก สัง เกตแผนไลหะบางและ บันทึกผล

บันทึกผลการทดลอง

๔ ซักนิ้วมือที่แตะจานไลหะออก และยังไมต้องนำแผน เปอร์ส เปกซ์ออกไป สัง เกต แผ่นไลหะบาง และบันทึกผล

บันทึกผลการทดลอง

๕ นาแผน เปอร์ส เปกซ์ออก สัง เกตแผ่นไลหะบางและบันทึกผล

บันทึกผลการทดลอง

นัก เรียนควรทาการทดลองซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง เพื่อความแนนอนของผลที่ เกิดขึ้น

<u>วิธีการทดลอง</u> ตอนที่ 2 เมื่อทาการทดลองตอนที่ 1 แล้ว ให้นักเรียนทาการทดลองใหม่ โดยเปลี่ยนจากการใช้นิ้วมือแตะจานไลหะ เป็นการใช้สายไฟที่ปลายข้างหนึ่งต่อไว้กับทอประปา และนาปลายที่วางไว้มาแตะจานไลหะแทน ตามลาดับขั้นดังนี้

1 ใช้สายไฟและจานไลหะ เพื่อทำให้อิเล็กโตรสโคปเป็นกลางแล้วชักสายไฟออก

2 กูปลายข้างหนึ่งของแผ่นเปอร์สเปกซ์ด้วยผ้าสักหลาดจนมีประจุ แล้วนาไปจอใกล้ ๆ กับจานไลหะ สังเกตแผนไลหะบางและบันทึกผลการทดลอง

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

3 [illegible] แผนเปอร์สเปกซ์และยังไม่ต้องนาแผนเปอร์สเปกซ์ออก สังเกตแผนไลหะบางและบันทึกผลการทดลอง

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

4 ชักสายไฟที่แตะจานไลหะออก และยังไม่ต้องนาแผนเปอร์สเปกซ์ออกไป สังเกตแผนไลหะบาง และบันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

5 นำแผน เปอร์สเปกซ์ออก เป็นอันดับสุดท้าย

และบันทึกผล

<u>บันทึกผลการทดลอง</u>

<u>หมายเหตุ</u> นัก เรียนควรทำการทดล

<u>วิเคราะห์ผลการทดลอง</u> ตอ

1 เมื่อนำแผน เ

จะทำให้ เกิดก

ที่ เกิดการ เหนี่ยวนำ

ตอบ

2 ประจุที่แกนโลหะกับที่แผนโลหะบางที่ออกแรงผลักกันจนทำให้แผนโลหะบางกางออก

นั้น เป็นประจุชนิดใด

ตอบ

3 เมื่อใช้นิ้วแตะที่จานโลหะทำให้แผน โลหะบางหุบลง แสดงว่ามีแรงผลักระหว่าง

ประจุที่แกนโลหะ กับที่แผนโลหะบางหรือไม

ตอบ

4 ผลจากการวิเคราะห์ข้อ 3 แสดงว่าที่แกนโลหะกับที่แผนโลหะมีสภาพทางไฟฟ้าอย่างไร (ให้นักเรียนขีดเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่ถูกต้อง)

ตอบ ☐ มีประจุบวก

☐ มีประจุลบ

☐ เป็นกลางทางไฟฟ้า

5 ถ้าที่แกนโลหะกับที่แผนโลหะบางมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้าแสดงว่า ต้องได้รับประจุชนิดใดมาเพิ่ม

ตอบ

6 ประจุที่มาเพิ่มที่แกนโลหะกับแผนโลหะนั้นมาจากที่ใด จะมาจากฉนวนโลหะได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ

7 ตามการทดลองข้อ 4 เมื่อชักนิ้วมือออกที่แกนโลหะยังคงเป็นกลางหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ

8 ตามการทดลองข้อ 5 เมื่อนำแผนเปอร์สเปกซ์ออกทำให้แผนโลหะบางกางออก แสดงว่าที่แกนโลหะบาง เป็นกลางทางไฟฟ้าหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ

9 จากข้อ 8 ถ้าหลังจากนำแผนเปอร์สเปกซ์ออกแล้วที่แกนโลหะกับแผนโลหะบางมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นจะได้รับประจุชนิดใด จากที่ใด เพราะเหตุใด

ตอบ

10 หลังจากนำแผ่นเปอร์สเปกซ์ออกไปแล้ว อิเล็กโตรสโคปเป็นกลางทางไฟฟ้าหรือไม่

ตอบ

11 การทดลองนี้สรุปว่าเป็นการใส่ประจุให้กับอิเล็กโตรสโคปวิธีหนึ่งได้หรือไม่

ตอบ

12 ให้นักเรียนอธิบายการกางออกของแผ่นโลหะหลังจากที่ดึงแผ่นเปอร์สเปกซ์ออกแล้ว ในการทดลองตอน 2

ตอบ

13 ถ้าต้องการให้อิเล็กโตรสโคปมีประจุเป็นบวก โดยวิธีการเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดิน จะต้องใช้วัตถุที่มีประจุชนิดใดมาจ่อใกล้จานโลหะและจะมีวิธีการอย่างไร

ตอบ

<u>หมายเหตุ</u> วิธีการทำให้แกนโลหะและแผ่นโลหะบางที่มีประจุ (กางออก) มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า (หุบลง) โดยใช้นิ้วหรือสายไฟที่ต่อกับท่อประปา (หรือพื้นดิน) แตะจานโลหะดังกล่าว เรียกว่า การต่อสายดิน เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้ อย่างไรก็ตามถ้าเป็นการต่อสายดินในกรณีอื่น ๆ นอกจากการทดลองที่ผ่านมานี้ การต่อสายดินควรต่อกับพื้นดิน (ชั้น ๆ) เท่านั้น ไม่ควรใช้นิ้วมือแตะ เพราะถ้ามีประจุไฟฟ้าเป็นจำนวนมากแล้ว อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

14 ให้นักเรียนสเก็ตภาพ แสดงลักษณะของแผนโลหะบางที่สังเกตได้ขณะทำการทดลอง โดยเรียงลำดับตามขั้นตอนที่นักเรียนคิดว่าสำคัญ

ตอบ

เมื่อนักเรียนตอบคำถามครบ 14 ข้อแล้วให้ไปรับชิ้นงานฉลยที่ 1 - 1/5 จากครูผู้สอน เพื่อตรวจคำตอบของนักเรียน ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาครูผู้สอนได้

ปัตร เฉลยที่ 1 - 1/5

ตอบบันทึกผลการทดลอง ตอน 1

2 แผ่นโลหะบางกางออก

3 แผ่นโลหะบางหุบลง

4 แผ่นโลหะบางยังคงหุบอยู่

5 แผ่นโลหะบางกางออกค้างอยู่

ตอบบันทึกผลการทดลอง ตอน 2

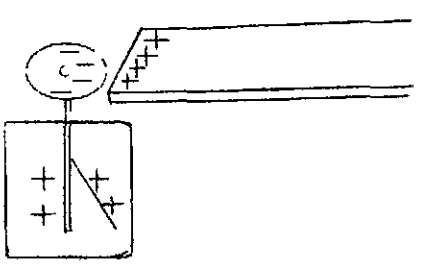
2 แผ่นโลหะบางกางออก

3 แผ่นโลหะบางหุบลง

4 แผ่นโลหะบางยังคงหุบอยู่

5 แผ่นโลหะบางกางออกค้างอยู่

ตอบ วิเคราะห์ผลการทดลอง ตอน 1

1 

2 ประจุบวก

3 ไม่มี

4 ☐ มีประจุบวก

☐ มีประจุลบ

☑ เป็นกลางทางไฟฟ้า

5 ประจุลบ

6 มาจากนิ้วมือ จะมาจากจานโลหะไม่ได้ เพราะประจุลบที่จานโลหะถูกประจุบวก บนวัตถุที่นามาจอ เหนี่ยวรั้งอยู

7 ยังคง เป็นกลางทางไฟฟ้า เพราะแผนโลหะยังคงหุบอยู

8 ไม่ เป็นกลางทางไฟฟ้า เพราะแผนโลหะบางกางออกแสดงว่า ต้องมีแรงผลัก จากประจุชนิด เดียวกัน

9 ประจุลบจากจานโลหะ เคลื่อนกระจายไปทั่วทั้งที่จานโลหะ แกนโลหะ และแผนโลหะบาง เพราะประจุลบดังกล่าวไม่มีประจุบวก จากวัตถุที่นำมาจอ เหนี่ยวนำให้มา เฉพาะที่จานโลหะ เท่านั้น

10 ไม่ เป็นกลางทางไฟฟ้า มีประจุลบ เกิดขึ้น

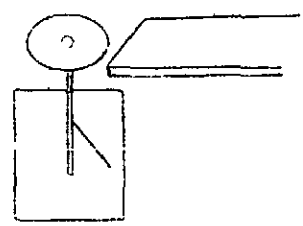
11 ได้

12 เมื่อนำแผน เปอร์สเปกซ์ที่มีประจุบวกมาจอใกล้ ๆ จานโลหะครั้งแรกจะ เกิดการเหนี่ยวนำทำให้ที่จานโลหะมีประจุลบ ที่แกนโลหะและแผนโลหะบางจะมีประจุบวกอยู่ และจะผลักกันทำให้แผนโลหะบางกางออก เมื่อใช้สายไฟแตะกับจานโลหะแล้วชักออก จะมีประจุลบ เคลื่อนที่ เข้าไปในอิเล็กโตรสโคป ผ่านทางสายไฟฟ้าไปที่แกนโลหะและแผนโลหะบาง ทำให้บริเวณนี้ เป็นกลางทางไฟฟ้าแผนโลหะจึงหุบลง เมื่อชัก เปอร์สเปกซ์ออก ประจุลบที่ถูก เหนี่ยวนำอยู่ที่จานโลหะจะ เคลื่อนกระจายไปทั่วทั้งที่แกนโลหะจานโลหะและที่แผนโลหะบางทำให้ เกิดแรงผลัก เนื่องจากประจุชนิด เดียวกันที่แกนโลหะกับแผนโลหะบางอีก แผนโลหะบาง จึงกางค้างอยู่

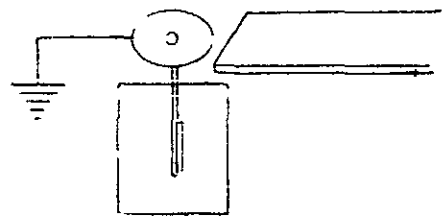
13 ต้องใช้วัตถุที่มีประจุลบมาจ่อใกล้ ๆ จานโลหะ โดยวิธีการคือ เมื่อนำวัตถุที่มีประจุลบมาจ่อแล้ว ใช้นิ้วมือแตะที่จานโลหะด้านตรงข้ามขณะที่ยังจ่อวัตถุที่มีประจุอยู่ ชักนิ้วมือออกก่อนแล้วจึงดึงวัตถุที่นำมาจ่อนั้นออก ด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ก็จะ เป็นการใส่ประจุบวกลงในอิเล็กโตรสโคปตามต้องการ

14

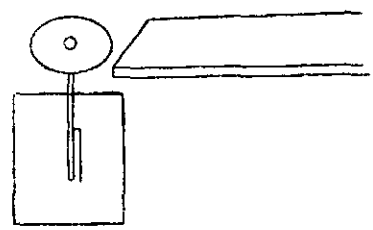
1 เมื่อนำวัตถุที่มีประจุจ่อใกล้ ๆ



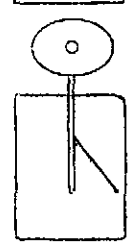
2 ขณะที่ต่อสายดิน



3 หลังจาก เอาสายดินออก



4 หลังจาก เอาวัตถุที่มีประจุออก



<u>คำสั่ง</u> เมื่อศึกษาตอนนี้ เข้าใจดีแล้ว แต่ละคนศึกษาตอนที่ 7 ต่อไป

ตอนที่ 7 แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ (ใช้เวลาประมาณ 60 นาที)

คำสั่ง ให้นักเรียนอ่านเอกสารที่กำหนดให้นี้และทำแบบฝึกหัดหลังจากที่อ่านเข้าใจดีแล้ว

เอกสาร นักเรียนได้ศึกษาแล้วว่า วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าจะไม่มีแรงระหว่างประจุกระทำซึ่งกันและกันแต่สำหรับวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะมีแรงระหว่างประจุกระทำซึ่งกันและกันอยู่ 2 ชนิด คือ

1 แรงดูด เกิดขึ้นระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน

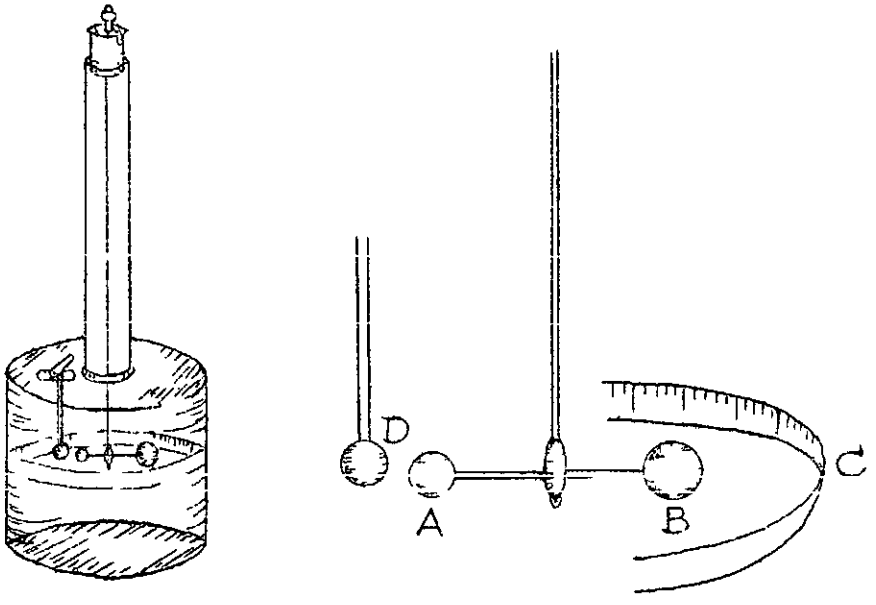
2 แรงผลัก เกิดขึ้นระหว่างวัตถุที่มีประจุชนิดเดียวกันและวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นที่โลหะที่อยู่ใกล้ๆ ซึ่งหลักการนี้ได้อธิบายการทำงานของอิเล็กโตรสโคปได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตามเท่าที่ผ่านมานักเรียนเพียงแต่ทราบว่ามีแรงเกิดขึ้นระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเท่านั้น รายละเอียดของแรงระหว่างประจุนี้ในแง่ของการคำนวณหาขนาดและทิศของแรงที่เกิดขึ้นยังไม่ได้กล่าวถึงเลย ในการศึกษาการคำนวณหาขนาดของแรงระหว่างประจุมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การหากฎที่ใช้คำนวณหาขนาดของแรงระหว่างประจุ

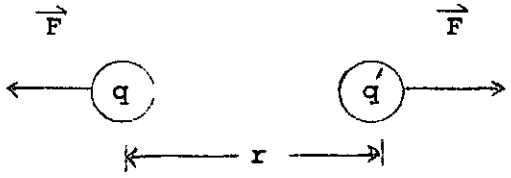
บุคคลที่ประสบความสำเร็จในการทดลองจนสามารถตั้งกฎของแรงระหว่างประจุได้คือ คูลอมบ์ นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ซึ่งต่อมาเรียกกฎของคูลอมบ์ในการทดลอง คูลอมบ์ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า " เครื่องวัดแรงบิดของคูลอมบ์ " ดังรูป เครื่องมือนี้ประกอบด้วยคานเล็ก ๆ ทำด้วยฉนวนแขวนให้อยู่ในแนวราบด้วยลวดเงินเส้นเล็ก ๆ ที่ปลายคานทั้งสองมีลูกพิธติดไว้ข้างละลูก

คือ A และ B สวน D คือลูกพิธอีกลูกหนึ่ง เมื่อให้ประจุแก A และ D แรงระหวางประจุจะทาให้คานที่มีลูกพิธ A และ B ติดอยูนี้บิดไปจากแนว เดิม และมุมที่คานบิดไปนี้ดูได้จากสเกล C ที่ติดไว้กับผนังกลอง

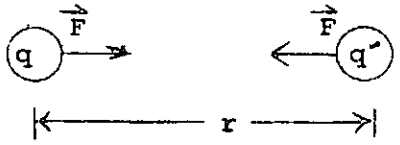


รูปแสดง เครื่องวัดแรงบิดของคูลอมบ์

จาก เครื่องมือนี้ คูลอมบ์ได้พบวา เมื่อให้ประจุแกลูกพิธ A และ D เป็นจานวน เทา ๆ กัน แรงระหวางประจุที่ เกิดขึ้นจะแปรผกผันกับระยะหางระหวางประจุยกกาลังสอง และ เมื่อให้ระยะหางระหวางลูกพิธ A และ D คงที่ก็พบวา แรงระหวางประจุแปรผันตรงกับผลคูณของประจุบนลูกพิธทั้งสอง โดยแรงระหวางประจุที่ เกิดขึ้นทั้งสองกรณีนี้จะอยูในแนว เส้นตรงที่ เชื่อมระหวางจุดศูนย์กลางมวลของลูกพิธทั้งสอง ดังนั้น ถ้าให้ F เป็นขนาดของแรงระหวางประจุ q และ q' เป็นจานวนประจุ และ r เป็นระยะหางระหวางประจุทั้งสอง ดังรูปที่ 7



ก ประจุชนิดเดียวกัน



ข ประจุต่างชนิดกัน

รูปที่ 7 แรงระหว่างประจุ

จะได้ว่า

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

และ $$F \propto qq'$$

ดังนั้น $$F \propto \frac{qq'}{r^2}$$

นั่นคือ $$F = \frac{Kqq'}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

สมการที่ (1) นี้เรียกว่า กฎของคูลอมบ์ ใช้คำนวณหาได้ทั้งขนาดของแรงผลักหรือแรงดูดระหว่างประจุบนอนุภาค ซึ่งเรียกว่า จุดประจุ (คือคิดว่าประจุทั้งหมดรวมอยู่ที่เดียวกันที่ตำแหน่งที่เหมาะสมบนอนุภาค เพื่อความสะดวกในการวัดระยะห่างระหว่างประจุ)

สำหรับหน่วยของปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในกฎของคูลอมบ์กำหนดไว้ดังนี้

หน่วยของประจุ กำหนดให้ใช้คูลอมบ์และมีสัญญลักษณ์เป็น C

หน่วยของระยะทาง กำหนดให้ใช้เมตร และมีสัญญลักษณ์เป็น m

หน่วยของแรง กำหนดให้ใช้นิวตัน และมีสัญญลักษณ์เป็น N

ดังนั้นหน่วยของ K ซึ่งเป็นค่าคงที่และมีค่าเท่ากับ 9×10^9 จึงมีหน่วยเป็น

$$\frac{N.m^2}{C^2}$$

โดยเหตุที่แรงระหว่างประจุมี 2 ชนิด คือ แรงดึงดูดและแรงผลัก เนื่องจากประจุไฟฟ้าที่มีอยู่ในวัตถุ ดังนั้น แรงระหว่างประจุจึงอาจทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้

เมื่อมีแรงระหว่างประจุหลาย ๆ แรงกระทำต่อประจุหนึ่งหรือวัตถุหนึ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อจุดประจุหรือวัตถุดังกล่าวคือผลรวมแบบเวกเตอร์ของแรงย่อยเหล่านั้น

ตัวอย่างของการนากฎของคูลอมบ์ใช้ในการคานวณ

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> กาหนดให้ลูกพิธ 2 ลูก แตละลูกมีประจุ 1 0 คูลอมบ์ อยูหางกัน 1 0 เมตร แรงระหวางประจุที่เกิดขึ้นเป็นแรงชนิดใดและมีขนาดเทาใด ?

<u>วิธีทา</u> จากกฎของคูลอมบ์

$$F = \frac{Kqq'}{r^2}$$

ดังนั้น $$F = 9 \times 10^9 \ \frac{N.m^2}{C^2} \ \frac{(+\ 1.0C)(+\ 1.0C)}{(1.0\ m)^2}$$

$$= +\ 9.0 \times 10^9\ N$$

เพราะฉะนั้น แรงที่เกิดขึ้นเป็นแรงผลัก (ผลลัพธ์มีเครื่องหมายบวก แสดงวาต้องเกิดจากประจุชนิดเดียวกัน) มีขนาด 9 0 × 10^9 นิวตัน <u>ตอบ</u>

จากตัวอย่างที่ 1 แรงขนาด 9 0 × 10^9 นิวตันนี้ ถ้าเปรียบเทียบกับน้าหนักของคนปกติแล้วจะเทากับคนประมาณ 15 ล้านคน นักเรียนจะเห็นได้วา แรงขนาดดังกลาวเป็นแรงขนาดมหาศาลที่เราไมคอยจะได้พบกัน นั่นก็คือประจุ 1 0 คูลอมบ์นี้จะทาให้เกิดขึ้นได้ยาก สวนใหญแล้วเราจะพบวัตถุที่มีประจุประมาณ 10^{-6} คูลอมบ์ ถึง 10^{-3} คูลอมบ์เทานั้น

ตัวอย่างที่ 2 กำหนดให้ลูกพิธ A มีประจุ 2.0×10^{-6} คูลอมบ์ ลูกพิธ B มีประจุ -4.0×10^{-6} คูลอมบ์ วางห่างกัน 0.5 เมตร จงหา

ก แรงที่ลูกพิธ A กระทำต่อลูกพิธ B เป็นแรงชนิดใด มีขนาดเท่าใด

ข แรงที่ลูกพิธ B กระทำต่อลูกพิธ A เป็นแรงชนิดใด มีขนาดเท่าใด

วิธีทำ

ก แรงที่ลูกพิธ A กระทำต่อลูกพิธ B หาได้จากกฎของคูลอมบ์

$$F = \frac{Kqq'}{r^2}$$

ดังนั้น
$$F = \frac{9 \times 10^{9} \times (+2.0 \times 10^{-6}) \times (-4.0 \times 10^{-6})}{(0.5)(0.5)}$$

$$= -2.88 \times 10^{-1} \text{ N}$$

เพราะฉะนั้น แรงที่ลูกพิธ A กระทำต่อลูกพิธ B เป็นแรงดึงดูด (ผลลัพธ์มีเครื่องหมายลบแสดงว่าเกิดจากประจุต่างชนิดกัน) มีขนาด 2.88×10^{-1} นิวตัน ตอบ

วิธีทำ

ข แรงที่ลูกพิธ B กระทำต่อลูกพิธ A หาได้จากกฎของคูลอมบ์

$$F = \frac{Kqq'}{r^2}$$

ดังนั้น
$$F = \frac{9.0 \times 10^{9} \times (-4.0 \times 10^{-6})(+2.0 \times 10^{-6})}{(0.5)(0.5)}$$

$$= -2.88 \times 10^{-1} \text{ N}$$

เพราะฉะนั้น แรงที่ลูกพิธ B กระทำต่อลูกพิธ A เป็นแรงดึงดูดมีขนาด 2.88×10^{-1} นิวตัน ตอบ

จากตัวอย่างที่ 1 พบว่า แรงที่อนุภาค A กระทำต่ออนุภาค B มีค่าเท่ากับแรงที่อนุภาค B กระทำต่ออนุภาค A แต่ทิศทางตรงข้ามแสดงว่าแรงระหว่างประจุไฟฟ้าเป็นแรงต่างรวม โดยไม่ว่าวัตถุทั้งสองจะมีประจุเท่ากันหรือไม่ก็ตาม

<u>ตัวอย่างที่ 3</u> อะตอมของไฮโดรเจนประกอบด้วยโปรตอนที่มีมวล 1.67×10^{-27} กิโลกรัม มีประจุขนาด 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ จำนวน 1 ตัว และอิเล็กตรอนอีก 1 ตัว โดยมวลของอิเล็กตรอน มีค่า 9.11×10^{-31} กิโลกรัมและมีประจุเท่ากับโปรตอน เมื่อระยะทางระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนเป็น 5.3×10^{-11} เมตร จงหา

ก แรงระหว่างประจุไฟฟ้าของโปรตอนกับอิเล็กตรอน

ข แรงดึงดูดระหว่างมวลของโปรตอนกับอิเล็กตรอน

<u>วิธีทำ</u>

ก จากกฎของคูลอมบ์

$$F = \frac{Kqq'}{r^2}$$

ดังนั้น
$$F = \frac{9 \times 10^{9}(+1.6 \times 10^{-19})(-1.6 \times 10^{-19})}{(5.3 \times 10^{-11})^2}$$

$$= -8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

เพราะฉะนั้นแรงระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอน เป็นแรงดึงดูดขนาด 8.2×10^{-8} นิวตัน <u>ตอบ</u>

<u>วิธีทำ</u>

ข จากกฎของนิวตัน เกี่ยวกับแรงดึงดูดระหว่างมวล

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

ดังนั้น $$F_g = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 9.11 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2}$$

$$= 3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$$

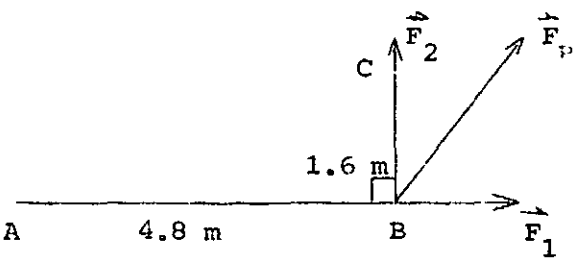
เพราะฉะนั้นแรงดึงดูดระหว่างมวลของโปรตอนและอิเล็กตรอนมีขนาดเป็น 3.6×10^{-47} นิวตัน ตอบ

จากตัวอย่างที่ จ ถ้าเปรียบเทียบขนาดของแรงระหว่างประจุกับขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลจะพบว่า

$$\frac{\text{แรงระหว่างประจุ}}{\text{แรงระหว่างมวล}} = \frac{8.1 \times 10^{-8}}{3.6 \times 10^{-47}}$$

แรงระหว่างประจุ $= 2.25 \times 10^{39}$ เท่าของแรงระหว่างมวล แสดงว่าแรงระหว่างประจุไฟฟ้ามีขนาดประมาณ 10^{39} เท่าของแรงระหว่างมวลซึ่งเป็นค่าสูงมาก ดังนั้นจึงถือว่าแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนในอะตอมเป็นแรงระหว่างประจุไฟฟ้าเท่านั้น

<u>ตัวอย่างที่ 4</u> จากรูป ที่ตำแหน่ง A, B และ C มีประจุไฟฟ้า 3.2×10^{-3} 1.6×10^{-3} และ -1.6×10^{-3} คูลอมบ์ตามลำดับ ระยะ AB = 4.8 เมตร BC = 1.6 เมตร จงหาขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุที่ตำแหน่ง B เมื่อ $A\hat{B}C = 90°$



รูป แสดงแรงกระทำต่อประจุที่ตำแหน่ง B

<u>วิธีทำ</u> ให้ q_1, q_2 และ q_3 เป็นประจุที่ตำแหน่ง A, B และ C ตามลำดับ q_2 ถูกกระทำแรง 2 แรง คือ แรง F_1 และ F_2 โดย F_1 เป็นแรงที่ q_1 ผลัก q_2 และ F_2 เป็นแรงที่ q_3ดึงดูด q_2 ขนาดของ F_1 และ F_2 หาได้จากสมการ

$$F = \frac{Kq_1q_2}{r^2}$$

ดังนั้น
$$F_1 = \frac{9 \times 10^{9} \times 3.2 \times 10^{-3} \times 1.6 \times 10^{-3}}{(4.8)^2}$$

$$= 2.0 \times 10^{3} \text{ N}$$

และ
$$F_2 = \frac{9 \times 10^{9} \times 1.6 \times 10^{-3}(-1.6 \times 10^{-3})}{(1.6)^2}$$

$$= -9.0 \times 10^{3} \text{ N}$$

ขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทาต่อประจุที่ B หาได้จากสมการ

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$= \sqrt{(2.0 \times 10^3)^2 + (-9.0 \times 10^3)^2}$$

$$= 9.2 \times 10^3 \text{ N}$$

ทิศของแรงลัพธ์เทียบกับแนว AB หาได้จาก

$$\tan \theta = \frac{|\vec{F}_2|}{|\vec{F}_1|}$$

$$= \frac{9.0 \times 10^3}{2.0 \times 10^3}$$

$$\tan \theta = 4.5$$

$$\therefore \theta = 77.5^{\circ}$$

เพราะฉะนั้นแรงที่กระทำต่อประจุที่ตำแหน่ง B มีขนาด 9.2 x 10^3 นิวตัน และทามุม 77.5 องศา กับแนว AB ตอบ

แบบฝึกหัด

1 ลูกพิธลูกหนึ่ง เสียอิเลคตรอนไป 10^4 ตัว ลูกพิธนี้มีประจุไฟฟ้าเท่าใด ($+ 1.6 \times 10^{-15}$ C)

2 เมื่อวางลูกพิธที่มีประจุห่างกัน 10 0 เซนติเมตร ปรากฏว่ามีแรงกระทำต่อกัน 10^{-6} N ถ้าวางลูกพิธทั้งสองห่างกัน 2 0 เซนติเมตร จะมีแรงกระทำระหว่างกันเท่าใด (2.5×10^{-5} N)

3 ที่แต่ละมุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งยาวด้านละ 0 2 เมตร มีประจุ 1 0 $\times 10^{-8}$ คูลอมบ์ จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อจุดประจุแต่ละจุด (4.2×10^{-5} N)

4 นำแผน พี วี ซี ที่มีประจุเข้ามาใกล้ลูกพิธ 2 ลูก ที่แขวนติดกันอยู่ ต่อมาแยกลูกพิธทั้งสองออกห่างกัน 10 0 เซนติเมตร แล้วจึงดึงแผน พี วี ซี ออก ปรากฏว่าลูกพิธทั้งสองดูดกันด้วยแรงขนาด 9 0 $\times 10^{-1}$ นิวตัน มีจำนวนอิเล็คตรอนเท่าใดที่เคลื่อนที่จากลูกพิธลูกหนึ่งไปยังลูกพิธอีกลูกหนึ่ง (10^{13} ตัว)

<u>คำสั่ง</u> เมื่อนักเรียนศึกษาจบตอนที่ 7 แล้ว ให้เตรียมตัวสอบประเมินผลหลังการเรียนต่อไป

กิจกรรม 2 ศึกษาจากสไลด์ประกอบเทปบันทึกเสียง

รายละเอียดมิได้นำมาลงไว้ ณ ที่นี้

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลา 30 นาที คะแนนเต็ม 20 คะแนน

คำชี้แจง

1 แบบทดสอบฉบับนี้มีคำถามทั้งหมด 20 ข้อ ให้นักเรียนพยายามทำให้เสร็จถูกข้อภายในเวลา 30 นาที

2 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น จากตัวเลือก ก ข ค ง หรือ จ ที่ให้ไว้ เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบใด ให้ทำเครื่องหมายเส้นทึบ (▬) ที่สอดคล้องกับตัวอักษรที่นักเรียนเลือกจาก ก ข ค ง หรือ จ ในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

**ผู้ที่ศึกษาค้นคว้าและทดลองเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และสามารถสรุปเป็นกฎ เพื่อคำนวณหาแรงระหว่างประจุไฟฟ้าได้เป็นคนแรกคือใคร

ก ธาลีส

ข คูลอมบ์

ค แอมแปร์

ง ฟาราเดย์

จ แมกซ์เวลล์

ถ้านักเรียนเลือก ข้อ ข ก็ไปทำเครื่องหมายในกระดาษคำตอบ ดังนี้

ก ▭ ข ▬ ค ▭ ง ▭ จ ▭

3 ถ้านักเรียนเลือกคำตอบแล้วต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ ให้ขีดฆ่าตัวเลือกที่ไม่ต้องการให้ชัดเจน แล้วจึงเลือกคำตอบใหม่ ดังตัวอย่าง

ก ▭ ข ~~▬~~ ค ▭ ง ▬ จ ▭

4 ถ้าข้อใดนักเรียนเลือกคำตอบเกินกว่า 1 คำตอบ ถือว่าข้อนั้นได้คะแนนศูนย์

1 ในการทดลองครั้งหนึ่ง ได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ว่า ต้องการทำให้ลูกพิธมีประจุบวก เกิดขึ้น และมีการกระทำดังนี้

1 นำวัตถุที่มีประจุบวกออกไป

2 ต่อสายดินกับลูกพิธ แล้วชักสายดินออก

3 นำวัตถุที่มีประจุลบมาจ่อใกล้ ๆ กับลูกพิธ

4 นำวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อใกล้ ๆ กับลูกพิธ

5 นำวัตถุที่มีประจุลบออกไป

ให้นักเรียนเลือกการกระทำที่ถูกเป็น แล้วนำหมายเลขหน้าข้อความที่บอกการกระทำนั้นมาเรียงลำดับตามขั้นตอนที่ถูกต้อง แล้วพิจารณาว่าสอดคล้องกับข้อใด

ก 4 2 1

ข 3 2 5

ค 2 4 1

ง 5, 4 1

จ 2 3 4

2 เมื่อนำวัตถุชิ้นหนึ่งไปจ่อใกล้ ๆ กับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธ ปรากฏว่า วัตถุนั้นดูดกับลูกพิธ ข้อใดเป็นไปได้

1 วัตถุและลูกพิธมีประจุชนิดเดียวกัน

2 วัตถุและลูกพิธมีประจุต่างชนิดกัน

3 วัตถุเป็นกลางแต่ลูกพิธมีประจุ

4 วัตถุมีประจุแต่ลูกพิธเป็นกลาง

ก ข้อ 1 2 3

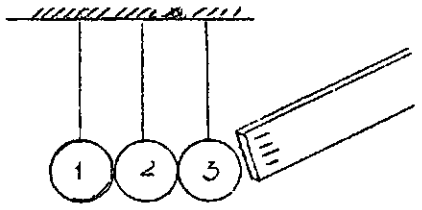
ข ข้อ 2 3 4

ค ข้อ 1 3 4

ง ข้อ 1 2

จ ข้อ 2 4

3 แขวนลูกพิธ 3 ลูก ให้สัมผัสกันดังรูป นาวัตถุที่มีประจุลบมาจอใกล้ ๆ กับลูกพิธลูกที่ 3 ใช้นิ้วมือแตะลูกพิธลูกที่ 1 แล้วชักนิ้วมือออก หลังจากนั้นจึงนาวัตถุที่มีประจุลบออก



ลูกพิธลูกที่ 1 ลูกที่ 2 และลูกที่ 3 จะมีประจุไฟฟ้าอย่างไร

ก ลบ ลบ ลบ

ข บวก บวก บวก

ค เป็นกลาง เป็นกลาง บวก

ง บวก เป็นกลาง เป็นกลาง

จ ลบ เป็นกลาง บวก

4 ในการทดลอง เพื่อตรวจสอบชนิดของประจุไฟฟ้าในวัตถุชิ้นหนึ่ง มีการกระทาดังนี้

1 ใสประจุบวกให้กับอิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ

2 ใสประจุลบให้กับอิเล็กโตรสโคปแผนโลหะ

3 สังเกตุแผนโลหะบางของอิเล็กโตรสโคป

4 นาวัตถุที่ต้องการตรวจสอบไปจอใกล้ ๆ กับจานโลหะ

ก 1 3 4

ข 2 4 3

ค 1 4 3

ง 4 2 3

จ ข้อ ข และ ข้อ ก ถูกต้อง

5 ในการทดลอง เพื่อศึกษาแรงระหว่างประจุไฟฟ้า โดยการกระทาดังนี้

ขั้นที่ 1 ถูแผนพีวีซีด้วยผ้าสักหลาดนานพอสมควร แล้วไปวางบนฝาขวดพลาสติกที่พูน

ขั้นที่ 2 ถูแผนพีวีซีอีกแผนหนึ่ง ด้วยผ้าสักหลาด ไปจอกับปลายของแผนพีวีซีในขั้นที่ 1 ปรากฏว่า เกิดแรงผลักกัน

เพื่อให้แน่ใจในผลที่เกิดขึ้นจึงทาการทดลองซ้ำโดยวิธีการเดิม และอุปกรณ์ชุดเดิม ปรากฏว่าเกิดแรงดูดกัน นักเรียนคิดว่าการได้ผลการทดลองที่ต่างกันเช่นนี้ เนื่องมาจากสาเหตุใด

1 การทดสองครั้งหลังแผนพีวีซีมีประจุเพียงแผนเดียว

2 การทดลองครั้งหลังแผนพีวีซีมีประจุต่างชนิดกัน

3 การทดลองครั้งแรกไม่มีประจุเกิดขึ้นบนแผนพีวีซีทั้งสอง

ก 1

ข 2

ค 3

ง 1 2

จ 2 3

6 ในการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกับขนาดของประจุบนลูกพิธทั้งสอง ปรากฏว่าได้ข้อมูลตามตารางข้างล่างนี้

ประจุบนลูกพิธลูกที่ 1 (หน่วย)	ประจุบนลูกพิธลูกที่ 2 (หน่วย)	ขนาดของแรง (หน่วย)
1	2	6
2	1	6
2	3	18
3	2	18
3	4	?

ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มา แล้วหาขนาดของแรงที่เหมาะสม เมื่อกำหนดให้ประจุบนลูกพิธลูกที่ 1 เป็น 3 หน่วย และประจุบนลูกพิธที่ 2 เป็น 4 หน่วย

ก 20 หน่วย

ข 24 หน่วย

ค 30 หน่วย

ง 36 หน่วย

จ 42 หน่วย

7 "ใส่ประจุชนิดหนึ่งให้กับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธ แล้วนำวัตถุชิ้นหนึ่งมาจ่อใกล้ ๆ กับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธนี้ การกระทำดังกล่าวนี้ควรจัดเป็นการทดลองเรื่องใด

ก การตรวจสอบชนิดของประจุในวัตถุ

ข การตรวจสอบชนิดของแรงระหว่างประจุ

ค การใส่ประจุให้กับวัตถุ

ง การใส่ประจุให้กับอิเล็กโตรสโคปลูกพิธ

จ ข้อ ก และ ข้อ ข ถูกต้อง

8 จากตารางบันทึกผลการทดลองต่อไปนี้ ให้นักเรียนพิจารณาว่า ควรเป็นการทดลองเรื่องใด

วัตถุที่นำไปจ่อกับกระดาษเบา ๆ	ผลที่เกิดขึ้น
พีวีซีที่ยังไม่ได้ถูกับผ้าสักหลาด	ไม่ดูด
พีวีซีที่ถูกับผ้าสักหลาดแล้ว	ดูด
เปอร์สเปกซ์ที่ยังไม่ได้ถูกับผ้าสักหลาด	ไม่ดูด
เปอร์สเปกซ์ที่ถูกับผ้าสักหลาด	ดูด

ก การศึกษาชนิดของแรงระหว่างประจุ

ข พิจารณาแรงระหว่างประจุกับแรงระหว่างมว

ค การใส่ประจุให้กับวัตถุ

ง การเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดิน

จ การศึกษาเรื่องแรงระหว่างประจุต่างชนิดกน

ในการตรวจสอบชนิดของประจุที่เกิดขึ้นบนแทงอาพัน แทง เปอร์สเปกซ์ แทงแก้ว และแทงพีวีซี ซึ่งต่างก็ถู ด้วยผ้าสักหลาด เช่น เดียวกัน ได้ทำการทดลองดังนี้ คือ

1 ถูแทงอาพันจนมีประจุ แล้ววางบนฝาขวดพลาสติกนูน

2 ถูแทง เปอร์สเปกซ์จนมีประจุแล้วไปจอใกล้ ๆ กับปลายแทงอาพันที่ถูแล้ว ปรากฏว่า ผลักกัน

3 ถูแทงพีวีซีจนมีประจุแล้วนำไปจอใกล้ ๆ กับปลายแทงอาพันที่ถูแล้ว ปรากฏว่าดูดกัน

4 ถูแทงแก้วจนมีประจุแล้วไปจอใกล้ ๆ กับปลายแทงอาพันที่ถูแล้ว ปรากฏว่าผลักกัน

นักเรียนควรบันทึกข้อมูลตามข้อใด

ก

ครั้งที่	วัตถุที่มีประจุ	ชนิดของแรงที่กระทากับแทงอาพัน
1	เปอร์สเปกซ์	ผลัก
2	พีวีซี	ดูด
3	แก้ว	ผลัก

ข

วัตถุที่มีประจุที่วาง	วัตถุที่มีประจุที่นำไปจอ	ชนิดของแรงที่กระทากับวัตถุที่วาง
แทงอาพัน	เปอร์สเปกซ์	ผลัก
แทงอาพัน	พีวีซี	ดูด
แทงอาพัน	แท่งแก้ว	ผลัก

ค

วัตถุที่มีประจุ	ชนิดของแรงที่กระทากับแทงอำพันที่มีประจุ
เปอร์สเปกซ์	ผลัก
พีวีซี	ดูด
แทงแก้ว	ผลัก

ง

ครั้งที่	วัตถุที่วาง	วัตถุที่นำไปจอ	ชนิดของแรงที่กระทากับวัตถุที่วาง
1	แทงอำพัน	เปอร์สเปกซ์	ผลัก
2	แทงอำพัน	พีวีซี	ดูด
3	แทงอาพัน	แทงแก้ว	ผลัก

จ

ครั้งที่	ชนิดของแรงที่กระทากับแทงอาพันที่มีประจุ
1	ผลัก
2	ดูด
3	ผลัก

10 อิเล็คโตรสโคปแผนโลหะอันหนึ่ง เมื่อใส่ประจุบวกจำนวนหนึ่งลงไปปรากฏว่า แผนโลหะบางกางออกเป็นมุม θ_1 ต่อมานำวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อใกล้ ๆ จานโลหะของอิเล็กโตรสโคปอันนั้น ปรากฏว่าแผนโลหะบางกางออกเป็นมุม θ_2 เมื่อนำวัตถุที่มีประจุบวกออกไปแล้วได้นำวัตถุที่มีประจุลบมาจ่อใกล้ ๆ จานโลหะของอิเล็กโตรสโคปอันเดิม ปรากฏว่า แผนโลหะบางกางออกเป็นมุม θ_3 ข้อใดถูกต้อง

ก $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$

ข $\theta_1 < \theta_2 < \theta_3$

ค $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3$

ง $\theta_2 < \theta_1 < \theta_3$

จ $\theta_3 < \theta_1 < \theta_2$

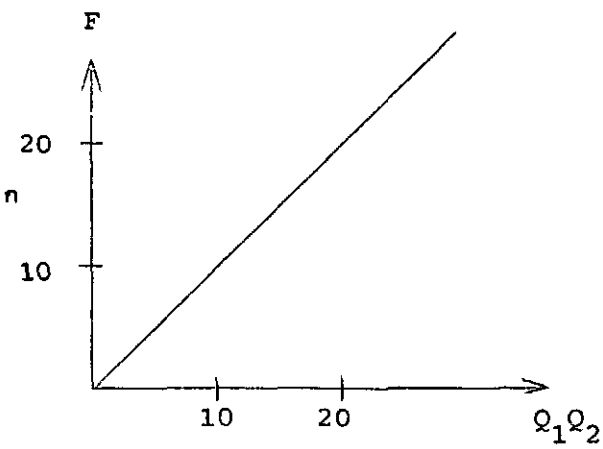
1 ในการทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ ของแรงระหว่างประจุ กับขนาดของประจุทั้งสอง โดยกำหนดให้ระยะทางระหว่างประจุคงที่ปรากฏว่าได้ผลตามตารางบันทึกข้อมูลดังนี้

	ขนาดของแรงที่เกิดขึ้น (หน่วย)
1	1
2	3
3	4
4	5

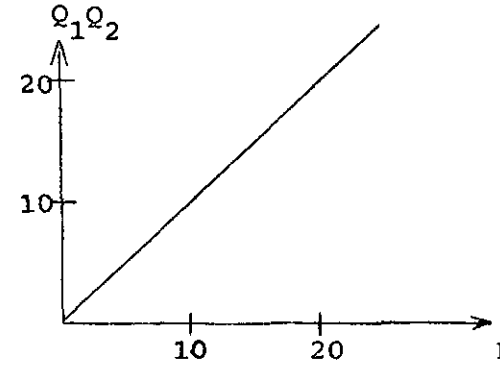
1	1
2	6
3	12
4	20

จากตารางบนทึกข้อมูลนี้ จะเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกับผลคูณของประจุทั้งสองได้ดังข้อใด

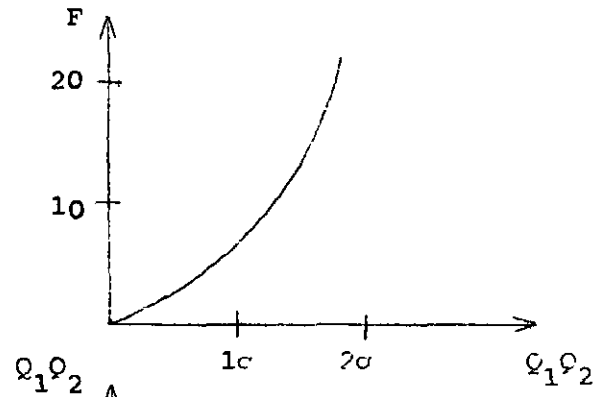
ก



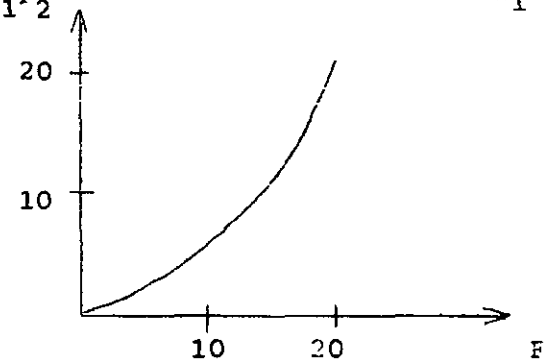
ข



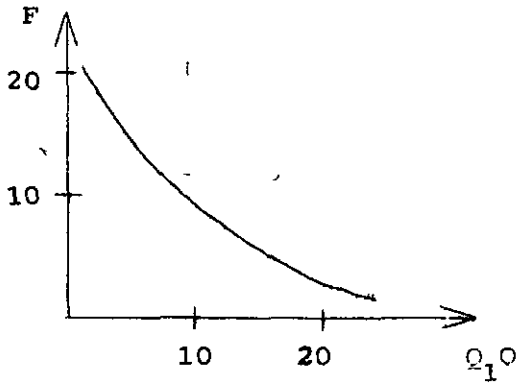
ค



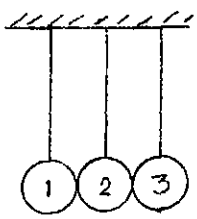
ง



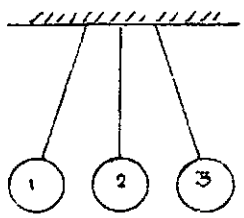
จ



12 ลูกพิธ 3 ลูก แขวนให้สัมผัสกัน ดังรูปที่ 1 ถ้าต้องการให้ลูกพิธทั้งสามอยู่ในสภาพดังรูปที่ 2 จึงทาการทดลอง ดังนี้



รูปที่ 1



รูปที่ 2

1 นาวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อใกล้ๆ ลูกพิธลูกที่ 3

2 นาวัตถุที่มีประจุบวกออกไป

3 ใช้นิ้วแตะลูกพิธลูกที่ 1 แล้วชักนิ้วออก

4 นาวัตถุที่มีประจุลบออกไป

5 นำวัตถุที่มีประจุลบมาจอใกล้ ๆ ลูกพิธลูกที่ 3

ให้นักเรียนเลือกการกระทำเทาที่จาเป็น แล้วนาตัวเลขที่อยู่หน้าการกระทำนั้นมาเรียงตามลาดับขั้นตอนที่ถูกต้อง แล้วพิจารณาวาสอดคล้องกับคาตอบข้อใด

ก 1 2 3

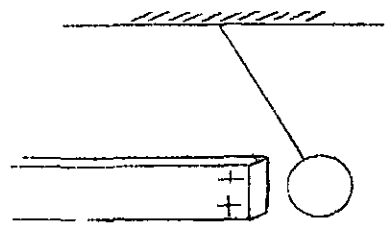
ข 5, 3 4

ค 2 5 3

ง 4 1 2

จ 3 2

13 มีลูกพิธลูกหนึ่งแขวนไว้ แล้วนำวัตถุที่มีประจุบวกจอใกล้ ๆ ถ้าต้องการให้เกิดผลดังรูป



จึงกระทาที่ลูกพิธกอนที่จะนาวัตถุที่มีประจุบวกมาจอ ดังนี้

1 นาวัตถุที่มีประจุบวกมาจอใกล้ๆ ลูกพิธ

2 ใช้นิ้วแตะด้านตรงข้ามที่นำวัตถุที่มีประจุมาจอแล้วชักนิ้วมือออก

3 นาวัตถุที่มีประจุลบมาจอใกล้ ๆ ลูกพิธ

4 นาวัตถุที่มีประจุบวกออกไป

5 นาวัตถุที่มีประจุลบออกไป

ให้นักเรียนเลือกการกระทำเทาที่จาเป็น แล้วนาตัวเลขที่อยู่หน้าการกระทานั้นมาเรียงตามลาดับขั้นตอนที่ถูกต้อง แล้วพิจารณาวาสอดคล้องกับคำตอบข้อใด

ก 1 2 4

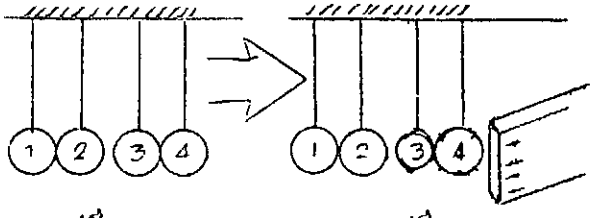
ข 1 2, 5

ค 3 2 5

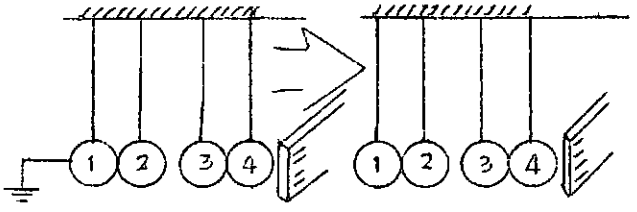
ง 2, 3

จ ข้อ ก และ ข้อ ค ถูกต้อง

14 ในการทดลอง เรื่องหนึ่ง มีขั้นตอนแสดงได้ดังรูป ต่อไปนี้



รูปที่ 1 รูปที่ 2



รูปที่ 3 รูปที่ 4

หลังจากที่นำวัตถุที่มีประจุลบในรูปที่ 4 ออกแล้ว การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่ออะไร

ก ใส่ประจุบวกให้กับลูกพิธลูกที่ 3 และ 4

ข ใส่ประจุให้กับลูกพิธลูกที่ 3 และ 4

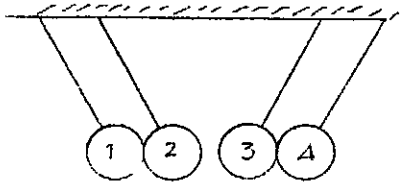
ค ใส่ประจุบวกให้กับลูกพิธลูกที่ 1 และ 2

ง ใส่ประจุลบให้กับลูกพิธลูกที่ 1 และ 2

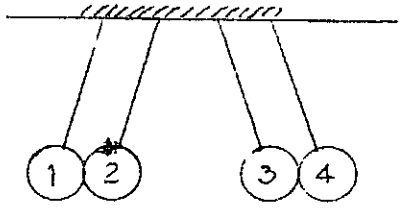
จ ใส่ประจุบวกหรือลบให้กับลูกพิธทั้ง 4 ลูก

15 จากโจทย์ข้อ 14 หลังจากที่นำวัตถุที่มีประจุลบในรูปที่ 4 ออกไป ลูกพิธทั้ง 4 จะมีสภาพดังข้อใด

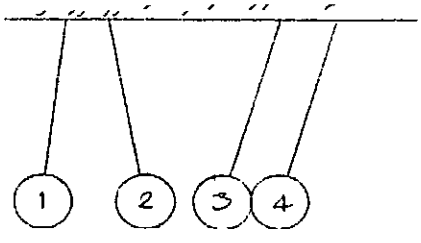
ก



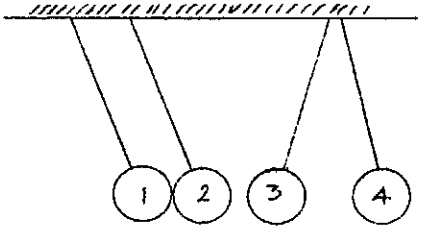
ข



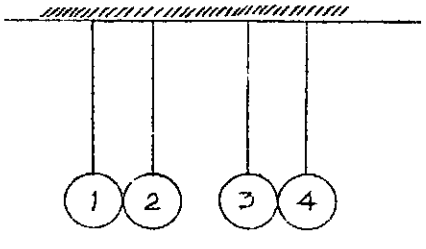
ค



ง



จ



ในการทดลอง เรื่องชนิดของแรงระหว่างประจุ ได้ผลการทดลองตามตารางบันทึกข้อมูลข้างล่างนี้

วัตถุที่ถูด้วยผ้าสักหลาดจนมีประจุ แล้ววางบนฝาขวดพลาสติกบูน	วัตถุที่ถูด้วยผ้าสักหลาด จนมีประจุแล้วไปจอใกล้ ๆ กับวัตถุที่วาง	ชนิดของแรงที่เกิดขึ้น
พีวีซี	พีวีซี	ผลัก
พีวีซี	เปอร์สเปกซ์	ดูด
เปอร์สเปกซ์	เปอร์สเปกซ์	ผลัก
เปอร์สเปกซ์	พีวีซี	ดูด
แท่งอาพัน	พีวีซี	ผลัก
แท่งแก้ว	เปอร์สเปกซ์	ดูด

จากตารางนี้จะสรุป เกี่ยวกับชนิดของประจุได้อย่างไร

ก ประจุในแท่งแก้วชนิดเดียวกับประจุในแท่งอำพัน

ข ประจุในแท่งอาพัน เป็นคนละชนิดกับประจุในแท่งเปอร์สเปกซ์

ค ประจุในพีวีซีชนิดเดียวกับประจุในแท่งแก้ว

ง ประจุในแท่งแก้วคนละชนิดกับประจุใน เปอร์สเปกซ์

จ ข้อ ก ข, ค และ ง ถูกต้อง

17. นาวัตถุที่มีประจุอันหนึ่งมาจอใกล้ๆ ก้อนโลหะของอิเล็คโตรสโคปแผ่นโลหะที่เป็นกลาง ใช้นิ้วมือแตะที่ก้อนโลหะตรงด้านตรงข้ามกับที่นำวัตถุนั้นมาจ่อแล้วชักนิ้วมือออก หลังจากนั้นจึงนาวัตถุหลายชนิดที่ถูด้วยผ้าสักหลาดจนมีประจุไปจอใกล้ ๆ กับก้อนโลหะของอิเล็กโตรสโคปอันเดิม สังเกตแผ่นโลหะบางและบันทึกผลได้ดังนี้

ชนิดของวัตถุที่ถูด้วยผ้าสักหลาดที่นำไปจอใกล้ ๆ ก้อนโลหะ	ลักษณะของแผ่นโลหะบาง
พีวีซี	หุบลงจากเดิม
เปอร์สเปกซ์	กางออกมากขึ้น
แท่งแก้ว	หุบลงจากเดิม
แท่งอาพัน	หุบลงจากเดิม

จากตารางบันทึกข้อมูลนี้ จะสรุปเกี่ยวกับชนิดของประจุได้ข้อใด

ก ประจุที่แผ่นพีวีซี เป็นชนิดเดียวกับประจุในวัตถุที่นามาจอครั้งแรก

ข ประจุที่แผ่น เปอร์สเปกซ์ เป็นชนิดเดียวกับประจุในวัตถุที่นามาจอครั้งแรก

ค ประจุที่แท่งแก้ว เป็นชนิดเดียวกับประจุที่มีอยู่ในอิเล็กโตรสโคป

ง ประจุที่แผ่นพีวีซี เป็นชนิดเดียวกับประจุที่มีอยู่ในอิเล็กโตรสโคป

จ ประจุที่แท่งอาพัน เป็นชนิดเดียวกับประจุที่เปอร์สเปกซ์

18 แขวนลูกพิธ เท่ากัน 3 ลูก ให้อยู่ใกล้กัน แต่ไม่สัมผัสกัน เมื่อนำวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อใกล้ ๆ กับลูกพิธทีละลูก ปรากฏว่า วัตถุที่มีประจุบวกนั้น ดูดกับลูกลูกพิธลูกที่ 1 ผลักกับลูกพิธลูกที่ 2 และดูดกับลูกพิธลูกที่ 3 ข้อใดกล่าวถูกต้อง

1 ลูกพิธลูกที่ 1 และ ลูกที่ 3 อาจจะมีประจุลบ

2 ลูกพิธลูกที่ 1 อาจจะไม่มีประจุไฟฟ้า

3 ลูกพิธลูกที่ 2 มีประจุบวก

ก 1

ข 2

ค 3

ง 1 และ 2

จ 1 2 และ 3

19 แขวนไลหะทรงกระบอกเล็ก ๆ อันหนึ่ง ให้วางตัวอยู่ในแนวราบ นำแท่งพลาสติกที่มีประจุบวกเป็นจำนวนมาก มาจ่อใกล้ปลายข้างหนึ่งของแท่งไลหะนี้ ปรากฏว่า เกิดแรงผลักกัน เมื่อขยับพลาสติกแท่งนั้นให้เข้าไปใกล้ยิ่งขึ้นอีก ปรากฏว่า เกิดแรงดูดกัน ไลหะทรงกระบอกเล็ก ๆ อันนี้ มีประจุสอดคล้องกับข้อใด

ก มีประจุบวกอยู่น้อย

ข มีประจุลบอยู่น้อย

ค มีประจุบวกอยู่มาก

ง มีประจุลบอยู่มาก

จ ไม่มีประจุเลย

20 นำวัตถุอันหนึ่งที่มีประจุลบอยู่เป็นจำนวนมาก เข้าไปใกล้ไลหะแท่งเล็ก ๆ อันหนึ่ง ปรากฏว่า เมื่อวัตถุอยู่ห่างจากแท่งไลหะระยะหนึ่งจะเกิดแรงผลักกัน ถ้านำวัตถุเข้าใกล้แท่งไลหะให้มากที่สุดแต่ไม่สัมผัสกันจะเกิดดังข้อใด

ก เกิดแรงผลักกันเท่าเดิม

ข เกิดแรงผลักกันมากขึ้น

ค เกิดแรงดูดกัน

ง เกิดแรงระเบิดขึ้นมา

จ ไม่มีแรงกระทำซึ่งกันและกัน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เวลา 30 นาที คะแนนเต็ม 20 คะแนน

คำชี้แจง

1 แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ ให้นักเรียนพยายามทำให้เสร็จทุกข้อ ภายในเวลา 30 นาที

2 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น จาก ก ข ค ง หรือ จ ที่ให้ไว้ เมื่อนักเรียนเลือกได้คำตอบใดให้ทำเครื่องหมายเส้นทึบ (▬) ที่สอดคล้องกับตัวอักษรที่นักเรียนเลือกจาก ก ข ค ง หรือ จ ในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

**ผู้ที่ศึกษาค้นคว้า และทดลองเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และสามารถสรุปเป็นกฎเพื่อคำนวณหาแรงระหว่างประจุไฟฟ้าได้เป็นคนแรกคือใคร

ก ธาลีส

ข คูลอมบ์

ค แอมแปร์

ง ฟาราเดย์

จ แมกซ์เวลล์

ถ้านักเรียนเลือกข้อ ข ก็ไปทำเครื่องหมายในกระดาษคำตอบ ดังนี้

ก ▭ ข ▬ ค ▭ ง ▭ จ ▭

3 ถ้านักเรียนเลือกคำตอบแล้วต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ ให้ขีดฆ่าตัวเลือกที่ไม่ต้องการให้ชัดเจน แล้วจึงเลือกคำตอบใหม่ ดังตัวอย่าง

ก ▭ ข ~~▬~~ ค ▭ ง ▬ จ ▭

4 ถ้าข้อใดนักเรียนเลือกคำตอบเกินกว่า 1 คำตอบ ถือว่าข้อนั้นได้คะแนนศูนย์

หลังจากที่ใช้ผ้าสักหลาดถูแผนพีวีซี ปรากฏว่า แผนพีวีซีดูดกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ได้ แรงดึงดูดนี้ไม่ใช่แรงดึงดูดระหว่างมวล เพราะเหตุใด

1 เพราะไม่มีแรงดึงดูดระหว่างมวลหลังจากถูแผนพีวีซีด้วยผ้าสักหลาด

2 เพราะมีแรงดึงดูดระหว่างมวลทั้งก่อนและหลังถูแผนพีวีซีด้วยผ้าสักหลาด

3 เพราะแรงดึงดูดระหว่างมวลไม่สามารถสังเกตผลที่เกิดได้

ก 1

ข 2

ค 3

ง 1 2

จ 2 3

ตามปกติในฤดูหนาวถ้าใช้มือจับหวีที่ทำด้วยพลาสติกหวีผมแห้ง ๆ หวีนั้นจะสามารถดูดวัตถุเบา ๆ ได้ ถ้าเปลี่ยนเป็นหวีที่ทำด้วยอลูมิเนียมหวีผมแห้ง ๆ และนานพอสมควร หวีนั้นจะดูดวัตถุเบา ๆ ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ก ดูด เพราะมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นที่หวี

ข ไม่ดูด เพราะอลูมิเนียมไม่เหนี่ยวนำไฟฟ้า

ค ไม่ดูด เพราะอลูมิเนียมตอสายดินกับมือที่จับ

ง ดูดแรงขึ้น เพราะอลูมิเนียมเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี

จ ดูด เพราะเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นที่อลูมิเนียม

3 วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า คือวัตถุที่มีคุณสมบัติดังข้อใด

ก ไม่มีแรงระหว่างประจุไฟฟ้ากระทำกับวัตถุใด ๆ

ข มีจำนวนประจุบวกเท่ากับประจุลบ

ค มีประจุบวกและประจุลบอยู่

ง **เป็นฉนวนไฟฟ้า**

จ ข้อ ก และข้อ ข ถูกต้อง

4 จากการถูให้ปลายข้างหนึ่งของแท่ง เปอร์สเปกซ์มีประจุลบเกิดขึ้น ถ้านำวัตถุที่มีประจุลบมาจ่อปลายที่ไม่ได้ถูของ เปอร์สเปกซ์แท่งนี้ จะมีผลดังข้อใด

ก จะเกิดแรงดูดกัน

ข จะเกิดแรงผลักกัน

ค จะมีแรงดูดเท่ากับปลายที่ถู

ง จะมีแรงผลักเท่ากับปลายที่ถู

จ จะไม่มีแรงระหว่างประจุเกิดขึ้น

5 จากการถูให้ปลายข้างหนึ่งของแท่งเหล็กมีประจุบวกเกิดขึ้น ถ้านำวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อปลายแท่งเหล็กอีกปลายหนึ่งที่ไม่ได้ถูก จะมีผลดังข้อใด

ก จะเกิดแรงดูดกัน

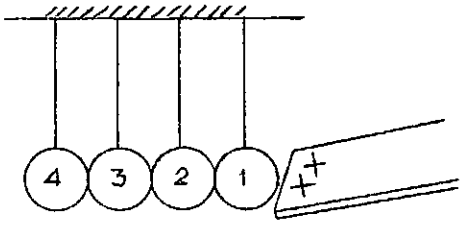
ข จะเกิดแรงผลักกัน

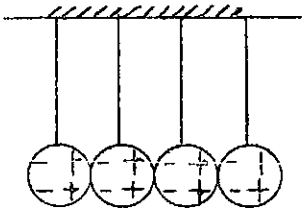
ค จะเกิดแรงดูดมากกว่าปลายที่ถู

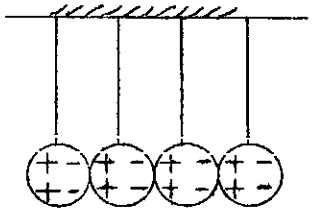
ง จะเกิดแรงผลักมากกว่าปลายที่ถู

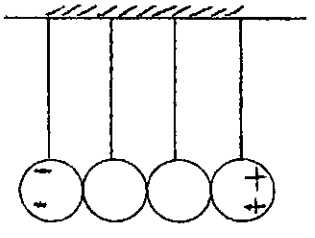
จ จะไม่มีแรงระหว่างประจุเกิดขึ้น

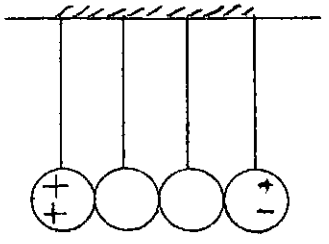
ลูกพิธขนาดเทากัน 4 ลูกแขวนให้แตะกันพอดี นาวัตถุที่มีประจุบวกมาจอใกล้ ๆ กับลูกพิธลูกที่ 1 ดังรูป ข้อใดแสดงการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนลูกพิธทั้ง 4 ได้ถูกต้อง

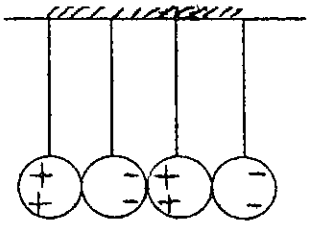


ก 

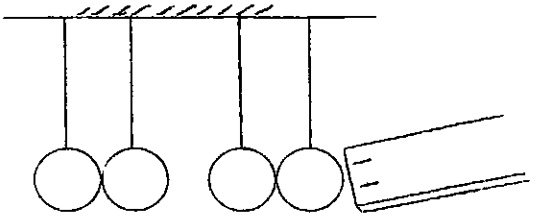
ข 

ค 

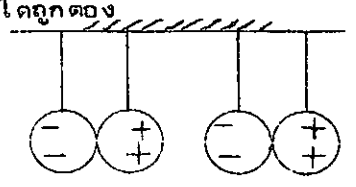
ง 

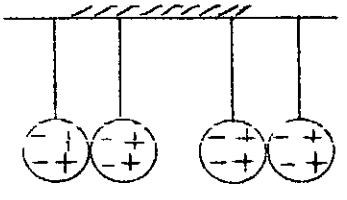
จ 

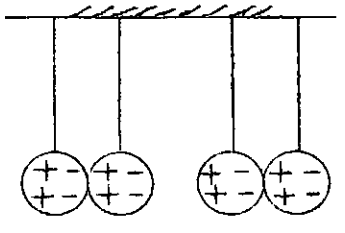
7 ลูกพิธขนาดเทากัน 4 ลูก แขวนให้แตะกันเป็นคู่ แต่ละคู่อยู่ใกล้ ๆ กัน นาวัตถุที่มีประจุลบมาจอใกล้ ๆ กับลูกพิธคู่หนึ่ง ดังรูป

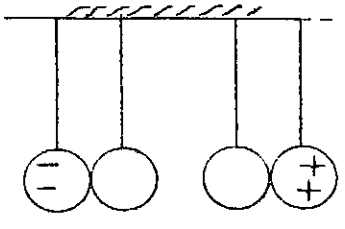


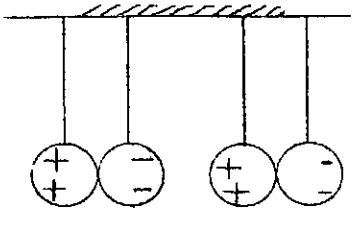
ข้อใดแสดงการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนลูกพิธทั้ง 4 ได้ถูกต้อง

ก 

ข 

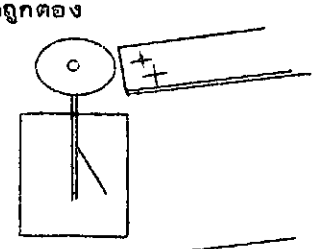
ค 

ง 

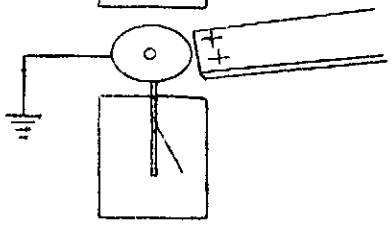
จ 

รูปในข้อใดแสดงผลตอนหนึ่งของการทดลอง เรื่อง การให้ประจุโดยการเหนี่ยวนำพร้อมต่อสายดินได้ถูกต้อง

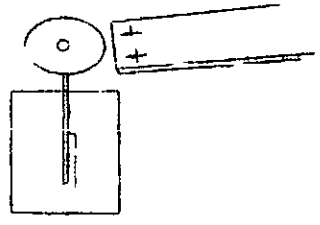
ก



ข



ค

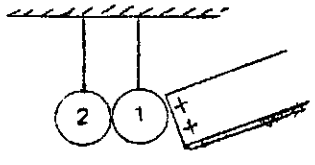


ง ข้อ ก และ ข้อ ค ถูกต้อง

จ ข้อ ก, ข และข้อ ค ถูกต้อง

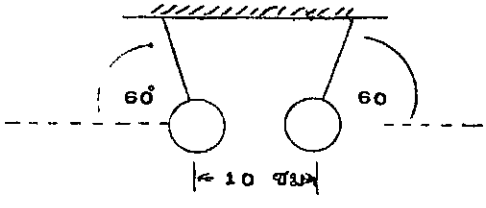
ความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 9 และ ข้อ 10

แขวนลูกพิธขนาดเท่ากัน 2 ลูกให้ติดกัน นำวัตถุที่มีประจุบวกมาจ่อใกล้กับลูกพิธลูกหนึ่ง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1

ตอนมาแยกลูกพิธออกจากกันก่อนแล้วจึงนำวัตถุที่มีประจุออกไปและนำลูกพิธแขวนใหม่ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2

กำหนดให้ลูกพิธทั้งสองมีมวลลูกละ 0 10 กรัม และค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) เท่ากับ 10 เมตร/(วินาที)^2

9 ประจุที่เคลื่อนย้ายจากลูกพิธลูกที่ 1 ไปยังลูกที่ 2 มีกี่คูลอมบ์

ก 2 53 × 10^{-16}

ข 1 11 × 10^{-16}

ค 2 53 × 10^{-8}

ง 1 11 × 10^{-8}

จ 1 11 × 10^{-11}

10 อิเล็กตรอนที่เคลื่อนจากลูกพิธลูกหนึ่งไปยังอีกลูกหนึ่ง มีประมาณกี่ตัว

ก 5 × 10^{27}

ข 3 × 10^{11}

ค 2 × 10^{11}

ง 5 × 10^{-27}

จ 2 × 10^{-11}

11 สามเหลี่ยมด้านเท่ายาวด้านละ 20 เซนติเมตร มีประจุ 10 10 และ -20 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ที่มุมทั้งสามตามลำดับ แรงลัพธ์ที่กระทำกับประจุ -20 ไมโครคูลอมบ์ มีกี่นิวตัน

ก 0

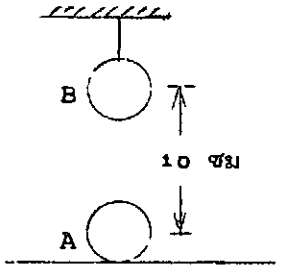
ข 36 0

ค 77 9

ง 360 0

จ 779 0

พิธ A และ B มีประจุต่างกัน แต่ขนาดเท่ากันคือ
๐ × 10^{-7} คูลอมบ์ มวลของลูกพิธทั้งสองเท่ากัน
ลูกละ 1 กรัม วางลูกพิธ A ไว้บนฉนวน และ
วนลูกพิธ B อยู่เหนือลูกพิธ A ให้ห่างกัน 10
นติเมตร ดังรูป



งดึงในเส้นเชือกจะมีค่าที่นิวตัน (กำหนดให้ค่า
= 10 เมตร/(วินาที)^2)

1 ๐ × 10^{-2}

1 ๙ × 10^{-2}

1 ๐ × 10^{-3}

1 ๙ × 10^{-3}

ข้อ ก ข ค และ ง ไม่ถูกต้อง

ฤทรงกลม 2 อัน มีประจุชนิดเดียวกัน ขนาด 2 4
ะ ๘ ๐ ไมโครคูลอมบ์ตามลำดับ ใช้เชือกผูก
งกลมทั้งสองแล้ววางบนฉนวนปรากฏว่าห่างกัน
เซนติเมตร เชือกต้องทนแรงดึงได้อย่างน้อย
วดัน จึงจะไม่ขาด

1 73 × 10^{-5}

1 73 × 10^{-3}

๐

1 73 × 10

1 73 × 10^{3}

14 วัสดุในข้อใด ไม่สามารถทำให้มีประจุไฟฟ้าโดยการ
เหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดินได้

ก อาพัน

ข ตะกั่ว

ค ปรอท

ง กราไฟท์

ง ถ่านคาร์บอน

16 ในการใช้ผ้าสักหลาดผืนเดียวกันถูแผ่นเพอร์สเปกซ์
2 แผ่น จะสรุปผลที่เกิดขึ้นกับแผ่นเพอร์สเปกซ์ ได้
อย่างไร

1 แผ่นเพอร์สเปกซ์ทั้งสองมีประจุชนิดเดียวกัน

2 แผ่นเพอร์สเปกซ์ทั้งสองมีประจุเท่ากัน

3 แรงที่แผ่นเพอร์สเปกซ์กระทำกับวัตถุที่เป็นกลาง
๒ ชนิด เป็นแรงชนิดเดียวกัน

ก 1

ข 2

ค 3

ง 1 2

จ 1 3

18 ในการทดลอง เพื่อศึกษาชนิดของแรงระหว่างประจุนั้น
มีจุดมุ่งหมาย เพื่อสังเกตผลข้อใด

ก ชนิดของแรงระหว่างประจุชนิดเดียวกัน

ข ขนาดของแรงระหว่างประจุต่างชนิดกัน

ค ขนาดของแรงระหว่างประจุชนิดเดียวกัน

ง ชนิดของแรงระหว่างประจุต่างชนิดกัน

จ ข้อ ก และข้อ ง ถูกต้อง

เมื่อพบแรงดึงดูดระหว่างประจุของวัตถุ 2 ก้อน จะสามารถสรุปเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าที่มีในวัตถุดูนั้นได้อย่างไร

1 วัตถุทั้งสองก้อนต้องมีประจุไฟฟ้า

2 วัตถุก้อนใดก้อนหนึ่งอาจเป็นกลาง

3 วัตถุทั้งสองก้อนมีประจุต่างชนิดกัน

ก 1

ข 2

ค 3

ง 1, 3

จ 2 3

อิเล็กโตรสโคปถูกพิธที่เป็นกลางกับไม่เป็นกลาง มีประโยชน์ในการใช้ตรวจประจุได้ต่างกันอย่างไร

ก อิเล็กโตรสโคปที่เป็นกลางใช้ตรวจประจุและชนิดของประจุในวัตถุได้

ข อิเล็กโตรสโคปที่ไม่เป็นกลางใช้ตรวจประจุ และชนิดของประจุที่มีในวัตถุได้

ค อิเล็กโตรสโคปที่เป็นกลางใช้ตรวจเฉพาะว่าวัตถุมีประจุหรือไม่เท่านั้น

ง อิเล็กโตรสโคปที่ไม่เป็นกลางใช้ตรวจได้เฉพาะวัตถุที่มีประจุชนิดเดียวกับประจุของลูกพิธเท่านั้น

จ ข้อ ค และข้อ ง ถูกต้อง

19. อิเล็กโตรสโคปแผ่นโลหะอันหนึ่งมีประจุบวกอยู่ ถ้านำวัตถุที่มีประจุลบมาจ่อใกล้จานโลหะ แผ่นโลหะบางจะมีลักษณะดังข้อใด

ก หุบลง

ข กางออกมากขึ้น

ค ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ง หุบลงเล็กน้อยแล้วกางออกเท่าเดิม

จ กางออกเล็กน้อย แล้วหุบลงจนสนิท

20 ในการทดลองเรื่องการให้ประจุโดยการเหนี่ยวนำพร้อมกับต่อสายดิน ถ้าชักสายดินออกภายหลังจากนำวัตถุที่นำมาจ่อออกไปผลจะเป็นอย่างไร

ก อิเล็กโตรสโกปจะมีประจุบวกเกิดขึ้น

ข อิเล็กโตรสโคปจะมีประจุลบเกิดขึ้น

ค แผ่นโลหะบางกางออกค้างอยู่

ง อิเล็กโตรสโคปจะเป็นกลาง

จ ข้อ ก และ ข้อ ค ถูกต้อง