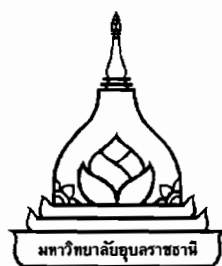


การเสริมสร้างความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E)

สมคิด รูปเหมาะ

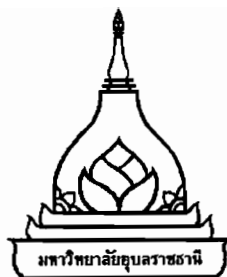
การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



**ENHANCING STUDENTS' CONCEPTS ON ALTERNATING
CURRENT USING INQUIRY (5E) METHOD FOR
GRADE 11 STUDENTS**

SOMKID ROOPMOH

**AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2014
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY**



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การเสริมสร้างความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสลatching ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E)

ผู้วิจัย นายสมคิด รูปเหมาะ

คณะกรรมการสอบ

ดร.โชคศิลป์ ชนเอียง

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพรราช

กรรมการ

ดร.วัชรินทร์ เมฆลา

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพรราช)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

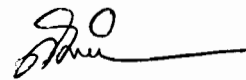
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพรราช ซึ่งเป็นอาจารย์ปรึกษา ที่ให้ข้อมูล คำแนะนำ ความรู้ และคำปรึกษาอย่างใกล้ชิด ตลอดระยะเวลาในการทำการค้นคว้าอิสระ ขอขอบคุณกรรมการสอบป้องกันการค้นคว้าอิสระ และเจ้าหน้าที่ในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนชี้แนะแนวทางต่างๆ ในการปรับปรุงส่วนที่บกพร่องของการค้นคว้าอิสระนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร พร้อมทั้ง คณะครูอาจารย์ในโรงเรียนทุกๆ ท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่เป็นประโยชน์กับการค้นคว้าอิสระ ตลอดจนอำนวยความสะดวกต่างๆ ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจให้ตลอดมา อีกทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่ได้กล่าวนามไว้ในที่นี้ ซึ่งทั้งหมดมีส่วนอย่างมากที่ทำให้การจัดทำการค้นคว้าอิสระครั้งนี้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี



(นายสมคิด รูปเหมาะ)

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การเสริมสร้างความเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE)

โดย : สมคิด รูปเหมาะ

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช

ศัพท์สำคัญ : ความก้าวหน้าทางการเรียน ไฟฟ้ากระแสสลับ สืบเสาะหาความรู้

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสริมสร้างความก้าวหน้าทางการเรียน และเพิ่มความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 24 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร รูปแบบการวิจัยคือ one group pretest-posttest design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดระดับความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติ t-test และค่า Average normalized gain, <g>

ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง <g> เท่ากับ 0.81 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

TITLE : ENHANCING STUDENTS' CONCEPTS ON ALTERNATING CURRENT
USING INQUIRY (5E) METHOD FOR GRADE 11 STUDENTS

BY : SOMKID ROOPMOH

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

CHAIR : ASST. PROF. UDOM TIPPARACH, Ph. D.

KEYWORDS : NORMALIZED GAIN / ALTERNATIVE CURRENT / INQUIRY

The purposes of this research were to increase the students' learning achievement, to enhance learning advancement, and to build up the students' satisfaction toward the learning activity. The samples were selected purposively and consisted of 24 grade 11 students in the science classroom at Princess Chulabhorn's College Mukdahan of academic year 2012. One group pretest-posttest design was used in the research. The instruments used for gathering data consisted of the series of the learning alternating current, the learning achievement test, and the questionnaire on the satisfaction levels. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, t-test statistics and the average normalized gain, $\langle g \rangle$.

The results of the study show that the average achievement score was increased with statistical significance at .05 level, the average learning progress was in the high gain of 0.81, and the students' satisfaction toward the inquiry (5E) method using the set of learning alternating current was very satisfying. The results also indicated that the learning with the inquiry method using the set of learning alternating current could increase the learning achievement effectively.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการจากการวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	21
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	21
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	28
5.2 ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	
ก ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ	34
ข เอกสารเรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ค แผนการจัดการเรียนรู้	86
ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	110
จ แบบสอบถามความพึงพอใจ	125
ฉ ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้	128
ช การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคล	131
ซ ประสิทธิภาพแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน	134
ณ ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน	137
ประวัติผู้วิจัย	139

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ	22
4.2	ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน	23
4.3	ความก้าวหน้าเฉลี่ย (Average normalized gain; $\langle g \rangle$) ของกลุ่มตัวอย่าง	24
4.4	ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้	25
จ.1	ค่าคะแนนแบบฝึกหัดย่อยท้ายแผนการจัดการเรียนรู้	129
จ.2	ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I)	130
ช.1	ผลการวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain, $\langle g \rangle$ ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบรายบุคคล	132
ช.1	ดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัด การเรียนรู้	135
ช.2	ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามความพึงพอใจ และความเชื่อมั่นแบบสอบถาม ความพึงพอใจ	136
ฅ.1	ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ	138

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	พีรามิดแห่งการเรียนรู้ (Learning pyramid)	5
2.2	วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)	8
3.1	Function generator ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟ	11
3.2	ออสซิลโลสโคป	12
3.3	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	12
3.4	โฟโตบอร์ด	12
3.5	วงจรตัวต้านทานกับแหล่งจ่ายไฟ	13
3.6	สัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป	13
3.7	วงจรอนุกรมของตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุกับแหล่งจ่ายไฟ	14
3.8	สัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป	14
3.9	วงจรอนุกรมของตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ กับแหล่งจ่ายไฟ	15
3.10	สัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป	15
3.11	วงจรอนุกรมของตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ กับแหล่งจ่ายไฟ	16
3.12	วงจรอนุกรมของตัวเก็บประจุกับตัวเหนี่ยวนำ กับแหล่งจ่ายไฟ	17
3.13	สัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป	17
4.1	แผนภูมิเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลัง	23
4.2	Normalized gain $\langle g \rangle$ ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ แยกเป็นรายบุคคล	25
5.1	การต่อสายกราวด์ของ probe ของออสซิลโลสโคป	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ถูกจัดตั้งขึ้นเมื่อ 4 เมษายน 2537 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นโรงเรียนที่เน้นการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ต่อมาในปีการศึกษา 2551 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทำข้อตกลงกับโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ ให้กลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ทั้ง 12 แห่ง เปิดห้องเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักสูตรของโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จำนวน 1 ห้องเรียนและในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 คณะรัฐมนตรีมีมติอนุมัติให้กลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ซึ่งโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหารเป็นหนึ่งใน 12 แห่ง นั้นด้วย โดยต้องการพัฒนาให้มีคุณภาพระดับเดียวกับโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ

หลักสูตรของวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยได้รับการพัฒนา ปรับปรุง แก้ไข และดูแลโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในส่วนของหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ได้ประกาศใช้ทั่วประเทศในปีการศึกษา 2519 โดยหลักสูตรนี้มุ่งสอนทั้งเนื้อหาและวิธีการที่ได้มาซึ่งความรู้ทางฟิสิกส์ โดยยึดการนำเสนอแบบใช้การทดลองเป็นหลัก (Experimental Approach) ในการเรียนการสอนเน้นที่จะให้นักเรียนเข้าใจหลักวิชามากกว่าการท่องจำและการคำนวณที่ซับซ้อนการทดลองถือเป็นส่วนสำคัญที่จะให้เข้าใจหลักวิชา รวมทั้งวิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นยังเป็นประสบการณ์ที่มีประโยชน์ที่จะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และช่วยพัฒนาให้นักเรียนเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์สำหรับวิธีสอนนั้นเน้นวิธีสืบเสาะหาความรู้และการนำเข้าสู่บทเรียน โดยการสาธิตหรืออภิปรายในสิ่งที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นและพร้อมที่จะเรียนรู้ต่อไปการสอนวิชาฟิสิกส์ในลักษณะที่เป็นวิชาเดียวจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนหลักวิชาฟิสิกส์อย่างเป็นระบบที่สัมพันธ์กันและต่อเนื่องกัน ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นลำดับของเนื้อหาจึงถือว่าสำคัญมากในการสร้างมโนคติ (concept) ที่สำคัญทางฟิสิกส์ หลักสูตรนี้ได้พยายามลำดับเหตุผลแนะให้นักเรียนคิด ผู้สอนจะต้องไม่เป็นฝ่ายบอกอย่างเดียว แต่ควรพยายามให้นักเรียนค้นหาเหตุผลและหลักความจริงด้วย

ตนเองหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ฉบับ พ.ศ. 2519 นี้ใช้อยู่ 5 ปี จึงได้รับการปรับปรุงหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ฉบับ พ.ศ. 2524 และได้มีการปรับปรุงอีกในปี พ.ศ. 2533 โดยล่าสุดได้มีการปรับปรุงอีกครั้งหนึ่งในปี พ.ศ. 2544

จะเห็นได้ว่าสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ให้ความสำคัญกับรูปแบบการสอนในลักษณะที่นักเรียนสรุปลองความรู้ด้วยตนเอง และวิธีการสอนหนึ่งที่เป็นไปตามลักษณะดังกล่าวคือการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Approach) ที่สามารถนำมาใช้ได้ผลจริงในวิชาวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมีความรู้ในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นมีทักษะในการคิดวิเคราะห์มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์คุ้นเคยกับกระบวนการหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไรและประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่ประเด็นทางสังคมและเกี่ยวกับบุคคลได้

และจากประสบการณ์การสอนในรายวิชาฟิสิกส์ของผู้วิจัยเป็นเวลากว่า 10 ปี พบว่าเนื้อหาที่เป็นปัญหา เข้าใจยากหรือไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้คือเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นกระแสไฟฟ้าหรือรูปคลื่นได้โดยง่าย อีกทั้งแบบเรียนของ สสวท. ก็ไม่มีกิจกรรมการทดลองในเรื่องนี้ จึงทำให้หลายๆ ครั้งต้องให้นักเรียนใช้จินตนาการหรือวาดภาพให้นักเรียนดู ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ในการสอนแบบสืบเสาะ (SE) เพื่อทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาง่ายขึ้นและเข้าใจอย่างถ่องแท้ รวมทั้งเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ ของนักเรียนให้สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ

1.2.2 เพื่อเสริมสร้างความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ

1.2.3 เพื่อสร้างความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 เมื่อนักเรียนได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

1.3.2 เมื่อนักเรียนได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้น

1.3.3 เมื่อนักเรียนได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) จะทำให้มีความพึงพอใจในชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 24 คน ได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง

1.4.2 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเนื้อหาสาระฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ตามหลักสูตรของห้องเรียนวิทยาศาสตร์) โดยแยกเป็น 5 ชุดการทดลองดังนี้

ชุดการเรียนรู้ที่ 1 ความถี่และความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าสลับ

ชุดการเรียนรู้ที่ 2 วงจรอนุกรม RC

ชุดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรอนุกรม RL

ชุดการเรียนรู้ที่ 4 วงจรอนุกรม RLC

ชุดการเรียนรู้ที่ 5 รีโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม LC

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ในการปรับปรุง และพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์และวิชาอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.5.2 ได้ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ชุดการเรียนรู้ที่ 1 ความถี่และความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าสลับ เป็นชุดการทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความถี่ ความต่างศักย์สูงสุด และค่า V_{rms} ของไฟฟ้ากระแสสลับ

1.6.2 ชุดการเรียนรู้ที่ 2 วงจรอนุกรม RC เป็นชุดการทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน (R) และตัวเก็บประจุ (C) ความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวม ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต้านทานบนตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในวงจรอนุกรม RC ของไฟฟ้ากระแสสลับ

1.6.3 ชุดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรอนุกรม RL เป็นชุดการทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ (L) ความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวมความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต้านทานบนตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำในวงจรอนุกรม RL ของไฟฟ้ากระแสสลับ

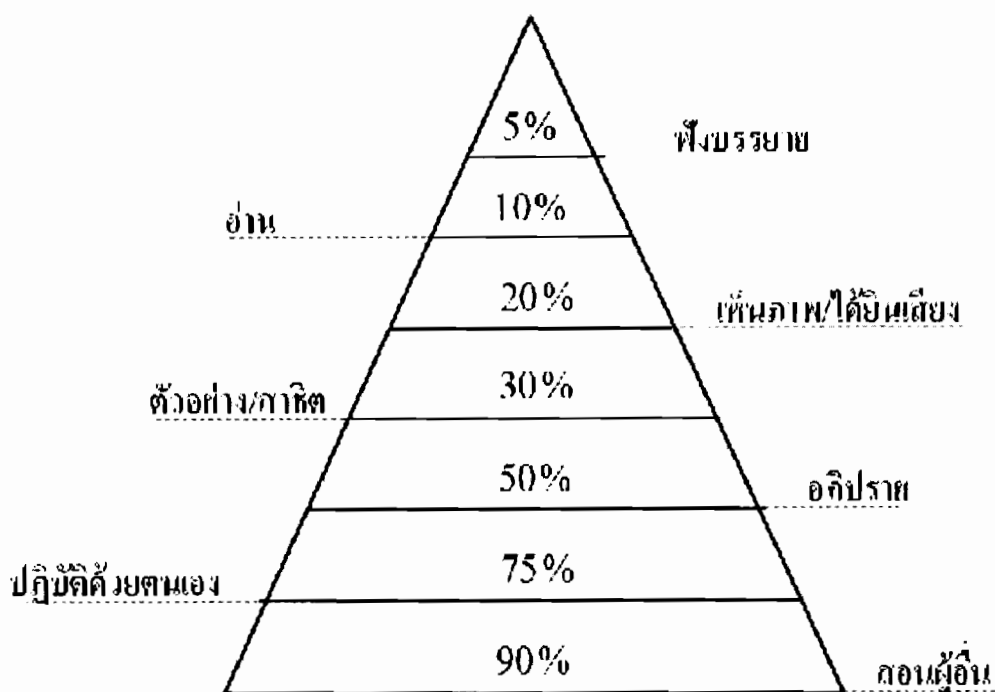
1.6.4 ชุดการเรียนรู้ที่ 4 วงจรอนุกรม RLC เป็นชุดการทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม RLC ของไฟฟ้ากระแสสลับ

1.6.5 ชุดการเรียนรู้ที่ 5 รีโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม LC เป็นชุดการทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและสามารถหาความถี่รีโซแนนซ์ของวงจรอนุกรม LC

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E) ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ
ที่เกี่ยวข้องโดยได้ศึกษา ปิรามิดแห่งการเรียนรู้ (Learning pyramid)



ภาพที่ 2.1 ปิรามิดแห่งการเรียนรู้ (Learning pyramid)

จากแผนภาพการจัดกิจกรรมที่ต่างกันแต่ละอย่างจะทำให้เก็บในความทรงจำต่างกันไป
โดยการเรียนรู้ในห้องเรียน (Lecture) หรือการนั่งฟังบรรยายเพียงอย่างเดียวจะจำได้เพียง 5 เปอร์เซ็นต์
เท่านั้น แต่ถ้าได้อ่านทำความเข้าใจด้วยตนเอง (Reading) จะทำให้จำได้เพิ่มขึ้นเป็น 10 เปอร์เซ็นต์
และเมื่อได้รับการฟังเสียงได้เห็นภาพการแสดงออก (Audiovisual) เช่นดูโทรทัศน์ ฟังวิทยุ จะจำได้

20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการได้เห็นตัวอย่าง (Demonstration) จะช่วยให้จำได้ 30 เปอร์เซ็นต์ การได้แลกเปลี่ยนความคิดหรือพูดคุยกัน (Discussion) เช่นการพูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้กันในกลุ่มจะทำให้จำได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อได้ทำการทดลองและปฏิบัติด้วยตนเอง (Practice doing) ยิ่งจะทำให้จำได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ และหากได้สอนผู้อื่น (Teaching) จะช่วยให้จำได้เพิ่มขึ้นเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถแยกวิธีการเรียนรู้ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือกลุ่มที่ 1 Traditional Passive ประกอบด้วย การบรรยาย การอ่าน การได้ดูและได้ยินเสียง การสาธิตทำให้ดูเป็นการเรียนรู้ที่เริ่มจากคนอื่น นำมาถ่ายทอดให้ และกลุ่มที่ 2 Teaming Active ประกอบด้วย การพูดคุยกันในกลุ่มย่อย การลงมือปฏิบัติและการได้ถ่ายทอดสิ่งที่ทำได้ให้คนอื่น เป็นการเรียนรู้ที่ต้องทำความเข้าใจด้วยตนเอง จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้ที่ทำให้จำได้มาก จำได้นานคือต้องได้ลงมือปฏิบัติหรือได้มีส่วนร่วมกับการกิจกรรมนั้นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการจัดการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางความคิด ค้นพบความรู้หรือแนวทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางความคิด ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาได้เอง และสามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ส่วนครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้น ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

(1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่มเรื่องที่นำเสนออาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้อาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อนแต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษาเมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นอาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

(2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือ

ปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนามการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

(3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

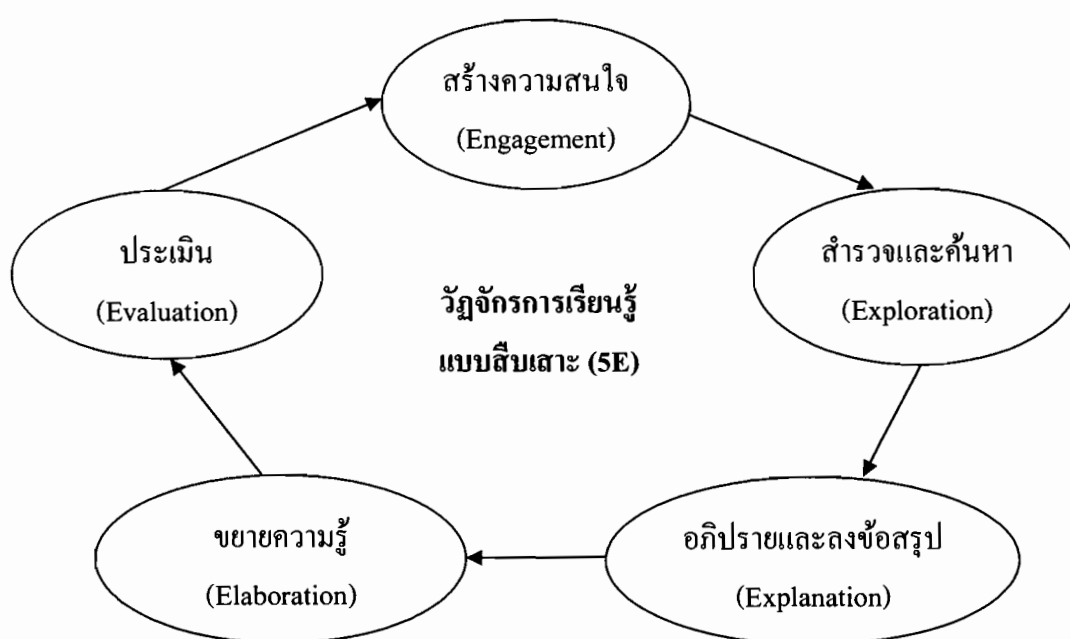
เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกันประเด็นที่ได้กำหนดไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

(4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มาก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

(5) ขั้นประเมิน (Evaluation)

เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้างอย่างไรและมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไปทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไปสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 2.2 วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะพบว่ามีการทำหลากหลายหัวข้อ โดยจะยกตัวอย่างมาเพียงบางส่วนดังนี้ เพ็ญสุดา แจ่มกลาง (2550) ได้พัฒนาผลการเรียนรู้และจิตวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E อยู่ในระดับดี และจิตวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก ส่วนนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับพอใช้และมีจิตวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มีจิตวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อุทัย แจ่มกลาง (2550) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ คุณลักษณะที่พึงประสงค์ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตและไฟฟ้ากระแสตรง จากกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ .01 3) นักเรียนมีคะแนนคุณลักษณะที่พึงประสงค์หลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้โดยรวมในระดับมาก วิสาคร เศรษฐรักษา (2551) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนร้อยละ 73.68 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม สุนิตย์ ขอนสักร์ (2551) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนร้อยละ 93.34 มีความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป อรรถกร ภูพวง (2551) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับดีมาก McDermott et al. (2005) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นอนุบาล – มัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนเฉลี่ยของการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม ส่วนนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกตินั้นมีคะแนนเฉลี่ยของการให้เหตุผลสูงกว่าร้อยละ 20 เพียงเล็กน้อย ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นต่ำกว่าร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับนั้น มีคนศึกษาก่อนข้างน้อย บางส่วนเป็นลักษณะของโปรแกรมช่วยสอน เช่น ธาณี นาคเลียง (2543) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เจษฎา ยัมพุลทรัพย์ (2546) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ อติเทพ ไช้เพชร และคณะ (2547) ได้สร้างชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นการใช้ชุดการสอนที่ประกอบด้วยแผ่นโปรงใส แบบจำลองสาริตและโปรแกรมนำเสนอ สุริโยทัย สุปัญญาพงศ์และอรรถพล เข้มแดง (2552) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โดยชุดทดลองดังกล่าวเป็นชุดการทดลองเกี่ยวกับการหาค่า Impedance การแก้ค่าประกอบกำลังแบบอนุกรมและขนาน การหาค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย ค่าใช้งานและค่าสูงสุด วงจรอนุกรมตัวเหนี่ยวนำและกำลังไฟฟ้า และทศวัฒน์ หอมแก่นจันทร์ (2553) ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

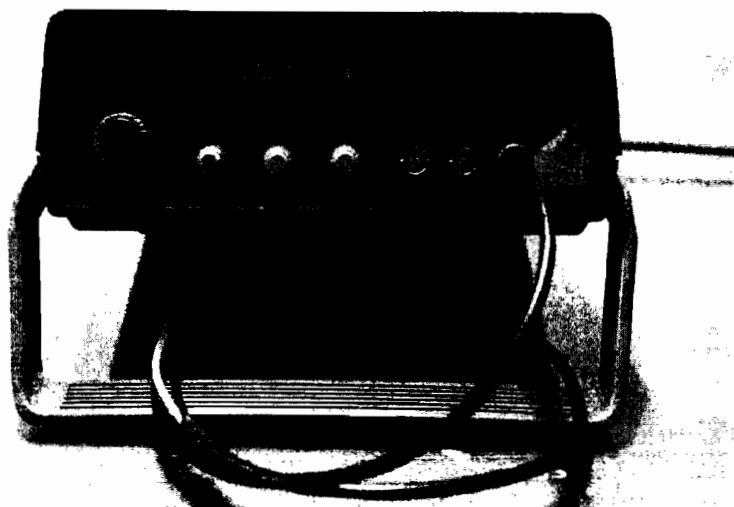
จากการศึกษาผลการวิจัยต่างๆ ที่กล่าวมา พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นการหาความรู้ที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมและสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถของตนเอง คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น และมีการนำเสนอองค์ความรู้ที่ได้จากการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อื่นได้ทราบ และการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ มีการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากสื่อการเรียนต่างๆ สามารถส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและและเสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีให้กับนักเรียนต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) ได้ใช้วิธีการวิจัยแบบ one group pretest-posttest design โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร จำนวน 24 คน ซึ่งเป็นการเลือกแบบเจาะจง นักเรียนกลุ่มนี้เป็นนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่ใช้หลักสูตรของโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

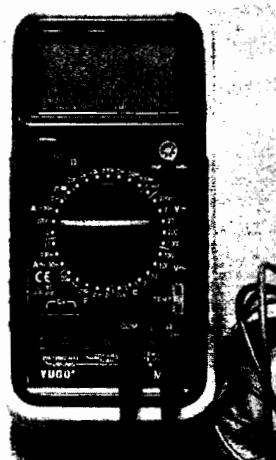
ในการสร้างชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 5 ชุดการเรียนรู้ ในแต่ละชุดการเรียนรู้ใช้เวลาจำนวน 2 คาบๆ ละ 55 นาที รวมเวลาทั้งสิ้น 10 คาบ แล้วนำมาจัดทำแผนการเรียนรู้จำนวน 5 แผนการเรียนรู้ โดยทุกชุดการเรียนรู้จะใช้ Function generator เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าซึ่งมีความต่างศักย์ไฟฟ้าประมาณ 5V นอกจากนี้ยังมีออสซิลโลสโคป ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ และไฟโตบอร์ด เป็นอุปกรณ์หลัก



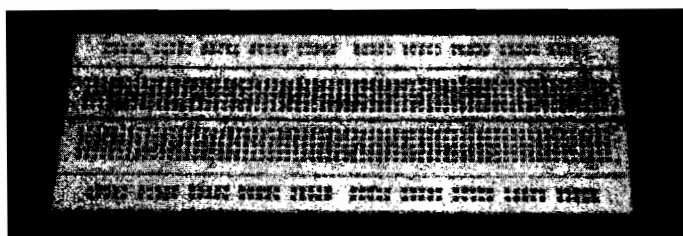
ภาพที่ 3.1 Function generator ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 3.2 ออสซิลโลสโคป



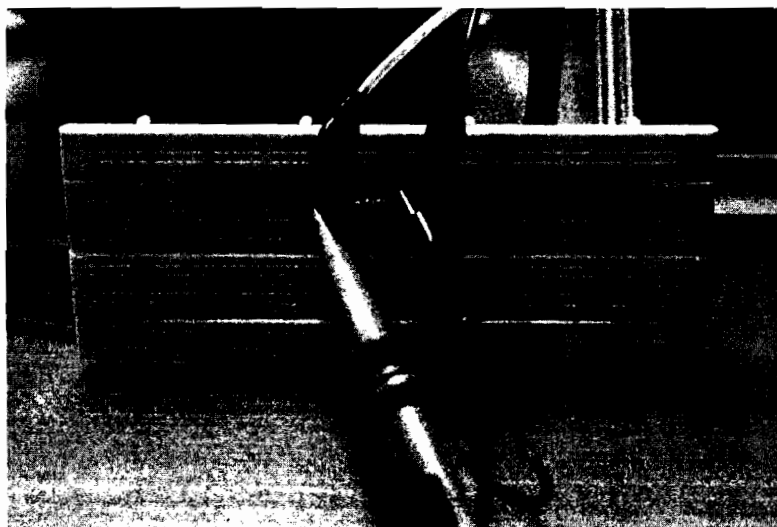
ภาพที่ 3.3 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์



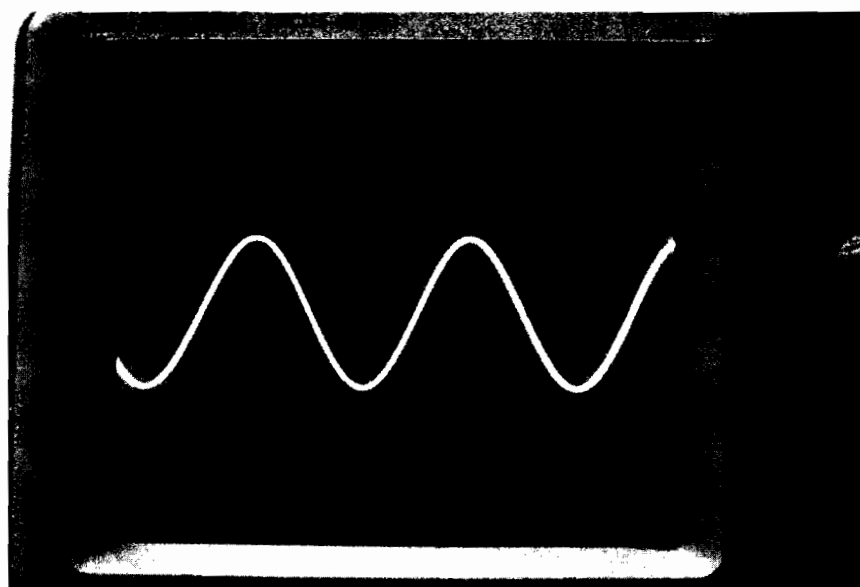
ภาพที่ 3.4 โฟโตบอร์ด

ชุดการเรียนรู้ที่ 1 ความถี่ และความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าสลับ

เป็นชุดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความถี่ ความต่างศักย์สูงสุด และค่า V_{rms} ของไฟฟ้ากระแสสลับโดยนำตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่อกับ แหล่งจ่ายไฟฟ้า ค้างรูป ซึ่งรายละเอียดอยู่ในชุดการเรียนรู้ที่ 1 ในภาคผนวก ก



ภาพที่ 3.5 วงจรตัวต้านทานกับแหล่งจ่ายไฟ



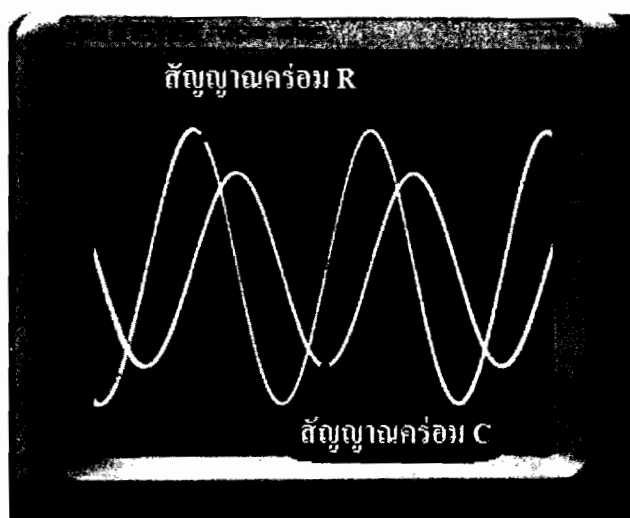
ภาพที่ 3.6 สัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป

ชุดการเรียนรู้ที่ 2 วงจรอนุกรม RC

เป็นชุดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้งศักย์คร่อมตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวม ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต้านทานบนตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ในวงจรอนุกรม RC ของไฟฟ้ากระแสสลับโดยนำตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุขนาด $4.7\ \mu F$ แล้วต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดังรูป ซึ่งรายละเอียดอยู่ในชุดการเรียนรู้ที่ 2 ในภาคผนวก ก



ภาพที่ 3.7 วงจรอนุกรมของตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุกับแหล่งจ่ายไฟ



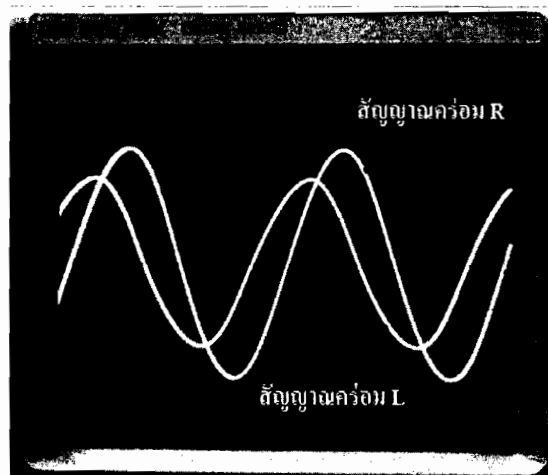
ภาพที่ 3.8 สัญญาณไฟฟ้าของความต้งศักย์คร่อมตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป

ชุดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรอนุกรม RL

เป็นชุดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวม ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต้านทานบนตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ในวงจรอนุกรม RL ของไฟฟ้ากระแสสลับโดยนำตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ (แทนด้วยหม้อแปลงขนาดเล็ก) แล้วต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดังรูป ซึ่งรายละเอียดอยู่ในชุดการเรียนรู้ที่ 3 ในภาคผนวก ก



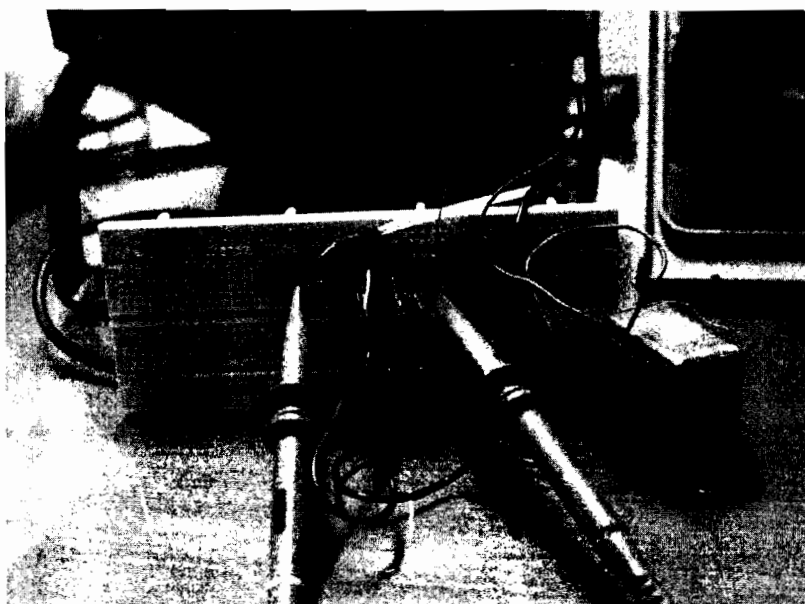
ภาพที่ 3.9 วงจรอนุกรมของตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ กับแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 3.10 สัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำ ที่วัดด้วยออสซิลโลสโคป

ชุดการเรียนรู้ที่ 4 วงจรอนุกรม RLC

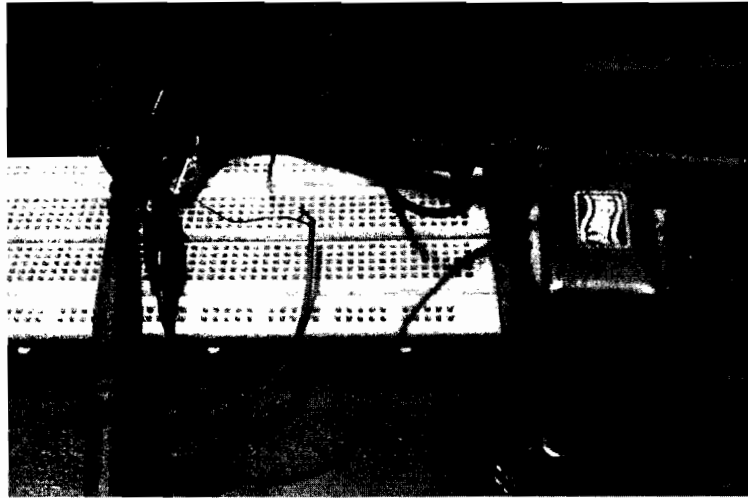
เป็นชุดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม RLC ของไฟฟ้ากระแสสลับโดยนำตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุขนาด $4.7\ \mu F$ และตัวเหนี่ยวนำ (แทนด้วยหม้อแปลงขนาดเล็ก) แล้วต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดังรูป ซึ่งรายละเอียดอยู่ในชุดการเรียนรู้ที่ 4 ในภาคผนวก ก



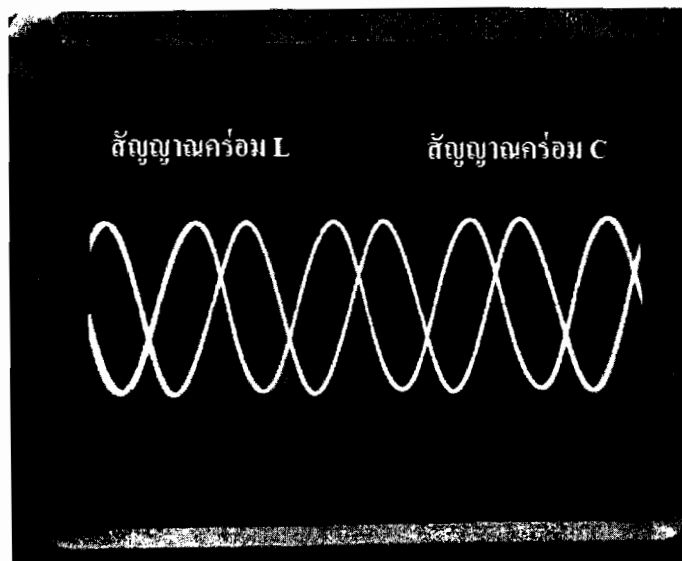
ภาพที่ 3.11 วงจรอนุกรมของตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ กับแหล่งจ่ายไฟ

ชุดการเรียนรู้ที่ 5 รีโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม LC

เป็นชุดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและสามารถหาความถี่รีโซแนนซ์ของวงจรอนุกรม LC โดยนำตัวเก็บประจุขนาด $4.7\ \mu F$ ต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ (แทนด้วยหม้อแปลงขนาดเล็ก) แล้วต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดังรูป ซึ่งรายละเอียดอยู่ในชุดการเรียนรู้ที่ 5 ในภาคผนวก ก



ภาพที่ 3.12 วงจรอนุกรมของตัวเก็บประจุกับตัวเหนี่ยวนำ กับแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 3.13 สัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำที่วัดด้วย
ออสซิลโลสโคป

ซึ่งการวัดความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำอาจใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 2 ตัว หรือใช้ออสซิลโลสโคป 2 ช่องสัญญาณก็ได้ โดยตามรูปที่ 3.13 เป็นการใช้ออสซิลโลสโคป 2 ช่องสัญญาณ

ในแต่ละชุดการเรียนรู้ นักเรียนต้องตอบคำถามก่อนการทดลอง คำถามหลังการทดลอง และกิจกรรมการเรียนรู้จะเป็นปฏิบัติการที่นักเรียนต้องปฏิบัติด้วยตนเอง บันทึกผลการปฏิบัติการ วิเคราะห์และสรุปผลตามแบบบันทึก โดยครูผู้สอนจะเป็นเพียงคนที่คอยให้คำแนะนำเท่านั้น แต่

เมื่อนักเรียนทำปฏิบัติการเสร็จสิ้นแล้วจะต้องมาร่วมกันสรุปกับนักเรียนอีกครั้ง พร้อมทั้งอธิบายถึงหลักการและเหตุผลที่ถูกต้องแก่นักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน โดยเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ คะแนนเต็มทั้งหมด 50 คะแนน การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บจากคะแนนก่อนทำกิจกรรม หลังทำกิจกรรม คะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน โดยนำคะแนนของคำถามหลังการทำกิจกรรมกับคะแนนของแบบทดสอบหลังเรียนมาหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ซึ่งกำหนดว่าจะต้องได้ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 จึงจะยอมรับประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ชุดนี้

การหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ใช้สูตร E_1/E_2 ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

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

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของคำถามหลังทำกิจกรรม

$\sum Y$ แทน คะแนนรวมของการทดสอบหลังเรียน

A แทน คะแนนเต็มของคำถามหลังทำกิจกรรม

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

ทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรมเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้สูตร E.I (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$\text{หาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.)} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนทดสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}$$

สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากที่นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างแล้ว ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติดังนี้คือค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเดียว ซึ่งใช้สถิติทดสอบสมมติฐานแบบ Dependent samples test มีสูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2547)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t	แทน	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
D	แทน	ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
$\sum D$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
$\sum D^2$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนนยกกำลังสอง
$(\sum D)^2$	แทน	ยกกำลังสอง ของ ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

จากนั้นวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้ Average normalized gain, <g> ซึ่งหาได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มสูงสุด (Maximum possible gain) ซึ่งได้มีการกำหนดระดับของความก้าวหน้าทางการเรียนเป็น 3 ระดับคือ

“High gain ” เมื่อ $\langle g \rangle \geq 0.7$ ผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในระดับสูง

“Medium gain” เมื่อ $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$ ผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง

“Low gain” เมื่อ $0 \leq \langle g \rangle < 0.3$ ผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ

โดยใช้สูตรดังนี้ (Hake, 1998)

$$\langle g \rangle = \frac{(\%POST) - (\%PRE)}{100 - \%PRE}$$

เมื่อ <g>	แทน	ค่า Normalized gain
% post	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์
% pre	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ประเภทของ Normalized gain สามารถแบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้

(1) Class average normalized gain หมายถึง การพิจารณาความเข้าใจโดยดูจากคะแนนเฉลี่ยของทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้งชั้น ค่าที่ได้จากการคำนวณจะหมายถึงความเข้าใจในความคิดรวบยอดที่เปลี่ยนแปลงในภาพรวมทั้งชั้นเรียนว่ามีผลการเรียนเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด

(2) Single student normalized gain หมายถึง การพิจารณาความเข้าใจในความคิดรวบยอดของนักเรียนเป็นรายบุคคล หากนำค่า $\langle g \rangle$ ของนักเรียนแต่ละคนมาหาค่าเฉลี่ยกันทั้งชั้นควรได้ค่าเดียวกับ Class average normalized gain แต่พบว่าค่าที่ได้ไม่เท่ากัน โดยค่าที่ได้จากวิธีนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง $\pm 5\%$ ของค่า $\langle g \rangle$ ที่ได้จากวิธี Class average normalized gain

(3) Single test item normalized gain หมายถึง การพิจารณาความเข้าใจในความคิดรวบยอดของนักเรียนในข้อสอบข้อนั้นๆ ที่กำลังพิจารณาเพื่อจะบอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในคำถามข้อนั้นมากเพียงใด ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปปรับปรุงการเรียนการสอนเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบข้อนั้นได้

(4) Conceptual dimensional normalized gain หมายถึง การพิจารณาความเข้าใจในความคิดรวบยอดโดยรวม เพื่อดูว่านักเรียนมีความเข้าใจในหัวข้อนั้นๆ เป็นอย่างไร ผลที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนในส่วนที่นักเรียนมีความเข้าใจผิด (misconception) ได้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการและเสนอผลการวิเคราะห์ ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

4.1 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

ตอนที่ 3 การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้

หลังจากจัดการเรียนการสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ จะได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตาราง

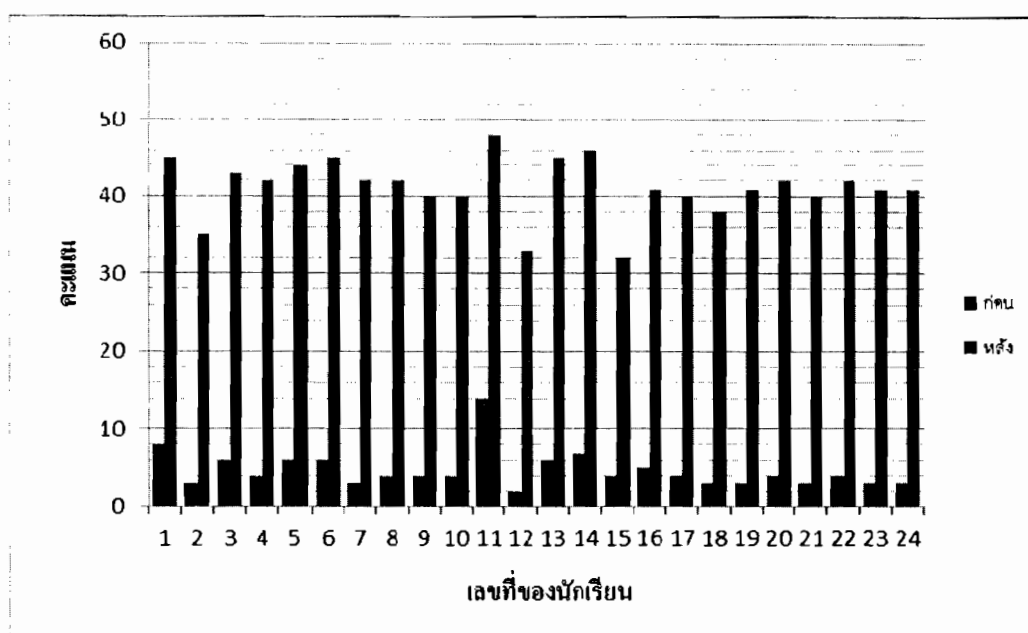
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

จำนวน นักเรียน 24 คน	Pre-test	คะแนนแบบฝึกหัดย่อยระหว่างเรียน					รวม	post-test
		แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้						
		แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4	แผน 5		
	50	10	10	10	10	10	50	50
$\bar{X}$	4.71	8.29	8.21	8.29	8.71	8.79	42.29	41.17
SD	2.48	0.91	0.83	0.81	0.86	0.93	3.54	3.81
ร้อยละ	9.42	82.92	82.08	82.92	87.08	87.92	84.58	82.33

จากตารางที่ 4.1 พบว่าประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับ 84.58/82.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 โดยที่ค่า 84.58 คือประสิทธิภาพของกระบวนการ หาได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของคะแนนคำถามหลังการทำกิจกรรม และค่า 82.33 คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หาได้จากร้อยละคะแนนเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ และเมื่อนำมาหาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I) ของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 0.8013 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนเพิ่มจากก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.13

4.2.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติที (t-test) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยเปรียบเทียบข้อมูลคะแนนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการเปรียบเทียบ แสดงได้ดังภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 แผนภูมิเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลัง

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	จำนวน นักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	SD	t	Sig.
ก่อนเรียน	24	50	4.71	9.42	2.48	64.57*	0.0000
หลังเรียน		50	41.17	82.33	3.81		

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $df = 23$, $t = 1.7139$

จากตาราง 4.2 พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 4.71 และหลังเรียนเท่ากับ 41.17 จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน ค่า t คำนวณได้มีค่า 64.57 มากกว่าค่า t วิกฤต ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.7139 และค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจกับเนื้อหาได้มากขึ้น

4.2.3 การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

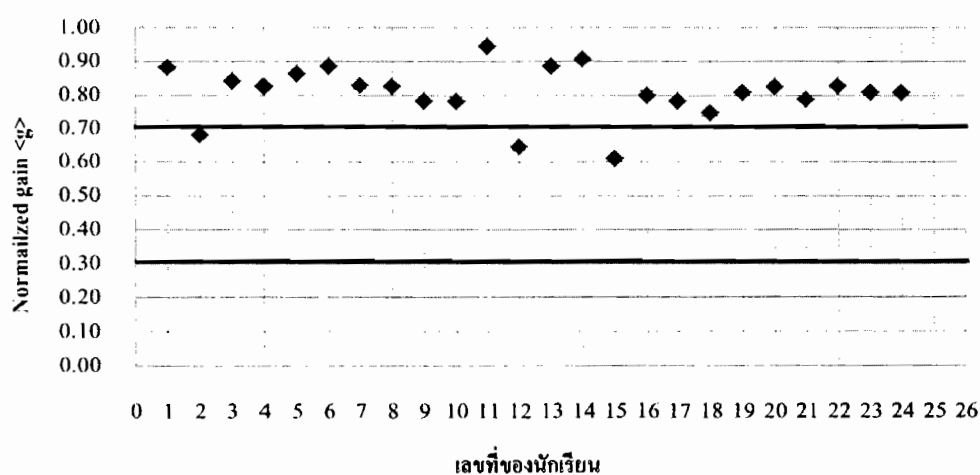
จากการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โดยใช้วิธี Average Normalized Gain, $\langle g \rangle$ ซึ่งหาได้จาก ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual Gain) หารด้วยผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มสูงสุด (Maximum Possible Gain) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความก้าวหน้าเฉลี่ย (Average normalized gain; $\langle g \rangle$) ของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม	Pre-test	Post-test	Actual gain (%post-%pre)	Maximum possible gain (100-%pre)	Normalize gain $\frac{\%post - \%pre}{100 - \%pre}$
กลุ่มตัวอย่าง	4.71	41.17	72.92	90.58	0.81 (High)

พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้าทางการเรียน อยู่ในระดับสูง (High gain) คือ มีค่าความก้าวหน้าเฉลี่ยทางการเรียนเท่ากับ 0.81 แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนแบบสืบเสาะ ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ มากขึ้น

และเมื่อวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain, $\langle g \rangle$ ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน pre-test/post-test ของกลุ่มตัวอย่างแบบรายบุคคล พบว่ามีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง (High gain) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 และระดับกลาง (Medium gain) จำนวน 3 คน โดยคิดเป็นร้อยละ 12.50 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำ (Low gain) ดังภาพที่ 4.2 (ข้อมูลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคลอยู่ในภาคผนวก ข)



ภาพที่ 4.2 Normalized gain <g> ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ
แยกเป็นรายบุคคล

4.2.4 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยมีการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านสาระการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการใช้สื่ออุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้

รายการแสดงความคิดเห็น	$\bar{X}$	SD	ความพึงพอใจ	อันดับ ที่
1. ด้านสาระการเรียนรู้				
1.1 เนื้อหามีความน่าสนใจ	3.90	0.65	มาก	9
1.2 เนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย	4.05	0.57	มาก	4
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน	3.92	0.59	มาก	8

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

รายการแสดงความคิดเห็น	$\bar{X}$	SD	ความพึงพอใจ	อันดับ ที่
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้				
2.1 นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	3.89	0.65	มาก	10
	3.71	0.69	มาก	12
2.2 นักเรียนมีโอกาสดูแลความรู้ด้วยตัวเอง	3.76	0.75	มาก	11
2.3 เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้จากกิจกรรม มีความเหมาะสม	4.35	0.65	มาก	3
	4.59	0.53	มาก	1
2.4 ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น				
2.5 กิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจน				
3. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้				
3.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	3.58	0.64	มาก	15
3.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	3.71	0.69	มาก	12
3.3 นักเรียนมีโอกาสดูประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน	3.66	0.53	มาก	14
4. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้				
4.1 สื่อมีความน่าสนใจและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	4.45	0.57	มาก	2
4.2 ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น	3.97	0.54	มาก	6
	3.93	0.49	มาก	7
4.3 สื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่จะตั้งคำถาม	4.03	0.49	มาก	5
4.4 นักเรียนได้รับประโยชน์จากสื่อการเรียนรู้				
รวมเฉลี่ย	3.97	0.60	มาก	

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายการประเมิน 4 ด้าน คือ 1) ด้านสาระการเรียนรู้ 2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และ 4) ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ อยู่ในระดับ มาก คือมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 3.97 และจากข้อมูล

ดังกล่าวเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกด้าน และด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่นักเรียนมีความพึงพอใจสูงสุด 3 อันดับ คือ พึงพอใจกับกิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจน ($\bar{X} = 4.59$) รองลงมา คือ พึงพอใจกับสื่อมีความน่าสนใจและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.45$) และ พึงพอใจกับกิจกรรมช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น ($\bar{X} = 4.35$) ส่วนข้อที่มีความพึงพอใจต่ำสุด คือ มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย ($\bar{X} = 3.58$)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) สามารถสรุปผลการวิจัย และมี
ข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการ
เรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่า
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับสูง (High gain) ซึ่งมีค่า
เท่ากับ 0.81 เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคล จะมีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง
(High gain) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ระดับกลาง (Medium gain) จำนวน 3 คน โดยคิด
เป็นร้อยละ 12.50 โดยไม่พบนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำ (Low gain) เลย
แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนแบบแบบสืบเสาะส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่อง
ไฟฟ้ากระแสสลับมากขึ้น

และผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนด้วย
วิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ในระดับ พอใจมาก
มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 3.97

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) โดยใช้ชุดการ
เรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้ ทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนมี
ทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

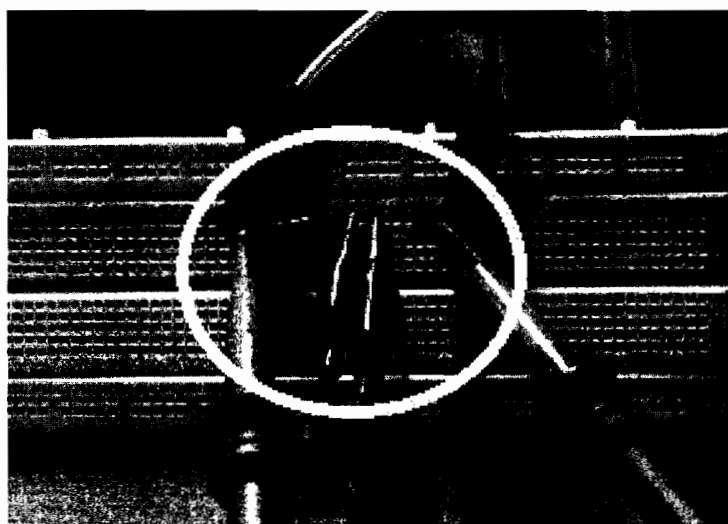
5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 ครูต้องคอยกำกับ ดูแล นักเรียนอย่างใกล้ชิด ควรแนะนำการใช้วัสดุและอุปกรณ์ ในชุดกิจกรรมอย่างละเอียด โดยเฉพาะออสซิลโลสโคป เนื่องจากระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนจะมี ข้อสงสัยเกี่ยวกับการใช้ออสซิลโลสโคปเป็นอย่างมาก ถ้ามีเวลามากพอควรสอนการใช้ ออสซิลโลสโคปก่อนทำกิจกรรมทดลอง

5.2.2 การเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าในชุดกิจกรรม ผู้วิจัยเลือกใช้ Function generator เป็น แหล่งจ่ายไฟฟ้า เนื่องจากสามารถปรับความถี่แล้วทำให้ได้ความต่างศักย์ที่เหมาะสมจนเห็นความ แตกต่างของเฟสในวงจรได้อย่างชัดเจน โดยมีผลกับวงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำหรือตัวเก็บประจุ ทำให้ดู สัญญาณไฟฟ้าง่ายขึ้น แต่หากไม่มี Function generator สามารถใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสกลับ ขนาดไม่เกิน 12 V ได้ แต่จำเป็นต้องเลือกตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุที่มีความต้านทานเชิงซ้อน ต่างกันไม่มากเกินไป จึงจะเห็นความต่างของเฟสได้

5.2.3 การต่อ probe ของออสซิลโลสโคป ต้องต่อสายกราวด์ร่วมหรือให้กราวด์อยู่ ตำแหน่งเดียวกันดังรูป จึงจะได้สัญญาณที่ถูกต้อง



ภาพที่ 5.1 การต่อสายกราวด์ของ probe ของออสซิลโลสโคป

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา ชัมพลทรัพย์. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อสอนซ่อมเสริมวิชาวงจรไฟฟ้า กระแสสลับ สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.
- ทศวัฒน์ หอมแก่นจันทร์. การพัฒนาชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.
- ธานี นาคเกลี้ยง. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.
- นิรันดร์ สุวรรณ์. คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.6 เทอม 1 “ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้า และแม่เหล็ก 1 และ 2”. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา, 2549.
- บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2545.
- ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. “12 ปี ของการพัฒนาการด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในประเทศไทย”, ใน การพัฒนาหลักสูตรฟิสิกส์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : ชวนพิมพ์, 2527.
- เพ็ญสุดา แจ้งกลาง. การพัฒนาผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง เครื่องกล โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเดชอุดม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษอุบลราชธานี เขต 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 2550.
- วิสาคร เศรษฐรักษา. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิจัยการศึกษาเบื้องต้น. มหาสารคาม : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2547.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สุนิตย์ ขอนสักร. การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เลี้ยว โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้.
วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.
- สุริโยทัย สุปัญญาพงศ์ และอรรถพล เข้มแดง. “การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ”, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 5(1) : 9-17 ; มกราคม-มิถุนายน, 2552.
- อดิเทพ ไช้เพชร และคณะ. “การสร้างชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ”, ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42. น. 59-66. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.
- อรรถกร ภูวก. การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.
- อุทัย แข็งกลาง. “รายงานผลการวิจัย เรื่อง ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตและไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชอุดม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5”, ผลงานทางวิชาการ. <http://www.silapasart.com/academic.html>. 24 เมษายน, 2555.
- Hake R. “Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand survey of mechanics test data for introductory physics courses”, The American Journal of Physics. 66(1): 64-74, 1998.
- McDermott, L.C., P.R.L. Heron and P.S. Shaffer. “Physics by Inquiry: A research – based approach to preparing K–12 teachers of physics and physical science”, APS Forum on Education Newsletter. 1(1): 23 – 26; Summer, 2005.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

ชุดการเรียนรู้ที่ 1

ความถี่และความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าสลับ

คำถามก่อนการทดลองที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลองตามความรู้ของนักเรียน

1. กระแสไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไปเป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ และทราบได้อย่างไร

ตอบ.....
.....

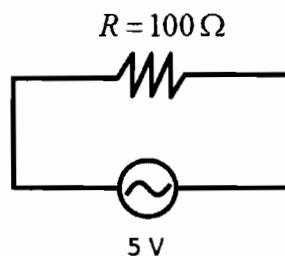
2. นักเรียนสามารถวัดความถี่ของไฟฟ้าได้อย่างไร

ตอบ.....
.....

3. ค่ายังผลหรือค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (*rms*) คืออะไร

ตอบ.....
.....

4. จากวงจรไฟฟ้ากระแสสลับดังรูป



- 4.1 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน เมื่อวัดด้วยมัลติมิเตอร์มีค่าเท่าใด

ตอบ.....

- 4.2 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน เมื่อวัดด้วยออสซิลโลสโคปมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

5. มัลติมิเตอร์ทั่วไปสามารถแสดงรูปคลื่นหรือความถี่ของสัญญาณได้หรือไม่และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์เป็นค่าอะไร

ตอบ.....
.....

วัตถุประสงค์

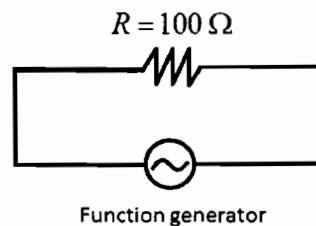
เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความถี่ ความต่างศักย์สูงสุด และค่า V_{rms} ของไฟฟ้ากระแสสลับ

วัสดุอุปกรณ์

- | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| 1. ตัวต้านทาน 100 Ω | 1 ตัว | 4. Function generator | 1 เครื่อง |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง | 5. โพรโบบอร์ด | 1 อัน |
| 3. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง | | |

วิธีดำเนินการ

1. ต่อวงจรดังรูป โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจาก Function generator (ความต่างศักย์ประมาณ 5 V)



2. วัดความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ด้วยมัลติมิเตอร์และออสซิลโลสโคป แล้วบันทึกผลในตาราง

ความต่างศักย์ไฟฟ้า		คาบเวลาที่สามารถอ่านได้	ความถี่ที่สามารถอ่านได้ จาก Function generator
มัลติมิเตอร์	ออสซิลโลสโคป (V_p) (VOLTS / DIV)	จากออสซิลโลสโคป (TIME / DIV)	

3. อ่านค่าคาบเวลาจากออสซิลโลสโคป แล้วบันทึกผล
4. ทดลองเปลี่ยนค่าความถี่ของ Function generator แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่น
5. วิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ที่วัดโดยมัลติมิเตอร์และออสซิลโลสโคป
6. สรุปผลการทดลอง

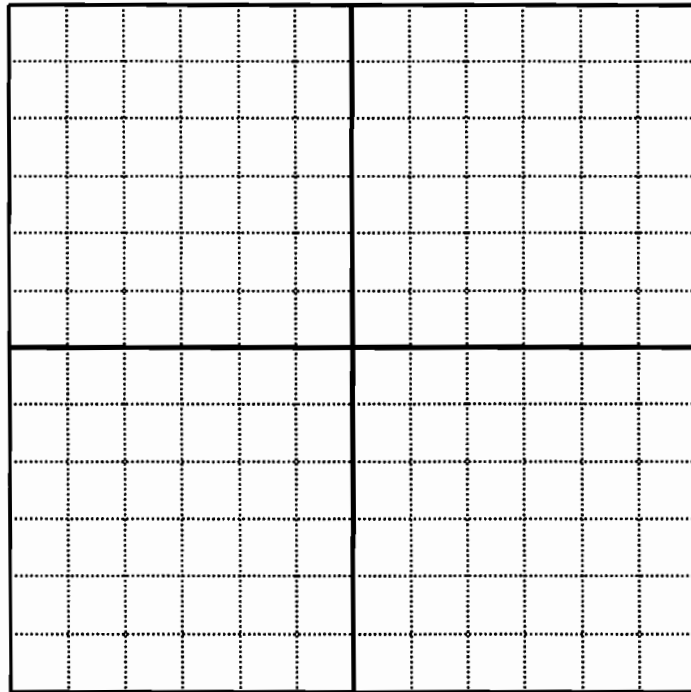
วิเคราะห์ผลการทดลอง

- หาความถี่และความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ข้อมูลจากออสซิลโลสโคป เมื่อ

แกน X =TIME/DIV

แกน Y =VOLTS/DIV

ลักษณะสัญญาณที่ได้

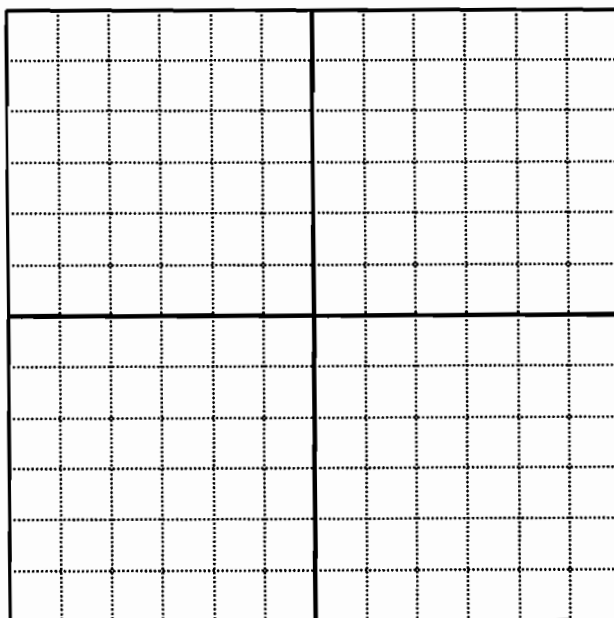


- วิเคราะห์ค่าความถี่และความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้จากลักษณะสัญญาณที่ได้

- วิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ที่วัดโดยมัลติมิเตอร์และออสซิลโลสโคป พร้อมทั้งเขียนความสัมพันธ์ในรูปของกราฟ

เมื่อ ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ที่วัดโดยมัลติมิเตอร์ (V_{rms})

ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ที่วัดโดยออสซิลโลสโคป ($V_{\max}$)

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary-ruled notebook paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

สรุปผลการทดลอง

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.

คำถามหลังการทดลองที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

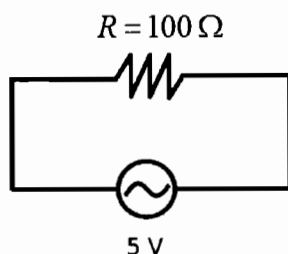
1. ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับหาได้อย่างไร

ตอบ.....
.....

2. ค่าขั้วผลหรือค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย(rms) คืออะไร

ตอบ.....
.....

3. จากระบบไฟฟ้ากระแสสลับดังรูป



- 4.1 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน เมื่อวัดด้วยมัลติมิเตอร์มีค่าเท่าใด

ตอบ.....

- 4.2 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน เมื่อวัดด้วยออสซิลโลสโคปมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

4. มัลติมิเตอร์ทั่วไปสามารถแสดงรูปคลื่นหรือความถี่ของสัญญาณได้หรือไม่ และค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์เป็นค่าอะไร

ตอบ.....
.....
.....

5. ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทานที่วัดด้วยมัลติมิเตอร์และออสซิลโลสโคปมีความแตกต่างกันอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ตอบ.....
.....
.....
.....

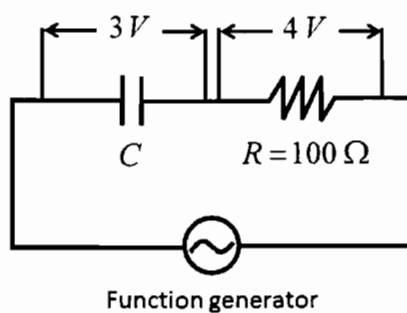
ชุดการเรียนรู้ที่ 2

วงจรอนุกรม RC

คำถามก่อนการทดลองที่ 2

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลองตามความรู้ของนักเรียน

จากวงจรรูป กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดความถี่ (Function generator)



1. ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

2. ค่าความต่างศักย์รวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

3. ค่าความต้านทานเชิงความจุมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

4. ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

5. เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ความต้านทานของตัวต้านทานจะมีค่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่

ตอบ.....

6. เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ค่าความต้านทานเชิงความจุมีค่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่

ตอบ.....

วัตถุประสงค์

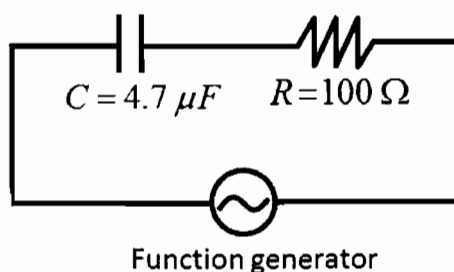
เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวม ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต้านทานบนตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ในวงจรอนุกรม RC ของไฟฟ้ากระแสสลับ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$	1 ตัว	4. มัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
2. ตัวเก็บประจุขนาด $4.7\ \mu F$	1 ตัว	5. Function generator	1 เครื่อง
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง	6. โพรโบบอร์ด	1 อัน

วิธีดำเนินการ

1. ต่อวงจรดังรูปโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดความถี่(Function generator) แล้วปรับความถี่ที่ $400 - 500\ Hz$



2. วัดค่าความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานคร่อมตัวเก็บประจุและแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยใช้มัลติมิเตอร์ แล้วบันทึกผล
3. วิเคราะห์ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานรวมกับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุว่ามีค่าเท่ากับ ความต่างศักย์คร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือไม่ อย่างไร
4. วัดความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน โดยใช้ออสซิลโลสโคป แล้วบันทึกค่าที่ได้ พร้อมทั้งลักษณะของสัญญาณภาพ (กราฟ)
5. วิเคราะห์ความต่างเฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานกับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ จากลักษณะสัญญาณภาพ(กราฟ) โดยเขียนเป็นแผนภาพเฟสเซอร์เพื่อหาความต่างศักย์รวม แล้วเทียบกับความต่างศักย์คร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้า
6. วิเคราะห์หาความต้านทานเชิงซ้อนจากความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุและแหล่งจ่ายไฟฟ้า

- ค่าของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ในวงจร โดยใช้มัลติมิเตอร์

กระแสไฟฟ้าในวงจร $I(A)$	ความต่างศักย์คร่อม ตัวต้านทาน $V_R(V)$	ความต่างศักย์คร่อมตัว เก็บประจุ $V_C(V)$	ความต่างศักย์คร่อม แหล่งกำเนิด $V(V)$

- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ว่ามีความแตกต่างกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงอย่างไร

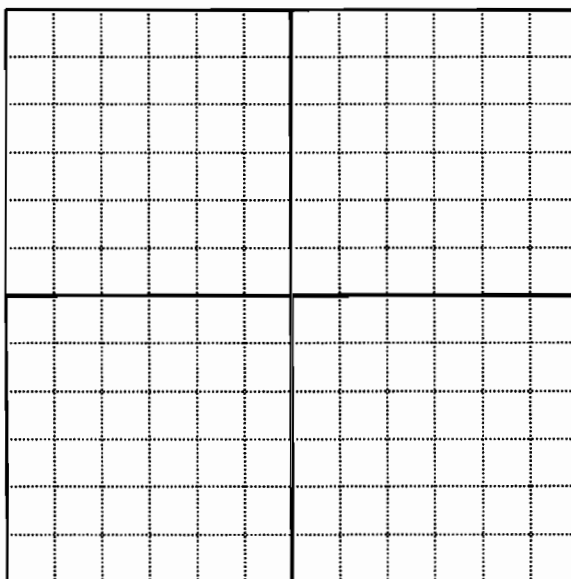
[illegible]

- วิเคราะห์เฟสของความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ จากสัญญาณภาพที่ได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป

ลักษณะสัญญาณที่ได้

เมื่อ แกน X =TIME/DIV

แกน Y =VOLTS/DIV



- จากสัญญาณภาพที่ได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป พบว่า

.....

.....

.....

.....

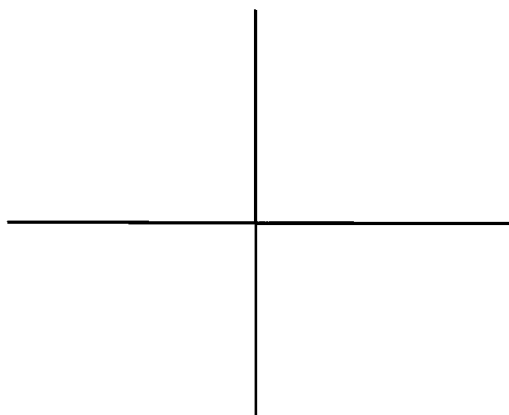
.....

.....

- ค่าของความต่างศักย์ในวงจรที่วัดโดยออสซิลโลสโคป

ความต่างศักย์คร่อมตัว ต้านทาน $V_R (V)$	ความต่างศักย์คร่อมตัว เก็บประจุ $V_C (V)$	ความต่างศักย์คร่อม แหล่งจ่ายไฟฟ้า $V (V)$

- ความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในรูปของแผนภาพเฟสเซอร์



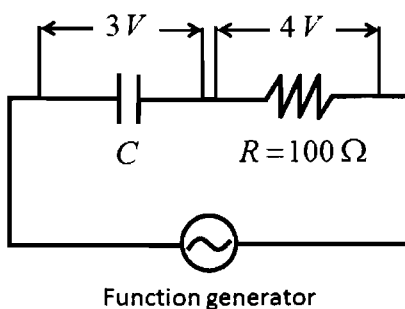
- วิเคราะห์ผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ กับความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้า

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

คำถามหลังการทดลองที่ 2

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

จากวงจรดังรูป กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจากFunction generator มีความถี่ 1000 Hz



1. ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

2. ความต่างศักย์รวมมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

3. ความต้านทานเชิงความจุมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

4. ค่าความจุของตัวเก็บประจุมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

5. ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

6. เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ความต้านทานเชิงความจุจะมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอบ.....

7. เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ความต้านทานของตัวต้านทานจะมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอบ.....

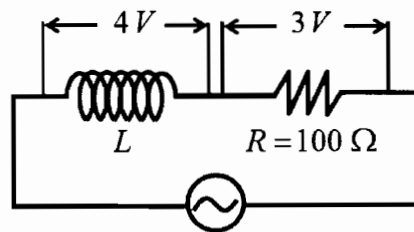
ชุดการเรียนรู้ที่ 3

วงจรอนุกรม RL

คำถามก่อนการทดลองที่ 3

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลองตามความรู้ของนักเรียน

จากวงจรดังรูป กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจาก Function generator มีความถี่ 1000Hz



Function generator

1. ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

2. ค่าความต่างศักย์รวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

3. ค่าความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

4. ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

5. เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ความต้านทานของตัวต้านทานจะมีค่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่

ตอบ.....

6. เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ค่าความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำจะมีค่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่

ตอบ.....

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวม ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต้านทานบนตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำในวงจรอนุกรม RL ของไฟฟ้ากระแสสลับ

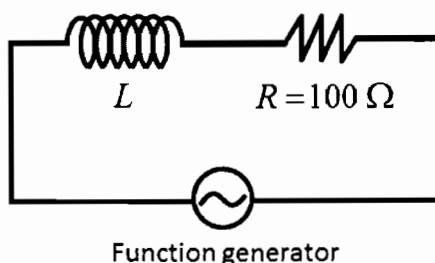
วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|--|-----------|
| 1. ตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ | 1 ตัว |
| 2. หม้อแปลงขนาดเล็ก (ใช้แทนตัวเหนี่ยวนำ) | 1 ตัว |
| 3. Function generator | 1 เครื่อง |
| 4. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 5. ออสซิลโลสโคป | 1 ชุด |
| 6. โพรโบบอร์ด | 1 อัน |

วิธีดำเนินการ

1. ต่อดังรูปโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดความถี่ (Function generator) แล้วปรับความถี่ที่ $400 - 500\ \text{Hz}$



2. วัดค่าความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน คร่อมตัวเหนี่ยวนำและแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยใช้มัลติมิเตอร์ แล้วบันทึกผล
3. วิเคราะห์ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานรวมกับความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำ ว่ามีค่าเท่ากับ ความต่างศักย์คร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือไม่ อย่างไร
4. วัดความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและตัวต้านทาน โดยใช้ออสซิลโลสโคป แล้วบันทึกค่าที่ได้ พร้อมทั้งลักษณะของสัญญาณภาพ (กราฟ)

- ค่าของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ในวงจรโดยใช้มัลติมิเตอร์

กระแสไฟฟ้าในวงจร $I(A)$	ความต่างศักย์คร่อม ตัวต้านทาน $V_R(V)$	ความต่างศักย์คร่อมตัว เก็บประจุ $V_L(V)$	ความต่างศักย์คร่อม แหล่งกำเนิด $V(V)$

- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ว่ามีความแตกต่างกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงอย่างไร

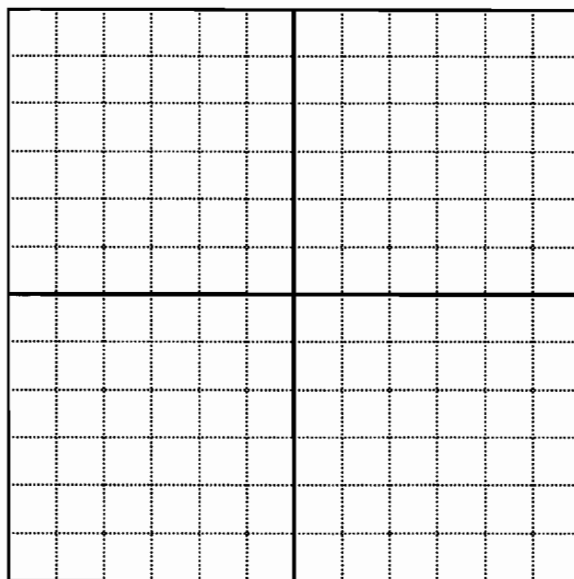
[illegible]

- วิเคราะห์เฟสของความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ จากสัญญาณภาพที่ได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป

ลักษณะสัญญาณที่ได้

เมื่อ แกน X =TIME/DIV

แกน Y =VOLTS/DIV



- จากสัญญาณภาพที่ได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป พบว่า

.....

.....

.....

.....

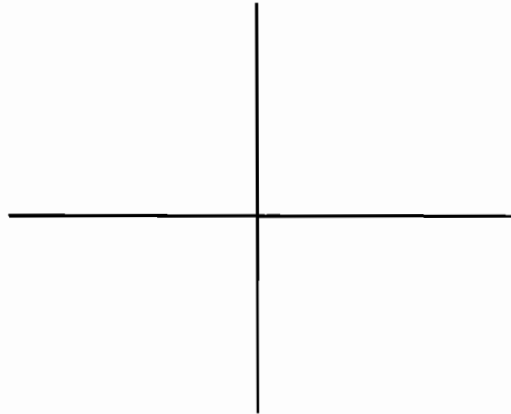
.....

.....

- ค่าของความต่างศักย์ในวงจรที่วัด โดยออสซิลโลสโคป

ความต่างศักย์คร่อมตัว ต้านทาน $V_R (V)$	ความต่างศักย์คร่อมตัว เก็บประจุ $V_L (V)$	ความต่างศักย์คร่อม แหล่งจ่ายไฟฟ้า $V (V)$

- ความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำในรูปของแผนภาพเฟสเซอร์



- วิเคราะห์ผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำกับความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้า

[illegible]

- วิเคราะห์หาความต้านทานเชิงซ้อน จากค่าตัวต้านทานของตัวต้านทานและความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำ

[illegible]

- ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

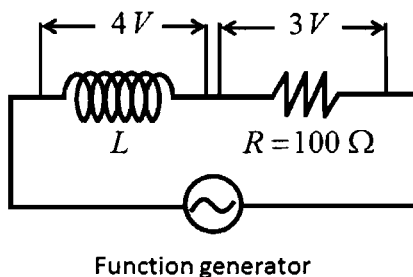
[illegible]

[illegible]

คำถามหลังการทดลองที่ 3

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

จากวงจรดังรูป กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจาก Function generator มีความถี่ 1000Hz



1. ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

2. ค่าความต่างศักย์รวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

3. ค่าความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

4. ค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

5. ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

6. เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ความต้านทานของตัวต้านทานจะมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอบ.....

7. เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ค่าความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำจะมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอบ.....

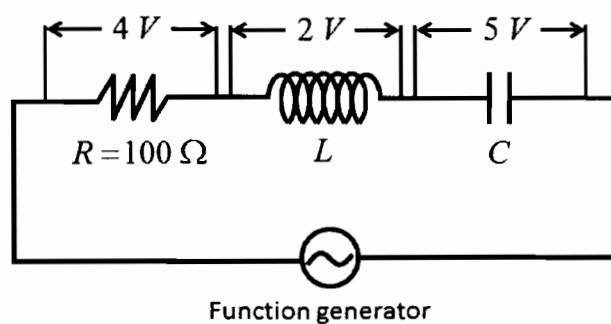
ชุดการเรียนรู้ที่ 4

วงจรอนุกรม RLC

คำถามก่อนการทดลองที่ 4

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลองตามความรู้ของนักเรียน

จากวงจรดังรูป กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจาก Function generator มีความถี่ 1000Hz



1. ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

2. ค่าความต่างศักย์รวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

3. ค่าความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

4. ค่าความต้านทานเชิงความจุมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

5. ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

วัตถุประสงค์

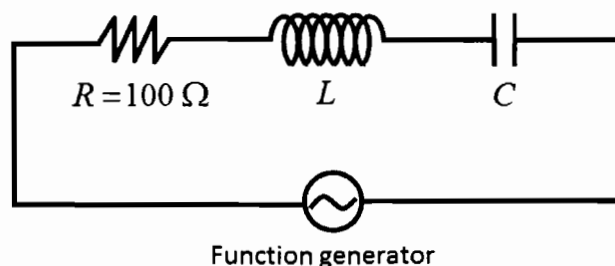
เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม RLC ของไฟฟ้ากระแสสลับ

วัสดุและอุปกรณ์

- | | | | |
|--|-----------|-----------------|-----------|
| 1. ตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ | 1 ตัว | 5. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 2. หม้อแปลงขนาดเล็ก (ใช้แทนตัวเหนี่ยวนำ) | 1 ตัว | 6. ออสซิลโลสโคป | 1 ชุด |
| 3. ตัวเก็บประจุขนาด $4.7\ \mu F$ | 1 ตัว | 7. โปรโตบอร์ด | 1 อัน |
| 4. Function generator | 1 เครื่อง | | |

วิธีดำเนินการ

1. ต่อวงจรดังรูปโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดความถี่ (Function generator) แล้วปรับความถี่ที่ $400 - 500\ \text{Hz}$



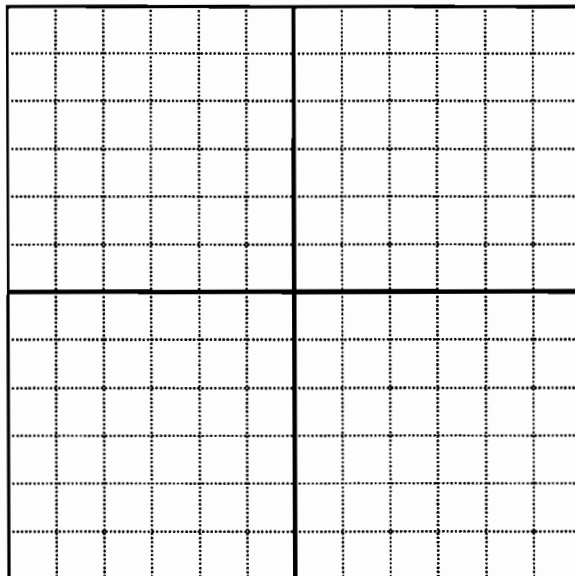
2. วัดค่าความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน, คร่อมตัวเหนี่ยวนำ, ตัวเก็บประจุและแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยใช้มัลติมิเตอร์แล้วบันทึกผล
3. วิเคราะห์ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานรวมกับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ว่ามีค่าเท่ากับความต่างศักย์คร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือไม่ อย่างไร
4. วัดความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานเทียบกับความต่างศักย์คร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วยออสซิลโลสโคปแล้วบันทึกค่าที่ได้พร้อมทั้งลักษณะของสัญญาณภาพ (กราฟ)
5. วัดความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำเทียบกับความต่างศักย์คร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วยออสซิลโลสโคป แล้วบันทึกค่าที่ได้พร้อมทั้งลักษณะของสัญญาณภาพ (กราฟ)
6. วัดความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุเทียบกับความต่างศักย์คร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วยออสซิลโลสโคป แล้วบันทึกค่าที่ได้พร้อมทั้งลักษณะของสัญญาณภาพ (กราฟ)

- วิเคราะห์เฟสของความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทาน, ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ จากสัญญาณภาพที่ได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป

ลักษณะสัญญาณที่ได้

เมื่อ แกน X =TIME/DIV

แกน Y =VOLTS/DIV



- จากสัญญาณภาพที่ได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป พบว่า

.....

.....

.....

.....

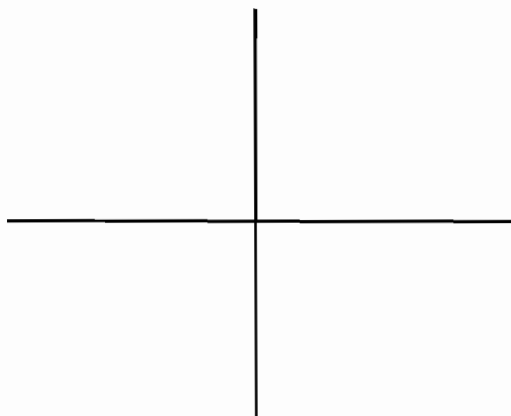
.....

.....

- ค่าของความต่างศักย์ในวงจรที่วัดโดยออสซิลโลสโคป

ความต่างศักย์คร่อม ตัวต้านทาน $V_R (V)$	ความต่างศักย์คร่อม ตัวเก็บประจุ $V_L (V)$	ความต่างศักย์คร่อม ตัวเหนี่ยวนำ $V_L (V)$	ความต่างศักย์คร่อม แหล่งจ่ายไฟฟ้า $V (V)$

- ความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำในรูปของแผนภาพเฟสเซอร์



- วิเคราะห์ผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำกับความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้า

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

- วิเคราะห์หาความต้านทานเชิงซ้อน จากค่าตัวต้านทานของตัวต้านทาน, ความต้านทานเชิงความจุและความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำ

[illegible]

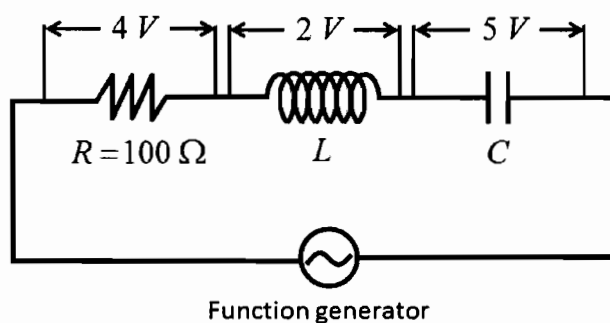
สรุปผลการทดลอง

[illegible]

คำถามหลังการทดลองที่ 4

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

จากวงจรรูป กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจาก Function generator มีความถี่ 1000Hz



1. ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

2. ค่าความต่างศักย์รวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

3. ค่าความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

4. ค่าความต้านทานเชิงความจุมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

5. ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

6. ค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

7. ค่าความจุของตัวเก็บประจุมีค่าเท่าใด

ตอบ.....

ชุดการเรียนรู้ที่ 5

รีโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม LC

คำถามก่อนการทดลองที่ 5

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามก่อนการทดลองตามความรู้ของนักเรียน

คำถามก่อนการทดลองที่ 5

1. ความถี่รีโซแนนซ์คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ความถี่รีโซแนนซ์ในวงจรไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและสามารถหาความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรอนุกรม LC

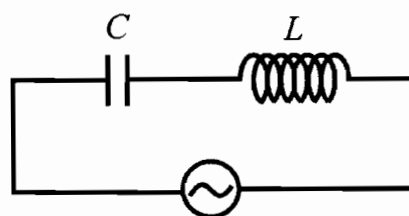
วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์

- | | | | |
|--|-----------|-----------------|-----------|
| 1. หม้อแปลงขนาดเล็ก (ใช้แทนตัวเหนี่ยวนำ) | 1 ตัว | 5. แอมมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 2. ตัวเก็บประจุขนาด $4.7 \mu F$ | 1 ตัว | 6. โพรโทบอร์ด | 1 อัน |
| 3. Function generator | 1 เครื่อง | 7. มัลติมิเตอร์ | 2 เครื่อง |
| 4. ออสซิลโลสโคป | 1 ชุด | | |

วิธีดำเนินการ

1. ต่อดังรูป โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจาก Function generator



Function generator

2. นำมัลติมิเตอร์มาต่อเพื่อวัดความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า พร้อมทั้งต่อแอมมิเตอร์สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร
3. ปรับความถี่ของ Function generator จนกระทั่งความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในวงจรจนความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากัน แล้วบันทึกข้อมูล
4. นำออสซิลโลสโคปมาวัดหาความถี่ของ Function generator ที่ทำให้ความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากัน
5. วิเคราะห์ข้อมูลหาความถี่ในวงจรจากสัญญาณออสซิลโลสโคป
6. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เรโซแนนซ์กับค่าของกระแสไฟฟ้า
7. สรุปผลการทดลอง

บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

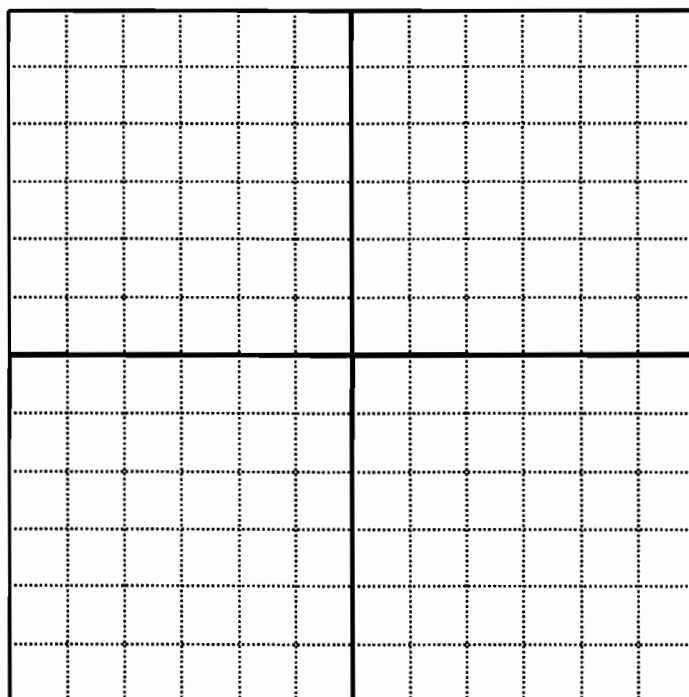
	กระแสไฟฟ้า I (A)	ความต่างศักย์ คร่อม L (V)	ความต่างศักย์ คร่อม C (V)	ความถี่ที่อ่านได้จาก Function generator (Hz)
ก่อนปรับ				
หลังปรับ				

- วิเคราะห์ข้อมูลหาความถี่ในวงจรที่ทำให้ความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากันจากสัญญาณภาพที่วัดได้ด้วยออสซิลโลสโคป

เมื่อ แกน X =TIME/DIV

แกน Y =VOLTS/DIV

ลักษณะสัญญาณที่ได้



- วิเคราะห์ค่าความถี่จากลักษณะสัญญาณที่ได้

[illegible]

- ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความถี่โซแนนซ์ ได้ว่า

[illegible]

สรุปผลการทดลอง

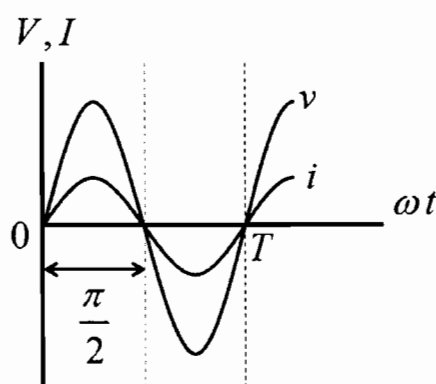
This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings present.

ภาคผนวก ข
เอกสารเรื่อง ไฟฟ้ากระแสลับ

เอกสารเรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

1. กระแสและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ

จากการศึกษาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ทราบว่าเมื่อต่อตัวต้านทานเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานและความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทานจะเปลี่ยนค่าตามเวลาดังกราฟในภาพที่ ก.1



ภาพที่ ข.1 กราฟแสดงสัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์และกระแสที่เวลา t ใดๆ

การเปลี่ยนค่าลักษณะนี้เป็นการเปลี่ยนค่าในรูปฟังก์ชันไซน์ เมื่อพิจารณาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้กฎของฟาราเดย์และกฎของเลนซ์จะได้ว่า

$$\varepsilon = E_m \sin \omega t$$

ε คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เวลา t ใดๆ

E_m คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุด

ω คือ ความถี่เชิงมุม (จะเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของขดลวดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

ค่า ω จะบอกให้ทราบคาบ (T) และความถี่ (f) ในการเปลี่ยนค่าซ้ำเดิมของแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งมีความสัมพันธ์กันเช่นเดียวกับอัตราเร็วเชิงมุม คาบและความถี่การหมุนของขดลวดดังสมการ

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

โดย ω มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (rad/s), T มีหน่วยเป็นวินาที (s) และ f มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาทีหรือเฮิรตซ์ (Hz)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าข้างต้น ถ้านำไปต่อกับตัวต้านทาน จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน และความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามเวลาในรูปฟังก์ชันไซน์เช่นกันดังสมการ

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$v = V_m \sin \omega t$$

เมื่อ i และ v เป็นกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่เวลา t ใดๆ

I_m และ V_m เป็นกระแสไฟฟ้าสูงสุดและความต่างศักย์สูงสุด

ค่าของ I และ V ยังคงสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม คือ

$$V = I R$$

นั่นคือ

$$V = (I_m \sin \omega t) R = I_m R \sin \omega t$$

จะได้

$$V_m = I_m R$$

หรือ

$$R = \frac{V}{I} = \frac{V_m}{I_m}$$

การเปลี่ยนค่าที่ขึ้นกับเวลาและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวต้านทานมีค่าที่ขึ้นกับเวลาด้วย คือ

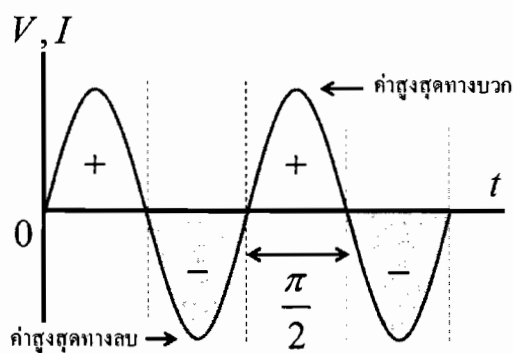
$$P = I V = I_m V_m \sin^2 \omega t$$

$$P = P_m \sin^2 \omega t$$

$$\text{เมื่อ} \quad P_m = I_m V_m = I_m^2 R = \frac{V_m^2}{R}$$

2. มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับและค่ายังผล

เนื่องจากค่าของกระแส I และความต่างศักย์ V ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงค่าตลอดเวลาโดยใน 1 รอบของการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าเป็นบวกครึ่งรอบ และมีค่าเป็นลบครึ่งรอบดังภาพที่ ข.2



ภาพที่ ข.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของความต่างศักย์และกระแสกับเวลา t

ในการวัดกระแส I และความต่างศักย์ V ในขณะใดขณะหนึ่งโดยใช้มิเตอร์จึงไม่สามารถกระทำได้โดยตรงแต่ก็สามารถทำได้โดยเปรียบเทียบกับการวัดกระแสและความต่างศักย์จากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโดยนำลวดความร้อน (R) 2 จุดที่เหมือนกันทุกประการจุดหนึ่งต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และอีกจุดหนึ่งต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งแหล่งกำเนิดทั้งสองทำให้เกิดพลังงานความร้อนเฉลี่ยต่อลวดความร้อนเท่ากันในช่วงเวลาเท่ากัน เมื่อวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานของวงจรกระแสตรงแล้วนำค่าที่วัดได้มาใช้เป็นค่ากระแสและความต่างศักย์ในวงจรกระแสสลับ ค่ากระแสและความต่างศักย์ที่ใช้ในวงจรกระแสสลับนี้ เรียกว่า ค่ายังผล ในทางปฏิบัติจะมีการออกแบบมิเตอร์ใช้วัดค่าไฟฟ้ากระแสสลับให้อ่านค่ายังผล ซึ่งสามารถอ่านได้จากมิเตอร์โดยตรง จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นค่ามิเตอร์

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสูงสุดกับค่ามิเตอร์ หรือ rms

ถ้าพิจารณาให้กระแสสลับ (i) ผ่านความต้านทาน (R) แล้ววัดค่ายังผลของกระแสสลับได้เป็น (I) จะหาค่ากำลังเฉลี่ย (P_{av}) ที่ความต้านทาน

$$\text{จาก} \quad P = I^2 R$$

เมื่อพิจารณาค่ากระแสสลับ i จะได้ว่า

$$P_{av} = (i^2 R)_{av}$$

และเมื่อพิจารณาค่ายังผลของกระแสสลับ I จะได้ว่า

$$P_{av} = I^2 R$$

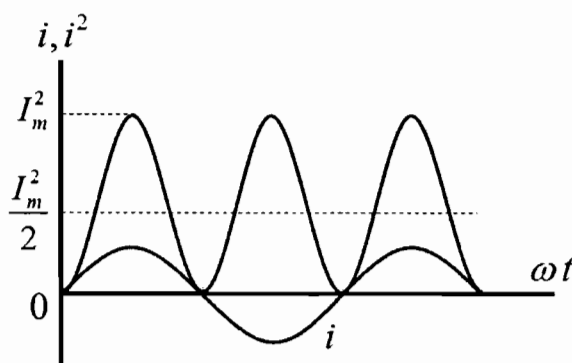
$$\text{ดังนั้น} \quad I^2 R = (i^2 R)_{av}$$

$$\text{หรือ} \quad I^2 R = (i^2)_{av} R$$

$$I^2 = (i^2)_{av}$$

$$I = \sqrt{(i^2)_{av}}$$

แสดงว่า ค่ายังผล ของกระแสสลับหรือค่ามิเตอร์หมายถึงค่า $\sqrt{(i^2)_{av}}$ ซึ่งใช้สัญลักษณ์ I_{rms} (*rms* ย่อมาจาก *Root Mean Square*) เรียกว่า รากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ ข.3 ค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสลับ

เมื่อพิจารณาหาค่า *rms* ของความต่างศักย์ (*V*) รากที่สองของความต่างศักย์กำลังสองเฉลี่ย

จาก $v = V_m \sin \omega t$

$$V = V_{rms} = \sqrt{(v^2)_{av}} = \sqrt{v^2} = V_m \sqrt{(\sin^2 \omega t)}$$

เมื่อ $(\sin^2 \omega t)_{av} = \langle \sin^2 \omega t \rangle = \overline{(\sin^2 \omega t)} = \frac{1}{2}$

นั่นคือ $\sqrt{(\sin^2 \omega t)_{av}} = \langle \sin \omega t \rangle_{rms} = \sqrt{(\sin^2 \omega t)} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

จึงได้ $V_{rms} = V_m \langle \sin \omega t \rangle_{rms}$

ดังนั้น $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

ในทำนองเดียวกัน ก็จะได้ค่า *rms* ของกระแสไฟฟ้าเท่ากับ

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

****ความรู้เพิ่มเติม****

จาก $v = V_m \sin \omega t$

และ
$$\bar{v} = \int_0^{2\pi} V_m \sin \omega t = 0$$

จะได้
$$V_{rms} = \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{\int_0^{2\pi} (V_m^2 \sin^2 \omega t) dt}{2\pi}}$$

$$V_{rms} = V_m \left(\frac{\int_0^{2\pi} (\sin^2 \omega t) dt}{2\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = V_m \left(\frac{\int_0^{2\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt}{2\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = V_m \left[\left(\frac{1}{4\pi} \right) \left(t - \frac{\sin 2\omega t}{2\omega} \right) \right]_0^{2\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = V_m \left[\left(\frac{1}{4\pi} \right) (2\pi) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

*** สรุป ค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกระแสสลับนั้น ในทางปฏิบัติใช้ค่ายังผลหรือค่ามีเตอร์หรือค่า *rms*

เราจะพิจารณาการหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (P_{av})

จากสมการ
$$P = P_m \sin^2 \omega t$$

จึงได้
$$P_{av} = P_m \langle \sin^2 \omega t \rangle$$

และจากสมการ
$$\langle \sin^2 \omega t \rangle = \frac{1}{2}$$

จะได้
$$P_{av} = \frac{P_m}{2} = \frac{I_m V_m}{2}$$

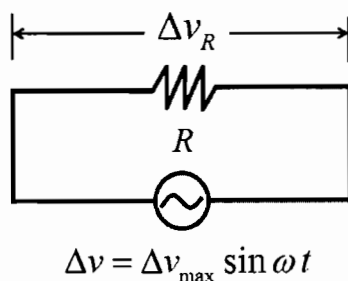
หรือพิจารณาจาก
$$P_{av} = I_{rms} V_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

ดังนั้น
$$P_{av} = \frac{I_m V_m}{2}$$

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

2.2.1 ตัวต้านทานในวงจรกระแสสลับ

พิจารณาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานซึ่งมีความต้านทาน R ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสลับที่มีความต่างศักย์ ดังภาพที่ 2 ตามกฎของ Kirchhoff ความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรปิดจะมีค่าเท่ากับศูนย์



ภาพที่ ข.4 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับของตัวต้านทาน

ดังนั้น
$$\Delta v - \Delta v_R = 0$$

หรือ
$$\Delta v_R = \Delta v = \Delta v_{\max} \sin \omega t$$

เมื่อ Δv_R คือความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน R

ตามกฎของโอห์มสามารถหากระแสไฟฟ้าได้ ดังนี้

$$i_R = \frac{\Delta v_R}{R} = \frac{\Delta V_m \sin \omega t}{R} = I_m \sin \omega t$$

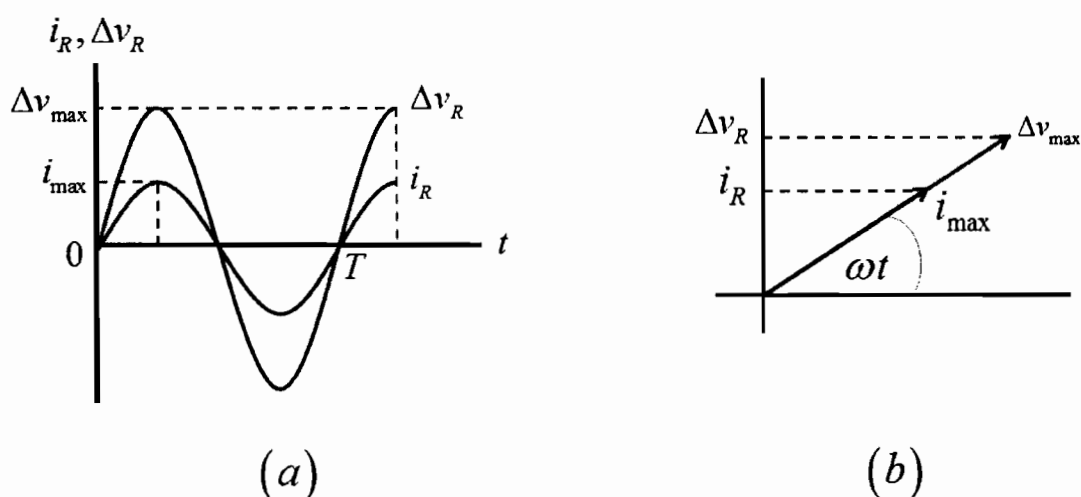
เมื่อ $I_{\max}$ คือ กระแสไฟฟ้าสูงสุด

ดังนั้น
$$I_{\max} = \frac{\Delta V_{\max}}{R}$$

จึงได้

$$\Delta v_R = I_{\max} R \sin \omega t$$

กระแส i_R และ Δv_R แปรตรงตาม $\sin \omega t$ ทั้งคู่ ดังนั้นกระแสมีเฟสตรงกับความต่างศักย์ตามกฎของโอห์มแสดงว่าแอมพลิจูดของกระแสความต่างศักย์สัมพันธ์กันเหมือนในวงจร DC



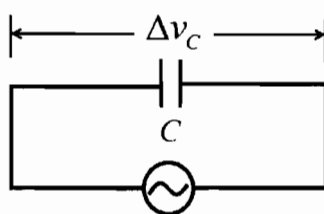
ภาพที่ ข.5 a คือภาพแสดงสัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ณ เวลา t ใดๆ

b คือภาพแสดงเฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน

ภาพที่ ข.5 (a) แสดงกราฟของ i_R และ Δv_R ในรูปฟังก์ชันของเวลา สเกลตั้งสำหรับกระแสและความต่างศักย์ต่างกัน ดังนั้น ความสูงสัมพันธ์ของเส้นโค้งทั้งสองไม่สำคัญ ภาพที่ ข.5 (b) ให้แผนภาพเฟสเซอร์สมนัยกัน เนื่องจาก i_R และ Δv_R มีเฟสตรงกันและมีความถี่เดียวกัน เฟสเซอร์ของกระแสและความต่างศักย์หมุนไปด้วยกัน (ทิศบวกของกระแสและความต่างศักย์คือทิศทวนเข็มนาฬิกาในรอบวงจร) และแต่ละขณะขนานกัน ภาพฉายของเฟสเซอร์ทั้งสองบนแกนนอนแทนกระแสขณะหนึ่งและความต่างศักย์ขณะหนึ่งตามลำดับ

2.2.2 ตัวเก็บประจุในวงจรกระแสสลับ

พิจารณาตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จากกฎของ Kirchhoff ความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงปิดจะมีค่าเท่ากับศูนย์



$$\Delta v = \Delta v_{\max} \sin \omega t$$

ภาพที่ ข.6 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับของตัวเก็บประจุ

จะได้ $\Delta v - \Delta v_C = 0$

$$\Delta v = \Delta v_C = \Delta v_{\max} \sin \omega t$$

เมื่อ Δv_C คือความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ

จากสมการ $C = \frac{Q}{\Delta v_C}$

จะได้ $Q = C \Delta v_{\max} \sin \omega t$

เมื่อ Q คือ ประจุบนตัวเก็บประจุ เนื่องจาก $i = \frac{dQ}{dt}$ หาค่ากระแสไฟฟ้า

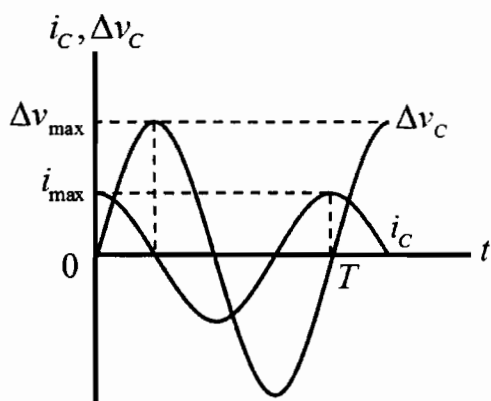
ที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุได้โดยการดิฟเฟอเรนเชียล

$$i = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}(C \Delta v_{\max} \sin \omega t)$$

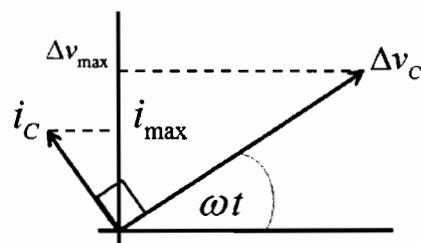
$$i = \omega C \Delta v_{\max} \cos \omega t$$

เมื่อใช้ตรีโกณ $\cos \omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

จะได้ $i_C = \omega C \Delta V_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$



(a)



(b)

ภาพที่ ข.7 a คือภาพแสดงสัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ เวลา t ใดๆ

b คือ ภาพแสดงเฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจาก

ภาพที่ ข.7a แสดง Δv_C และ i_C ในรูปฟังก์ชันของ t เนื่องจาก $i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{d}{dt} v_C$ กระแสจึงมีขนาดสูงสุดเมื่อเส้นโค้ง Δv_C เพิ่มขึ้นหรือลดลงมากที่สุด และเป็นศูนย์เมื่อเส้นโค้ง Δv_C อยู่ในแนวระดับที่ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด

ความต่างศักย์และกระแสของตัวเก็บประจุมีเฟสต่างกันหนึ่งในสี่รอบ ขอดความต่างศักย์เกิดหลังขอดกระแสที่สมนัยกันในสี่รอบ และเราพูดว่าความต่างศักย์ตามกระแส 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$ แผนภาพเฟสเซอร์ในภาพที่ ข.7b แสดงความสัมพันธ์นี้ เฟสเซอร์ความต่างศักย์มีเฟสตามเฟสเซอร์กระแสอยู่หนึ่งในสี่รอบหรือ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$

พิจารณาเมื่อกระแสไฟฟ้ามีค่าสูงสุด นั่นคือ $\cos(\omega t) = 1$ จะได้

$$I_{\max} = \omega C \Delta V_m = \frac{\Delta V_{\max}}{X_C}$$

เพื่อเขียนนิพจน์นี้ในภาพที่คล้ายกับสมการ $V_R = IR$ สำหรับตัวต้านทาน เรานิยามปริมาณ X_C ที่เรียกว่า รีแอกแตนซ์ความจุ (Capacitance) ดังนี้

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

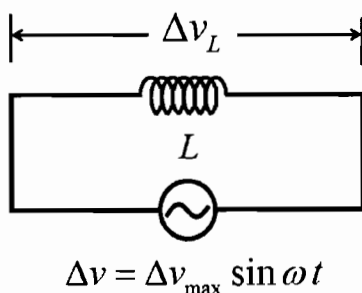
จะได้ $V_C = I X_C$

หน่วยเอสไอของ X_C คือโอห์มซึ่งเหมือนกับของความต้านทานเพราะว่า X_C เป็นอัตราส่วนของความต่างศักย์ต่อกระแส

รีแอกแตนซ์ความจุของตัวเก็บประจุแปรผกผันกับความจุ C และความถี่เชิงมุม ω ยิ่งความจุสูงและความถี่สูงรีแอกแตนซ์ความจุ X_C ก็ยิ่งน้อยลง ตัวเก็บประจุมีแนวโน้มที่จะผ่านกระแสความถี่สูงและกั้นกระแสความถี่ต่ำและกระแส DC ผ่าน ซึ่งตรงข้ามกับตัวเหนี่ยวนำ เราเรียกอุปกรณ์ที่ชอบให้สัญญาณความถี่สูงผ่านว่า ตัวกรองผ่านสูง

2.2.3 ตัวเหนี่ยวนำในวงจรกระแสสลับ

พิจารณาตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ตามรูปที่ 6 ด้วยตัวเหนี่ยวนำบริสุทธิ์ที่มีความเหนี่ยวนำตัวเอง L โดยให้ความต้านทานเป็นศูนย์



ภาพที่ ข.8 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับของตัวเหนี่ยวนำ

จาก $\varepsilon_L = -L \frac{di}{dt}$

จะได้ $\Delta v_L = L \frac{di}{dt}$

Δv_L คือ ความต่างศักย์เหนี่ยวนำคร่อมตัวเหนี่ยวนำ จากกฎของ Kirchhoff

ดังนั้น $\Delta v_L - L \frac{di}{dt} = 0$

และจาก $\Delta v_L = \Delta V_m \sin \omega t$

จึงได้ $\Delta V_m \sin \omega t = L \frac{di}{dt}$

$$\int di = \int \left(\frac{\Delta V_m \sin \omega t}{L} \right) dt$$

$$i_L = \frac{\Delta V_m}{\omega L} \int \sin \omega t \, d\omega t$$

$$i_L = -\frac{\Delta V_m}{\omega L} \cos \omega t$$

เมื่อ $-\cos \omega t = \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$

จึงได้ $i_L = \frac{\Delta V_m}{\omega L} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$

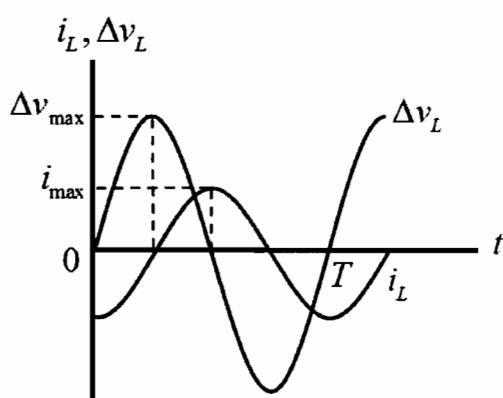
เมื่อเทียบกับสมการ $\Delta v_L = \Delta V_m \sin \omega t$

จะเห็นได้ว่า i_L มีเฟสตามหลัง v_L อยู่ $\frac{\pi}{2}$ หรือ 90° นิ่งเอง

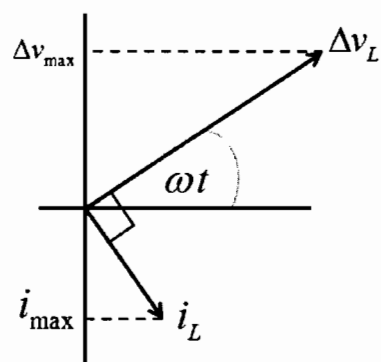
และเมื่อเทียบ $i_L = \frac{\Delta V_m}{\omega L} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$ กับ $I = I_m \sin \omega t$

จะได้ $I_m = \frac{V_m}{\omega L}$ และเมื่อเทียบกับกฎของโอห์ม $I = \frac{V}{R}$

จึงได้ $R = X_L = \omega L$



(a)



(b)

ภาพที่ ข.9 a คือภาพแสดงสัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ เวลา t ใดๆ

b คือ ภาพแสดงเฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

ความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำ Δv_L ที่ขณะใด ๆ มีค่าแปรผันตรงกับอัตราการเปลี่ยนแปลงกระแส จุดสูงสุดของความต่างศักย์บนกราฟตรงกับตำแหน่งที่เส้นโค้งกระแสมีความชันสูงสุด และจุดที่ความต่างต่างศักย์เป็นศูนย์ตรงกับจุดที่เส้นโค้งของกระแสมีค่าสูงสุดและต่ำสุดชั่วขณะ (ภาพที่ ข.5a) ความต่างศักย์และกระแสมี “จังหวะต่างกัน” หรือมีเฟสต่างกันหนึ่งส่วน

ลี้ของรอบ เนื่องจากยอดความต่างศักย์เกิดก่อนยอดกระแสหนึ่งส่วนของรอบ จึงได้ว่าความต่างศักย์มีเฟสนำกระแสอยู่ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$ ซึ่งสอดคล้องกับสมการก่อนหน้า แผนภาพเฟสเซอร์ในภาพที่ ข.5b แสดงความสัมพันธ์นี้ด้วย โดยเฟสเซอร์ความต่างศักย์นำเฟสเซอร์กระแสอยู่ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$

จะได้
$$I_m = \frac{V_m}{\omega L}$$

เรานิยามรีแอกแทนซ์เหนี่ยวนำ X_L (Inductance) ของตัวเหนี่ยวนำว่า

$$X_L = \omega L$$

จึงได้ว่า
$$V_m = I_m X_L$$

X_L เป็นอัตราส่วนความต่างศักย์ต่อกระแส จึงมีหน่วย เป็น โอห์ม เหมือนกับความต้านทานรีแอกแทนซ์เหนี่ยวนำ X_L เป็นสิ่งที่บรรยาย *emf* เหนี่ยวนำตัวเองที่ต้านการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ $\Delta v_L = L \frac{di}{dt}$ คร่อมตัวเหนี่ยวนำและ *emf* เหนี่ยวนำตัวเอง

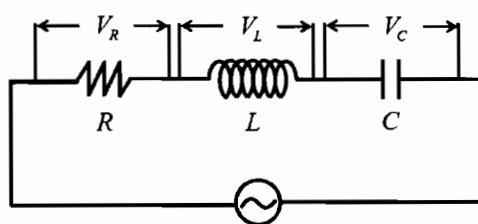
$\mathcal{E}_L = -L \frac{di}{dt}$ มีแอมพลิจูด V_L ซึ่งแปรผันกับ X_L ทั้งคู่ ตามสมการ $X_L = \omega L$ รีแอกแทนซ์เหนี่ยวนำและ *emf* เหนี่ยวนำตัวเองมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงที่มากขึ้นของกระแส (นั่นคือความถี่เชิงมุมที่เพิ่มขึ้น) และความเหนี่ยวนำ L ที่เพิ่มขึ้น

ถ้าเราใส่ความต่างศักย์แกว่งวัดแอมพลิจูด V_L คร่อมตัวเหนี่ยวนำ กระแสจะมีแอมพลิจูด I เล็กลง สำหรับค่า X_L ที่โตขึ้นเนื่องจาก X_L แปรตรงกับความถี่ ถ้าเราให้ความต่างศักย์ความถี่สูงกับตัวเหนี่ยวนำเราจะได้กระแสนาคเล็ก ในขณะที่ความต่างศักย์ความถี่ต่ำแอมพลิจูดเดียวกันให้กระแสที่โตกว่า เราใช้ตัวเหนี่ยวนำกับวงจรบางชนิด เช่น แหล่งจ่ายไฟและตัวกรองการรบกวนวิทยุ เพื่อกันความถี่สูงออกไปในขณะที่ยอมให้ความถี่ต่ำหรือ DC ผ่านไปได้ เราเรียกอุปกรณ์วงจรที่ใช้ตัวเหนี่ยวนำสำหรับวัตถุประสงค์นี้ว่าตัวกรองผ่านต่ำ

2.4 วงจร RCL

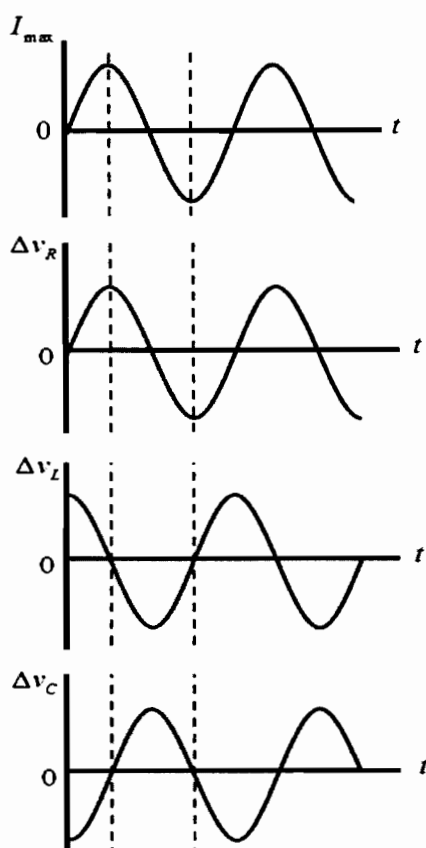
2.4.1 วงจร RCL แบบอนุกรม

เมื่อต่อวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน R ตัวเก็บประจุ C และตัวเหนี่ยวนำ L กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบอนุกรมดังรูป



ภาพที่ ข.10 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับแบบอนุกรมของตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ

จะพบว่ากราฟของกระแสไฟฟ้ากับเวลา และกราฟความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทานกับเวลา ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลา และความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุกับเวลา เป็นดังรูป



ภาพที่ ข.11 เฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ

เมื่อวงจรค่าความต่างศักย์รวมเท่ากับ

$$\Delta V = \Delta V_{\max} \sin(\omega t)$$

และวงจรมีกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทาน,ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำมี

ค่าเท่ากันซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$i = I_{\max} \sin(\omega t - \phi)$$

โดย ϕ คือความต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรกับค่าความต่างศักย์รวมของวงจร

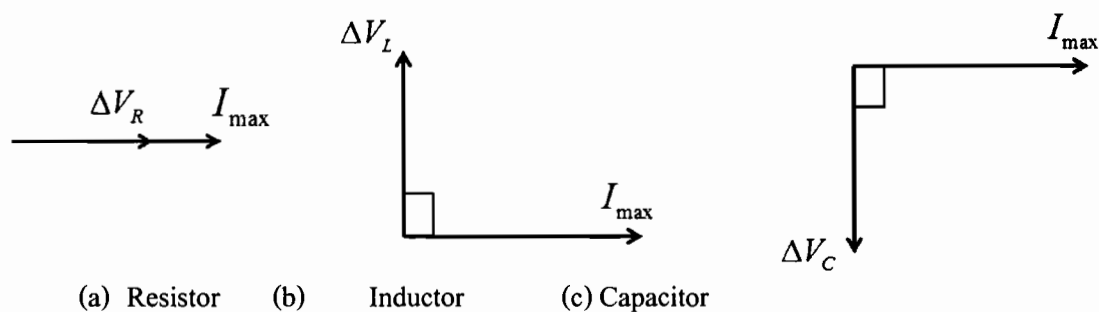
จากภาพที่ ข.11 ได้ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาบนตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำโดยค่าความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานเป็น ΔV_R ค่าความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำเป็น ΔV_L และค่าความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุเป็น ΔV_C มีค่าดังนี้

$$\Delta V_R = I_{\max} \cdot R \sin(\omega t) = \Delta V_{\max} \sin(\omega t)$$

$$\Delta V_L = I_{\max} \cdot X_L \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \Delta V_L \cos(\omega t)$$

$$\Delta V_C = I_{\max} \cdot X_C \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -\Delta V_C \cos(\omega t)$$

จะเห็นได้ว่า ΔV_R , ΔV_L และ ΔV_C คือค่าความต่างศักย์ตกคร่อมสูงสุดบนแต่ละอุปกรณ์โดย $\Delta V_R = I_{\max} \cdot R$, $\Delta V_C = I_{\max} \cdot X_C$ และ $\Delta V_L = I_{\max} \cdot X_L$ และเมื่อพิจารณาแผนภาพเฟสเซอร์บนแต่ละอุปกรณ์ จะได้ดังภาพที่ ข.12

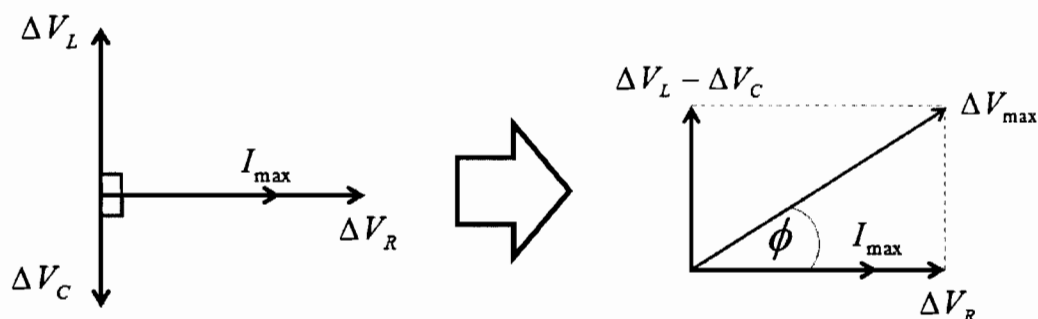


ภาพที่ ข.12 เฟสของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ

เมื่อต่อวงจรแบบอนุกรมกระแสไฟฟ้าในวงจรที่ผ่านตัว R, C และ L จะมีค่าเท่ากัน

$$I = I_R = I_C = I_L$$

พิจารณาแผนภาพเฟสเซอร์ของวงจรแบบอนุกรม RLC จะได้ดังนี้



ภาพที่ ข.13 แผนภาพเฟเซอร์ของวงจรแบบอนุกรม RLC

ดังนั้น การหาความต่างศักย์รวมจึงต้องพิจารณาแบบเวกเตอร์

$$\text{จะได้ } \Delta V_{\max}^2 = \Delta V_R^2 + (\Delta V_L - \Delta V_C)^2$$

$$\text{นั่นคือ } \Delta V_{\max}^2 = (I_{\max} \cdot R)^2 + [(I_{\max} \cdot X_L) - (I_{\max} \cdot X_C)]^2$$

$$\Delta V_{\max} = I_{\max} \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\text{เมื่อ } Z = \frac{\Delta V_{\max}}{I_{\max}}$$

โดย Z คือ ค่า Impedance หรือ ความต้านทานเชิงซ้อน

แสดงว่าความต้านทานรวมของวงจรอนุกรม RLC มีค่าเท่ากับ

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

และความต่างเฟสของกระแสรวมและความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม จากรูปที่ ข.

13 “ ϕ ” อาจเรียกได้ว่า มุมเฟส ซึ่งหาได้จาก

$$\tan \phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$

$$\text{หรือ } \tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

ในวงจร RLC มุมเฟส ϕ มีความสำคัญมาก โดยใช้กำหนดเงื่อนไข กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในวงจรไฟฟ้า โดยกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจะสูญเสียเฉพาะในตัวต้านทานเท่านั้น สำหรับตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นการหากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในวงจร RLC จึงต้องอาศัยมุม ϕ มาพิจารณาเป็นเงื่อนไขนั่นเอง โดยหาได้จาก

$$\text{กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในตัวต้านทาน (R) } P_{av} = I^2 R$$

จากรูปที่ ค.13 $\cos \phi = \frac{\Delta V_R}{\Delta V_{\max}}$

หรือให้เป็น $\cos \phi = \frac{V_R}{V} = \frac{IR}{IZ} = \frac{R}{Z}$

จึงได้ $R = Z \cos \phi$

ดังนั้น $P_{av} = I^2 (Z \cos \phi) = I (IZ) \cos \phi$

หรือ $P_{av} = IV \cos \phi$

แสดงว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในวงจร RLC มีค่า

$$P_{av} = IV \cos \phi$$

และ $\cos \phi = \frac{R}{Z}$

โดยเรียก $\cos \phi$ ว่า ตัวประกอบกำลัง (Power factor)

2.4.2 รีโซแนนซ์ในวงจร RCL แบบอนุกรม

วงจร RCL แบบอนุกรม ความต้านทานเชิงซ้อน (Z) หาได้โดย

จาก $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

ถ้า $X_L = X_C$

จะได้ว่า $Z = R$

ดังนั้น Z จึงมีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ R ทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าสูงสุด และค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดนี้จะเกิดขึ้นได้ที่ความถี่ (f) ค่าหนึ่งเท่านั้นซึ่งเรียกความถี่นี้ว่า “ความถี่ รีโซแนนซ์ (Resonance frequency)” สามารถหาได้ดังนี้

จาก $X_L = X_C$

หรือ $(2\pi f) \cdot L = \frac{1}{(2\pi f) \cdot C}$

ได้ $f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$

ดังนั้น $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

อ้างอิง นิรันดร์ สุวรรณ์ “คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.6 เทอม 1 ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้าและแม่เหล็ก 1 และ 2 ฟิสิกส์ เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สสวท. และ serway Jewett. Physics for Scientists and Engineers 6 edition

ภาคผนวก ค
แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ
ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

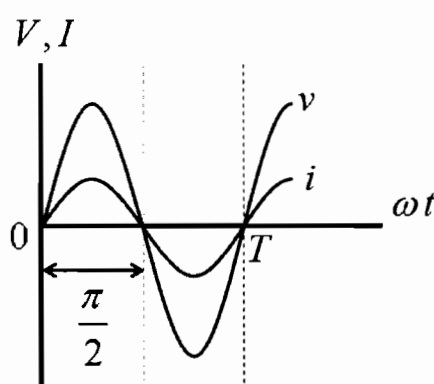
รายวิชา ฟิสิกส์ รหัสวิชา ว 30203 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสสลับ เรื่อง ความถี่และความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าสลับ
 เวลา 2 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความถี่ ความต่างศักย์สูงสุด และค่า V_{rms} ของไฟฟ้ากระแสสลับ

เนื้อหา

จากการศึกษาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ทราบว่าเมื่อต่อตัวต้านทานเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานและ ความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทานจะเปลี่ยนค่าตามเวลาดังกราฟในภาพที่ ค.1



ภาพที่ ค.1 กราฟแสดงสัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์และกระแสที่เวลา t ใดๆ

การเปลี่ยนค่าลักษณะนี้เป็นการเปลี่ยนค่าในรูปฟังก์ชันไซน์ เมื่อพิจารณาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้กฎของฟาราเดย์และกฎของเลนซ์จะได้ว่า

$$\varepsilon = E_m \sin \omega t$$

ε คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เวลา t ใดๆ

E_m คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุด

ω คือ ความถี่เชิงมุม (จะเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของขดลวดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

ค่า ω จะบอกให้ทราบคาบ (T) และความถี่ (f) ในการเปลี่ยนค่าชั่วเดิมนของแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งมีความสัมพันธ์กันเช่นเดียวกับอัตราเร็วเชิงมุม คาบและความถี่การหมุนของขดลวด ดังสมการ

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

โดย ω มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (rad/s), T มีหน่วยเป็นวินาที(s) และ f มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hz)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าข้างต้น ถ้านำไปต่อกับตัวต้านทาน จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน และ ความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามเวลาในรูปฟังก์ชันไซน์เช่นกัน ดังสมการ

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$v = V_m \sin \omega t$$

เมื่อ i และ v เป็นกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่เวลา t ใดๆ

I_m และ V_m เป็นกระแสไฟฟ้าสูงสุดและความต่างศักย์สูงสุด

ค่าของ I และ V ยังคงสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม คือ

$$V = IR$$

นั่นคือ
$$V = (I_m \sin \omega t) R = I_m R \sin \omega t$$

การเทียบค่าที่ได้นี้กับสมการ 1.4 แสดงว่า

$$V_m = I_m R$$

หรือ
$$R = \frac{V}{I} = \frac{V_m}{I_m}$$

การเปลี่ยนค่าที่ขึ้นกับเวลาและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวต้านทานมีค่าที่ขึ้นกับเวลาดังนี้

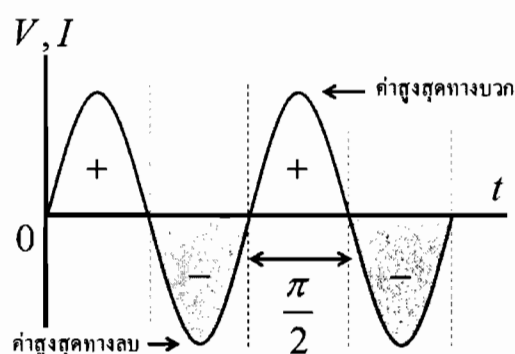
$$P = IV = I_m V_m \sin^2 \omega t$$

$$P = P_m \sin^2 \omega t$$

$$\text{เมื่อ} \quad P_m = I_m V_m = I_m^2 R = \frac{V_m^2}{R}$$

มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับและค่ายังผล

เนื่องจากค่าของกระแส I และความต่างศักย์ V ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงค่าตลอดเวลา โดยใน 1 รอบ ของการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าเป็นบวกครึ่งรอบ และมีค่าเป็นลบครึ่งรอบ ดังภาพที่ ค.2



ภาพที่ ค.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของความต่างศักย์และกระแสกับเวลา t

ในการวัดกระแส I และความต่างศักย์ V ในขณะใดขณะหนึ่งโดยใช้มิเตอร์จึงไม่สามารถกระทำได้โดยตรง แต่ก็สามารถกระทำได้โดยเปรียบเทียบกับการวัดกระแสและความต่างศักย์จากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยนำลวดความร้อน (R) 2 จุดที่เหมือนกันทุกประการ จุดหนึ่งต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และอีกจุดหนึ่งต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งแหล่งกำเนิดทั้งสองทำให้เกิดพลังงานความร้อนเฉลี่ยต่อลวดความร้อนเท่ากันในช่วงเวลาเท่ากัน เมื่อวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานของวงจรกระแสตรง แล้วนำค่าที่วัดได้มาใช้เป็นค่ากระแสและความต่างศักย์ในวงจรกระแสสลับ ค่ากระแสและความต่างศักย์ที่ใช้ในวงจรกระแสสลับนี้ เรียกว่า ค่ายังผล ในทางปฏิบัติจะมีการออกแบบมิเตอร์ใช้วัดค่าไฟฟ้ากระแสสลับให้อ่านค่ายังผล ซึ่งสามารถอ่านได้จากมิเตอร์โดยตรง จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นค่ามิเตอร์

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสูงสุดกับค่ามีเตอร์ หรือ *rms*

ถ้าพิจารณาให้กระแสสลับ (i) ผ่านความต้านทาน (R) แล้ววัดค่ายังผลของกระแสสลับได้เป็น (I) จะหาค่ากำลังเฉลี่ย (P_{av}) ที่ความต้านทาน

$$\text{จาก} \quad P = I^2 R$$

เมื่อพิจารณาค่ากระแสสลับ i จะได้ว่า

$$P_{av} = (i^2 R)_{av}$$

และเมื่อพิจารณาค่ายังผลของกระแสสลับ I จะได้ว่า

$$P_{av} = I^2 R$$

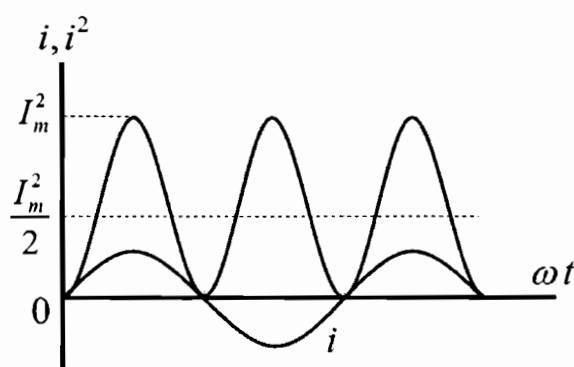
$$\text{ดังนั้น} \quad I^2 R = (i^2 R)_{av}$$

$$\text{หรือ} \quad I^2 R = (i^2)_{av} R$$

$$I^2 = (i^2)_{av}$$

$$I = \sqrt{(i^2)_{av}}$$

แสดงว่า ค่ายังผล ของกระแสสลับหรือค่ามีเตอร์หมายถึงค่า $\sqrt{(i^2)_{av}}$ ซึ่งใช้สัญลักษณ์ I_{rms} (*rms* ย่อมาจาก *Root Mean Square*) เรียกว่า รากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ ค.3 รูปแสดงค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสลับ

เมื่อพิจารณาหาค่า *rms* ของความต่างศักย์ (V) รากที่สองของความต่างศักย์กำลังสองเฉลี่ย

$$\text{จาก} \quad v = V_m \sin \omega t$$

$$V = V_{rms} = \sqrt{(v^2)_{av}} = \sqrt{v^2} = V_m \sqrt{(\sin^2 \omega t)}$$

เมื่อ $(\sin^2 \omega t)_{av} = \langle \sin^2 \omega t \rangle = \overline{(\sin^2 \omega t)} = \frac{1}{2}$

นั่นคือ $\sqrt{(\sin^2 \omega t)_{av}} = \langle \sin \omega t \rangle_{rms} = \sqrt{(\sin^2 \omega t)} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

จึงได้ $V_{rms} = V_m \langle \sin \omega t \rangle_{rms}$

ดังนั้น $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

ในทำนองเดียวกัน ก็จะได้ค่า rms ของกระแสไฟฟ้าเท่ากับ

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

****ความรู้เพิ่มเติม****

จาก $v = V_m \sin \omega t$

และ $\bar{v} = \int_0^{2\pi} V_m \sin \omega t = 0$

จะได้ $V_{rms} = \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{\int_0^{2\pi} (V_m^2 \sin^2 \omega t) dt}{2\pi}}$

$$V_{rms} = V_m \left(\frac{\int_0^{2\pi} (\sin^2 \omega t) dt}{2\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = V_m \left(\frac{\int_0^{2\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt}{2\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = V_m \left[\left(\frac{1}{4\pi} \right) \left(t - \frac{\sin 2\omega t}{2\omega} \right) \right]_0^{2\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = V_m \left[\left(\frac{1}{4\pi} \right) (2\pi) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

*** **สรุป** ค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกระแสสลับนั้น ในทางปฏิบัติใช้ค่ายังผลหรือค่ามีเตอร์หรือค่า *rms*

เราจะพิจารณาการหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (P_{av})

จากสมการ $P = P_m \sin^2 \omega t$

จึงได้ $P_{av} = P_m \langle \sin^2 \omega t \rangle$

และจากสมการ $\langle \sin^2 \omega t \rangle = \frac{1}{2}$

จะได้ $P_{av} = \frac{P_m}{2} = \frac{I_m V_m}{2}$

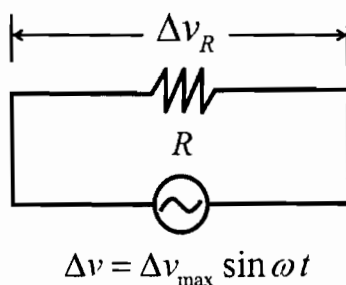
หรือพิจารณาจาก $P_{av} = I_{rms} V_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

ดังนั้น $P_{av} = \frac{I_m V_m}{2}$

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวต้านทานในวงจรกระแสสลับ

พิจารณาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานซึ่งมีความต้านทาน R ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสลับที่มีความต่างศักย์ ดังภาพที่ 2 ตามกฎของ Kirchhoff ความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรปิดจะมีค่าเท่ากับศูนย์



ภาพที่ ค.4 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับของตัวต้านทาน

ดังนั้น $\Delta v - \Delta v_R = 0$

หรือ $\Delta v_R = \Delta v = \Delta v_{\max} \sin \omega t$

เมื่อ Δv_R คือ ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน R
ตามกฎของโอห์มสามารถหากระแสไฟฟ้าได้ ดังนี้

$$i_R = \frac{\Delta v_R}{R} = \frac{\Delta V_m \sin \omega t}{R} = I_m \sin \omega t$$

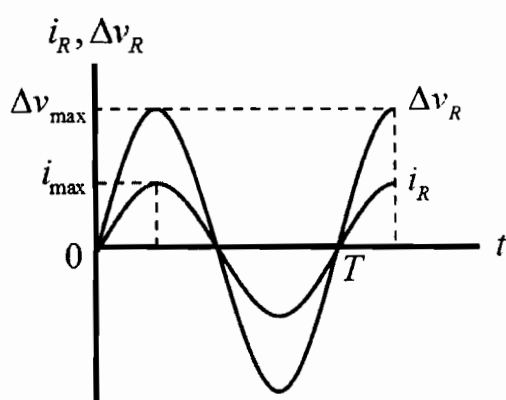
เมื่อ $I_{\max}$ คือ กระแสไฟฟ้าสูงสุด

$$\text{ดังนั้น} \quad I_{\max} = \frac{\Delta V_{\max}}{R}$$

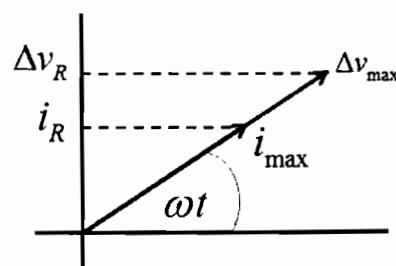
จึงได้

$$\Delta v_R = I_{\max} R \sin \omega t$$

กระแส i_R และ Δv_R แปรตรงตาม $\sin \omega t$ ทั้งคู่ ดังนั้นกระแสมีเฟสตรงกับความต่างศักย์ตามกฎของโอห์มแสดงว่าแอมพลิจูดของกระแสความต่างศักย์สัมพันธ์กันเหมือนในวงจร DC



(a)



(b)

ภาพที่ ค.5 a คือ ภาพแสดงสัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ณ เวลา t ใดๆ

b คือ ภาพแสดงเฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน

ภาพที่ ค.5 (a) แสดงกราฟของ i_R และ Δv_R ในรูปฟังก์ชันของเวลา สเกลตั้งสำหรับกระแสและความต่างศักย์ต่างกัน ดังนั้น ความสูงสัมพันธ์ของเส้นโค้งทั้งสองไม่สำคัญ ภาพที่ ค.5 (b) ให้แผนภาพเฟสเซอร์สมนัยกัน เนื่องจาก i_R และ Δv_R มีเฟสตรงกันและมีความถี่เดียวกัน เฟสเซอร์ของกระแสและความต่างศักย์หมุนไปด้วยกัน (ทิศบวกของกระแสและ

ความต่างศักย์คือทศทวนเข้ามาหการอบวงจร) และแต่ละขณะขนานกัน ภาพฉายของเฟเซอร์ ทั้งสองบนแกนนอนแทนกระแสนะหนึ่งและความต่างศักย์ขณะหนึ่งตามลำดับ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

1. ขั้นสร้างความสนใจ

กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามก่อนการทดลองในชุดการเรียนรู้ที่ 1

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

นักเรียนทำกิจกรรมชุดการเรียนรู้ที่ 1 ความถี่และความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า

สลับ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

นักเรียนบันทึกผลการทดลองตามแบบบันทึกผลการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 1 แล้วร่วมกันวิเคราะห์ผล อภิปรายและสรุปผลการทดลองภายในกลุ่ม

4. ขั้นขยายความรู้

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง จากนั้นครูแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่ยัง ขาดหายไปและไม่สมบูรณ์

5. ขั้นประเมินผล

นักเรียนตอบคำถามหลังการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 1

วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ ชุดการเรียนรู้ที่ 1 ความถี่และความต่างศักย์ของ กระแสไฟฟ้าสลับ

การวัดและการประเมินผล

1. ผลการปฏิบัติการทดลอง

2. คำถามหลังการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

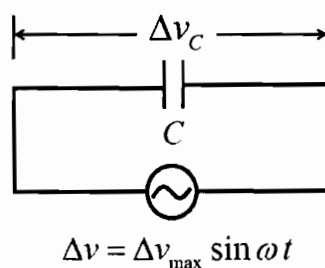
รายวิชา ฟิสิกส์	รหัสวิชา ว 30203	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร		ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสสลับ	เรื่อง วงจรอนุกรม RC	
เวลา 2 ชั่วโมง	ภาคเรียนที่ 2	ปีการศึกษา 2555

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวม ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต้านทานบนตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ในวงจรอนุกรม RC ของไฟฟ้ากระแสสลับ

เนื้อหา

พิจารณาตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จากกฎของ Kirchhoff ความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงปิดจะมีค่าเท่ากับศูนย์



ภาพที่ ค.6 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับของตัวเก็บประจุ

จะได้
$$\Delta v - \Delta v_C = 0$$

$$\Delta v = \Delta v_C = \Delta v_{\max} \sin \omega t$$

เมื่อ Δv_C คือ ความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ

จากสมการ
$$C = \frac{Q}{\Delta v_C}$$

จะได้
$$Q = C \Delta v_{\max} \sin \omega t$$

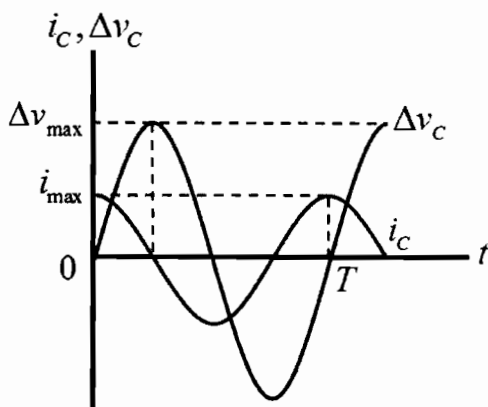
เมื่อ Q คือ ประจุบนตัวเก็บประจุ เนื่องจาก $i = \frac{dQ}{dt}$ หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ ได้โดยการดิฟเฟอเรนเชียล

$$i = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}(C \Delta v_{\max} \sin \omega t)$$

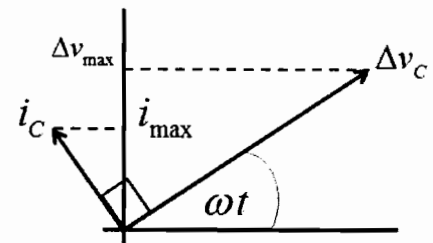
$$i = \omega C \Delta v_{\max} \cos \omega t$$

เมื่อใช้ตรีโกณ $\cos \omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

จะได้ $i_c = \omega C \Delta V_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$



(a)



(b)

ภาพที่ ค.7 a คือภาพแสดงสัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ เวลา t ใดๆ

b คือ ภาพแสดงเฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจาก

ภาพที่ ค.7a แสดง Δv_C และ i_C ในรูปฟังก์ชันของ t เนื่องจาก $i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{d}{dt} v_C$

กระแสจึงมีขนาดสูงสุดเมื่อเส้นโค้ง Δv_C เพิ่มขึ้นหรือลดลงมากที่สุด และเป็นศูนย์เมื่อเส้นโค้ง Δv_C อยู่ในแนวระดับที่ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด

ความต่างศักย์และกระแสของตัวเก็บประจุมีเฟสต่างกันหนึ่งในสี่รอบ ยอดความต่างศักย์เกิดหลังยอดกระแสที่สมนัยกันในสี่รอบ และเราพูดว่าความต่างศักย์ตามกระแส 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$

แผนภาพเฟสเซอร์ในภาพที่ ค. 7b แสดงความสัมพันธ์นี้ เฟสเซอร์ความต่างศักย์มีเฟสตามเฟสเซอร์ กระแสอยู่หนึ่งในสี่รอบหรือ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$

พิจารณาเมื่อกระแสไฟฟ้ามีค่าสูงสุด นั่นคือ $\cos(\omega t) = 1$ จะได้

$$I_{\max} = \omega C \Delta V_m = \frac{\Delta V_{\max}}{X_C}$$

เพื่อเขียนนิพจน์นี้ในภาพที่คล้ายกับสมการ $V_R = IR$ สำหรับตัวต้านทาน เรานิยาม ปริมาณ X_C ที่เรียกว่ารีแอกแตนซ์ความจุ (Capacitance) ดังนี้

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

จะได้ $V_C = I X_C$

หน่วยเอสไอของ X_C คือ โอห์ม ซึ่งเหมือนกับของความต้านทานเพราะว่า X_C เป็น อัตราส่วนของความต่างศักย์ต่อกระแส

รีแอกแตนซ์ความจุของตัวเก็บประจุแปรผกผันกับความจุ C และความถี่เชิงมุม ω ยิ่งความจุสูงและความถี่สูงรีแอกแตนซ์ความจุ X_C ก็ยิ่งน้อยลง ตัวเก็บประจุมีแนวโน้มที่จะผ่าน กระแสความถี่สูงและกั้นกระแสความถี่ต่ำและกระแส DC ผ่าน ซึ่งตรงข้ามกับตัวเหนี่ยวนำ เรา เรียกอุปกรณ์ที่ชอบให้สัญญาณความถี่สูงผ่านว่า ตัวกรองผ่านสูง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (SE)

1. ขั้นสร้างความสนใจ

กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามก่อนการทดลองในชุดการเรียนรู้ที่ 2

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

นักเรียนทำกิจกรรมชุดการเรียนรู้ที่ 2 วงจรอนุกรม RC

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

นักเรียนบันทึกผลการทดลองตามแบบบันทึกผลการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 2 แล้วร่วมกันวิเคราะห์ผล อภิปรายและสรุปผลการทดลองภายในกลุ่ม

4. ขยายความรู้

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง จากนั้นครูแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่ยังขาดหายไปและไม่สมบูรณ์

5. ประเมินผล

นักเรียนตอบคำถามหลังการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 2

วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ ชุดการเรียนรู้ที่ 2 วงจรอนุกรม RC

การวัดและการประเมินผล

1. ผลการปฏิบัติการทดลอง
2. คำถามหลังการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ฟิสิกส์

รหัสวิชา ว 30203

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสสลับ เรื่อง วงจรอนุกรม RL

เวลา 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2

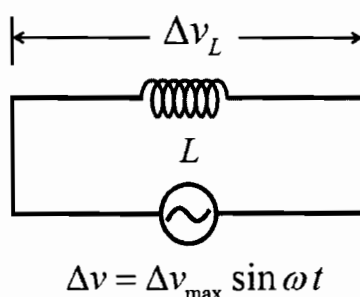
ปีการศึกษา 2555

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ ความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวม ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความต้านทานบนตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำในวงจรอนุกรม RL ของไฟฟ้ากระแสสลับ

เนื้อหา

พิจารณาตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ตามรูปที่ 6 ด้วยตัวเหนี่ยวนำบริสุทธิ์ที่มีความเหนี่ยวนำตัวเอง L โดยให้ความต้านทานเป็นศูนย์



ภาพที่ ค.8 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับของตัวเหนี่ยวนำ

จาก $\varepsilon_L = -L \frac{di}{dt}$

จะได้ $\Delta v_L = L \frac{di}{dt}$

Δv_L คือ ความต่างศักย์เหนี่ยวนำคร่อมตัวเหนี่ยวนำ จากกฎของ Kirchhoff

ดังนั้น $\Delta v_L - L \frac{di}{dt} = 0$

และจาก

$$\Delta v_L = \Delta V_m \sin \omega t$$

จึงได้

$$\Delta V_m \sin \omega t = L \frac{di}{dt}$$

$$\int di = \int \left(\frac{\Delta V_m \sin \omega t}{L} \right) dt$$

$$i_L = \frac{\Delta V_m}{\omega L} \int \sin \omega t \, d\omega t$$

$$i_L = -\frac{\Delta V_m}{\omega L} \cos \omega t$$

เมื่อ

$$-\cos \omega t = \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

จึงได้

$$i_L = \frac{\Delta V_m}{\omega L} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

เมื่อเทียบกับสมการ

$$\Delta v_L = \Delta V_m \sin \omega t$$

จะเห็นได้ว่า i_L มีเฟสตามหลัง v_L อยู่ $\frac{\pi}{2}$ หรือ 90° นั้งเอง

และเมื่อเทียบ

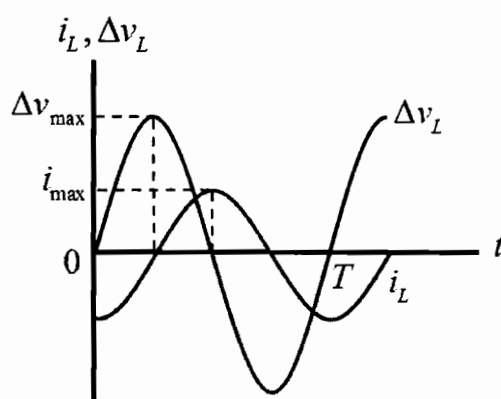
$$i_L = \frac{\Delta V_m}{\omega L} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad \text{กับ} \quad I = I_m \sin \omega t$$

จะได้

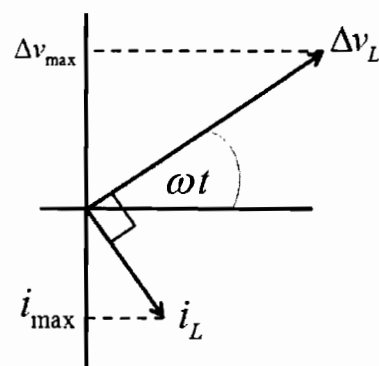
$$I_m = \frac{V_m}{\omega L} \quad \text{และเมื่อเทียบกับกฎของโอห์ม} \quad I = \frac{V}{R}$$

จึงได้

$$R = X_L = \omega L$$



(a)



(b)

ภาพที่ ค.9 a คือ ภาพแสดงสัญญาณไฟฟ้าของความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ เวลา t ใดๆ

b คือ ภาพแสดงเฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำและ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

ความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำ Δv_L ที่ขณะใดๆ มีค่าแปรผันตรงกับอัตราการเปลี่ยนแปลงกระแส จุดสูงสุดของความต่างศักย์บนกราฟตรงกับตำแหน่งที่เส้นโค้งกระแสมีความชันสูงสุด และจุดที่ความต่างศักย์เป็นศูนย์ตรงกับจุดที่เส้นโค้งกระแสมีค่าสูงสุดและต่ำสุดชั่วขณะ (ภาพที่ 5a) ความต่างศักย์และกระแสมี “จังหวะต่างกัน” หรือมีเฟสต่างกันหนึ่งส่วนสี่ของรอบ เนื่องจากขดความต่างศักย์เกิดก่อนขดกระแสหนึ่งส่วนสี่ของรอบ จึงได้ว่าความต่างศักย์มีเฟสนำกระแสอยู่ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$ แผนภาพเฟสเซอร์ในภาพที่ 5b แสดงความสัมพันธ์นี้ด้วย โดยเฟสเซอร์ความต่างศักย์นำเฟสเซอร์กระแสอยู่ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$

จะได้
$$I_m = \frac{V_m}{\omega L}$$

เรานิยามรีแอกแทนซ์เหนี่ยวนำ X_L (Inductance) ของตัวเหนี่ยวนำว่า

จึงได้ว่า
$$X_L = \omega L$$

$$V_m = I_m X_L$$

X_L เป็นอัตราส่วนความต่างศักย์ต่อกระแส จึงมีหน่วย เป็น โอห์ม เหมือนกับความต้านทานรีแอกแทนซ์เหนี่ยวนำ X_L เป็นสิ่งที่บรรยาย emf เหนี่ยวนำตัวเองที่ต้านการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ $\Delta v_L = L \frac{di}{dt}$ คร่อมตัวเหนี่ยวนำและ emf เหนี่ยวนำตัวเอง $\varepsilon_L = -L \frac{di}{dt}$ มีแอมพลิจูด V_L ซึ่งแปรผันกับ X_L ทั้งคู่ ตามสมการ $X_L = \omega L$ รีแอกแทนซ์เหนี่ยวนำและ emf เหนี่ยวนำตัวเองมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงที่มากขึ้นของกระแส (นั่นคือความถี่เชิงมุมที่เพิ่มขึ้น) และความเหนี่ยวนำ L ที่เพิ่มขึ้น

ถ้าเราใส่ความต่างศักย์แกว่วดแอมพลิจูด V_L คร่อมตัวเหนี่ยวนำ กระแสจะมีแอมพลิจูด I เล็กลง สำหรับค่า X_L ที่โตขึ้น เนื่องจาก X_L แปรตรงกับความถี่ ถ้าเราให้ความต่างศักย์ความถี่สูงกับตัวเหนี่ยวนำ เราจะได้กระแสนาเล็ก ในขณะที่ความต่างศักย์ความถี่ต่ำแอมพลิจูดเดียวกันให้กระแสที่โตกว่า เราใช้ตัวเหนี่ยวนำกับวงจรบางชนิด เช่น แหล่งจ่ายไฟและตัวกรองการ

รบกวนวิทยุ เพื่อกันความถี่สูงออกไปในขณะที่ยอมให้ความถี่ต่ำหรือ DC ผ่านไปได้ เราเรียกอุปกรณ์วงจรที่ใช้ตัวเหนี่ยวนำสำหรับวัตถุประสงค์นี้ว่า ตัวกรองผ่านต่ำ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

1. ขั้นสร้างความสนใจ

กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามก่อนการทดลองในชุดการเรียนรู้ที่ 3

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

นักเรียนทำกิจกรรมชุดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรอนุกรม RL

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

นักเรียนบันทึกผลการทดลองตามแบบบันทึกผลการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 3 แล้วร่วมกันวิเคราะห์ผล อภิปรายและสรุปผลการทดลองภายในกลุ่ม

4. ขั้นขยายความรู้

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง จากนั้นครูแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่ยังขาดหายไปและไม่สมบูรณ์

5. ขั้นประเมินผล

นักเรียนตอบคำถามหลังการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ ชุดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรอนุกรม RL

การวัดและการประเมินผล

1. ผลการปฏิบัติการทดลอง

2. คำถามหลังการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

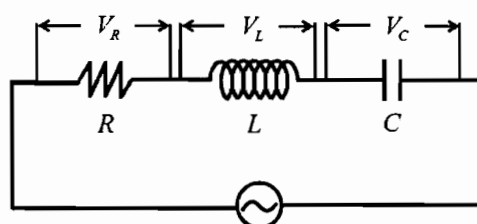
รายวิชา ฟิสิกส์ รหัสวิชา ว 30203 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสสลับ เรื่อง วงจรอนุกรม RLC
 เวลา 2 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม RLC ของไฟฟ้ากระแสสลับ

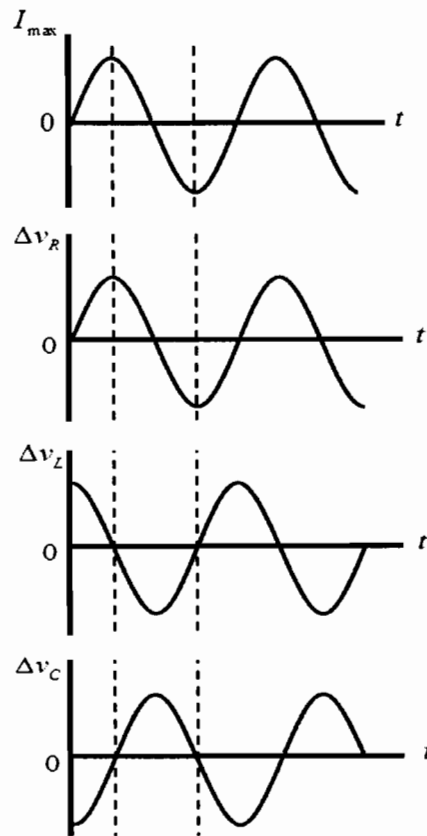
เนื้อหา

เมื่อต่อวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน R ตัวเก็บประจุ C และตัวเหนี่ยวนำ L กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบอนุกรม ดังรูป



ภาพที่ ค.10 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับแบบอนุกรมของตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ

จะพบว่ากราฟของกระแสไฟฟ้ากับเวลา และกราฟความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทานกับเวลา ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลา และความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุกับเวลา เป็นดังรูป



ภาพที่ ค.11 เฟสของความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ

เมื่อวงจรค่าความต่างศักย์รวมเท่ากับ

$$\Delta V = \Delta V_{\max} \sin(\omega t)$$

และวงจรมีกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$i = I_{\max} \sin(\omega t - \phi)$$

โดย ϕ คือ ความต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรกับค่าความต่างศักย์รวมของวงจร

จากภาพที่ ค.11 ได้ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาบนตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ โดยค่าความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานเป็น ΔV_R ค่าความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำเป็น ΔV_L และค่าความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุเป็น ΔV_C มีค่าดังนี้

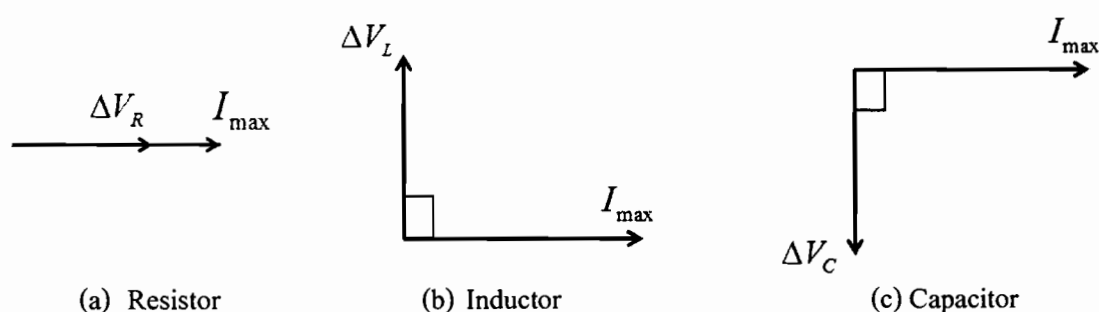
$$\Delta V_R = I_{\max} \cdot R \sin(\omega t) = \Delta V_{\max} \sin(\omega t)$$

$$\Delta V_L = I_{\max} \cdot X_L \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \Delta V_L \cos(\omega t)$$

$$\Delta V_C = I_{\max} \cdot X_C \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -\Delta V_C \cos(\omega t)$$

จะเห็นได้ว่า ΔV_R , ΔV_L และ ΔV_C คือ ค่าความต่างศักย์ตกคร่อมสูงสุดบนแต่ละอุปกรณ์ โดย $\Delta V_R = I_{\max} \cdot R$, $\Delta V_C = I_{\max} \cdot X_C$ และ $\Delta V_L = I_{\max} \cdot X_L$

และเมื่อพิจารณาแผนภาพเฟเซอร์บนแต่ละอุปกรณ์ จะได้ดังภาพที่ ค.12

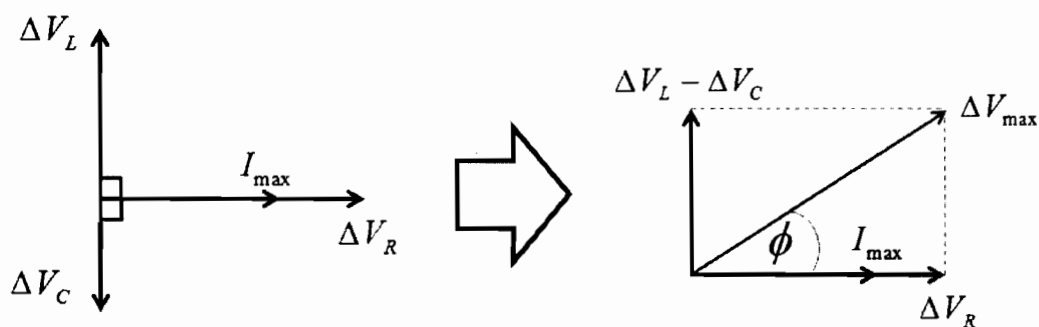


ภาพที่ ค.12 เฟสของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ

เมื่อต่อวงจรแบบอนุกรมกระแสไฟฟ้าในวงจรที่ผ่านตัว R, C และ L จะมีค่าเท่ากัน

$$I = I_R = I_C = I_L$$

พิจารณาแผนภาพเฟเซอร์ของวงจรแบบอนุกรม RLC จะได้ดังนี้



ภาพที่ ค.13 แผนภาพเฟเซอร์ของวงจรแบบอนุกรม RLC

ดังนั้น การหาความต่างศักย์รวมจึงต้องพิจารณาแบบเวกเตอร์

$$\text{จะได้ } \Delta V_{\max}^2 = \Delta V_R^2 + (\Delta V_L - \Delta V_C)^2$$

นั่นคือ $\Delta V_{\max}^2 = (I_{\max} \cdot R)^2 + [(I_{\max} \cdot X_L) - (I_{\max} \cdot X_C)]^2$

$$\Delta V_{\max} = I_{\max} \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

เมื่อ $Z = \frac{\Delta V_{\max}}{I_{\max}}$

โดย Z คือ ค่า Impedance หรือ ความต้านทานเชิงซ้อน

แสดงว่าความต้านทานรวมของวงจรอนุกรม RLC มีค่าเท่ากับ

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

และความต่างเฟสของกระแสรวมและความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม จากรูปที่ ค.10 “ ϕ ” อาจเรียกได้ว่า มุมเฟส ซึ่งหาได้จาก

$$\tan \phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$

หรือ $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$

ในวงจร RLC มุมเฟส ϕ มีความสำคัญมาก โดยใช้กำหนดเงื่อนไขกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในวงจรไฟฟ้า โดยกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจะสูญเสียเฉพาะในตัวต้านทานเท่านั้น สำหรับตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นการหาลำดับไฟฟ้าที่สูญเสียไปในวงจร RLC จึงต้องอาศัยมุม ϕ มาพิจารณาเป็นเงื่อนไขนั่นเอง โดยหาได้จาก

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในตัวต้านทาน (R) $P_{av} = I^2 R$

จากรูปที่ ค.13 $\cos \phi = \frac{\Delta V_R}{\Delta V_{\max}}$

หรือให้เป็น $\cos \phi = \frac{V_R}{V} = \frac{IR}{IZ} = \frac{R}{Z}$

จึงได้ $R = Z \cos \phi$

ดังนั้น $P_{av} = I^2 (Z \cos \phi) = I (IZ) \cos \phi$

หรือ $P_{av} = IV \cos \phi$

แสดงว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในวงจร RLC มีค่า

$$P_{av} = IV \cos \phi$$

และ $\cos \phi = \frac{R}{Z}$

โดยเรียก $\cos \phi$ ว่า ตัวประกอบกำลัง (Power factor)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E)

1. ขั้นสร้างความสนใจ

กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามก่อนการทดลองในชุดการเรียนรู้ที่ 4

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

นักเรียนทำกิจกรรมชุดการเรียนรู้ที่ 4 วงจรอนุกรม RLC

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

นักเรียนบันทึกผลการทดลองตามแบบบันทึกผลการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 4 แล้วร่วมกันวิเคราะห์ผล อภิปรายและสรุปผลการทดลองภายในกลุ่ม

4. ขั้นขยายความรู้

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง จากนั้นครูแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่ยังขาดหายไปและไม่สมบูรณ์

5. ขั้นประเมินผล

นักเรียนตอบคำถามหลังการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 4

วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ ชุดการเรียนรู้ที่ 4 วงจรอนุกรม RLC

การวัดและการประเมินผล

1. ผลการปฏิบัติการทดลอง
2. คำถามหลังการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา ฟิสิกส์ รหัสวิชา ว 30203 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสสลับ เรื่อง รีโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม LC
 เวลา 2 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและสามารถหาความถี่ รีโซแนนซ์ของวงจรอนุกรม LC

เนื้อหา

รีโซแนนซ์ในวงจร RCL แบบอนุกรม

วงจร RCL แบบอนุกรม ความต้านทานเชิงซ้อน (Z) หาได้โดย

$$\text{จาก} \quad Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\text{ถ้า} \quad X_L = X_C$$

$$\text{จะได้ว่า} \quad Z = R$$

ดังนั้น Z จึงมีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ R ทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าสูงสุด และค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดนี้จะเกิดขึ้นได้ที่ความถี่ (f) ค่าหนึ่งเท่านั้น ซึ่งเรียกความถี่นี้ว่า “ความถี่ รีโซแนนซ์ (Resonance frequency)” สามารถหาได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad X_L = X_C$$

$$\text{หรือ} \quad (2\pi f) \cdot L = \frac{1}{(2\pi f) \cdot C}$$

$$\text{ได้} \quad f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (SE)

1. ขั้นสร้างความสนใจ

กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามก่อนการทดลองในชุดการเรียนรู้ที่ 5

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

นักเรียนทำกิจกรรมชุดการเรียนรู้ที่ 5 รีโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม LC

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

นักเรียนบันทึกผลการทดลองตามแบบบันทึกผลการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 5 แล้วร่วมกันวิเคราะห์ผล อภิปรายและสรุปผลการทดลองภายในกลุ่ม

4. ขั้นขยายความรู้

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง จากนั้นครูแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่ยังขาดหายไปและไม่สมบูรณ์

5. ขั้นประเมินผล

นักเรียนตอบคำถามหลังการทดลองของชุดการเรียนรู้ที่ 5

วัสดุอุปกรณ์ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

ชุดการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ ชุดการเรียนรู้ที่ 5 รีโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม LC

การวัดและการประเมินผล

1. ผลการปฏิบัติการทดลอง
2. คำถามหลังการทดลอง

ภาคผนวก ง
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา ฟิสิกส์

เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย มีจำนวน 9 ข้อ คะแนนเต็ม 50 คะแนน
2. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในแบบทดสอบให้ถูกต้อง
3. เวลาทำแบบทดสอบ 60 นาที

1. ข้อมูลที่ได้จากออสซิลโลสโคป แตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากคิจิตอลมัลติเตอร์อย่างไร

ตอบ.....

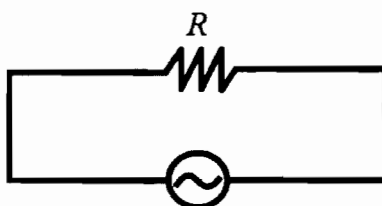
2. ถ้าต้องการวัดความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับต้องใช้อุปกรณ์ใดและมีวิธีการอย่างไร

ตอบ.....

3. ค่าสูงสุดของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับมีความสัมพันธ์กับค่า rms อย่างไร (เขียนเป็นสมการ)

ตอบ.....

4. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับดังรูป



- 4.1 จงเขียนความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่เวลาใดๆ กับเวลา และความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เวลาใดๆ กับเวลาระหว่างปลายทั้งสองข้างของตัวต้านทาน

ตอบ $i = \dots\dots\dots$, $V = \dots\dots\dots$

- 4.2 จงเขียนความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่เวลาใดๆ

ตอบ $V = \dots\dots\dots$

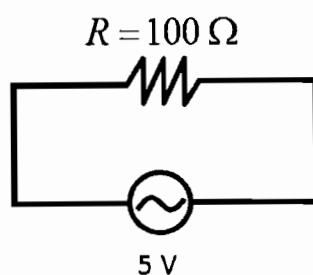
4.3 จงเขียนความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยกับความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

ตอบ $P_{av} = \dots\dots\dots$

4.4 จงเขียนความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

ตอบ $P_{max} = \dots\dots\dots$

5. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับดังรูป



5.1 V_{rms} คร่อมตัวต้านทาน $R = \dots\dots\dots$

5.2 V_{max} คร่อมตัวต้านทาน $R = \dots\dots\dots$

5.3 I_{rms} คร่อมตัวต้านทาน $R = \dots\dots\dots$

5.4 I_{max} คร่อมตัวต้านทาน $R = \dots\dots\dots$

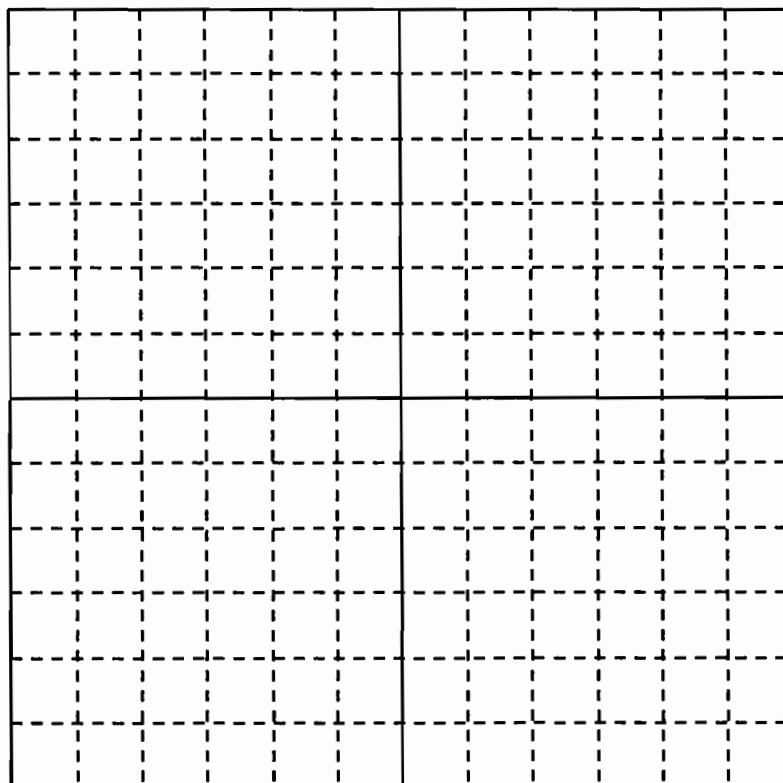
5.5 P_{av} ที่จ่ายให้ตัวต้านทาน $R = \dots\dots\dots$

5.6 P_{max} ที่จ่ายให้ตัวต้านทาน $R = \dots\dots\dots$

5.7 ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ตามบ้านเรือนทั่วไป (ในประเทศไทย) มีค่าเท่าใด

ตอบ.....

- 5.8 ให้เขียนรูปสัญญาณของไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากออสซิลโลสโคป กำหนดให้ แกน Y คือ 5 VOLTS/DIV และแกน X คือ 5 ms TIMES/DIV



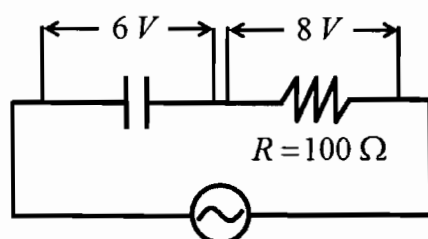
- 5.9 จงเขียนความสัมพันธ์ของความต่างศักย์กับเวลาที่คร่อมตัวต้านทาน $100\ \Omega$

ตอบ.....

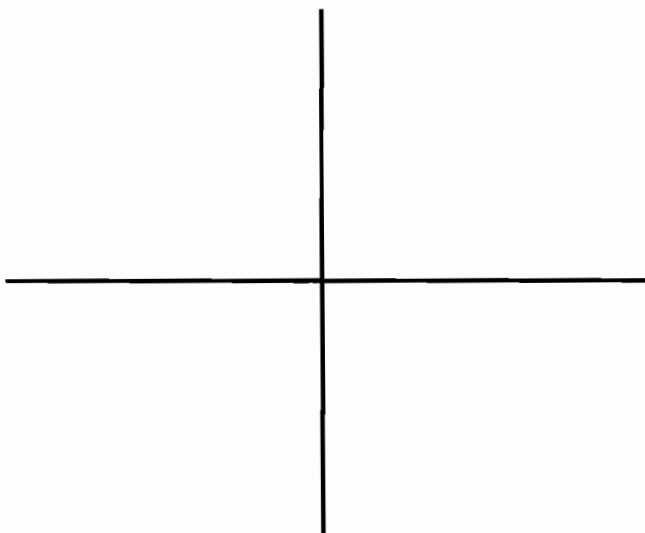
- 5.10 จงเขียนความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับเวลาที่คร่อมตัวต้านทาน $100\ \Omega$

ตอบ.....

6. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ ดังรูป เมื่อวัดความต่างศักย์ด้วยโวลต์มิเตอร์ ได้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน 8 V และความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ 6 V อยากทราบว่า

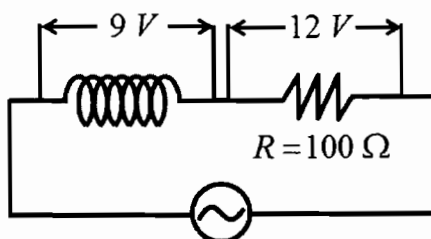


- 6.1 จงเขียนแผนภาพเฟสเซอร์ แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาที่คร่อมตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

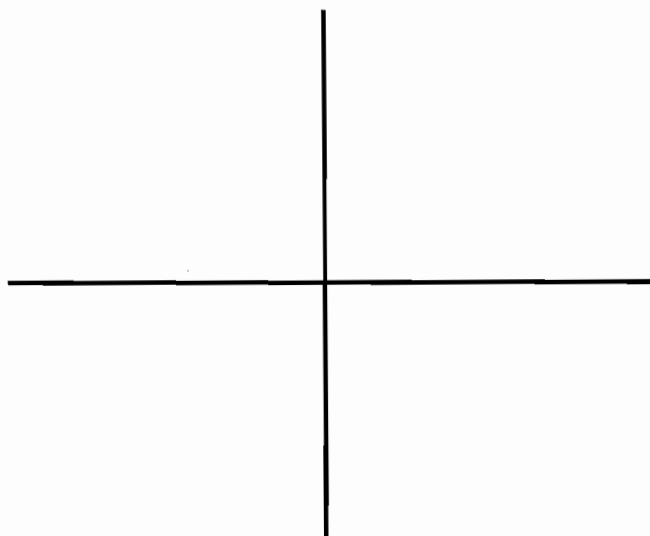


- 6.2 ความต่างศักย์ยังผลคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ.....
- 6.3 ความต่างศักย์สูงสุดคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ.....
- 6.4 กระแสไฟฟ้ายังผลที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ.....
- 6.5 กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ.....
- 6.6 ความต้านทานเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ.....
- 6.7 ความต้านทานเชิงความจรมีค่าเท่ากับ.....
- 6.8 ความจุของตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ.....
- 6.9 ค่าของตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าเท่ากับ.....

7. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ ดังรูป เมื่อวัดความต่างศักย์ด้วยโวลต์มิเตอร์ ได้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน 12 V และความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำ 9 V อยากทราบว่า

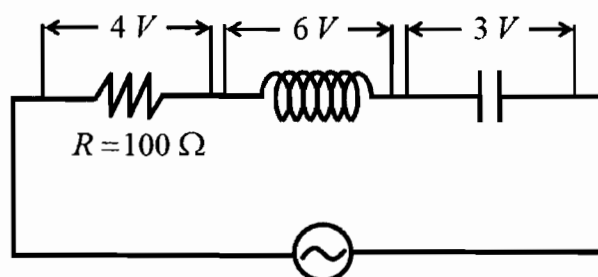


- 7.1 จงเขียนแผนภาพเฟสเซอร์ แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาที่คร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

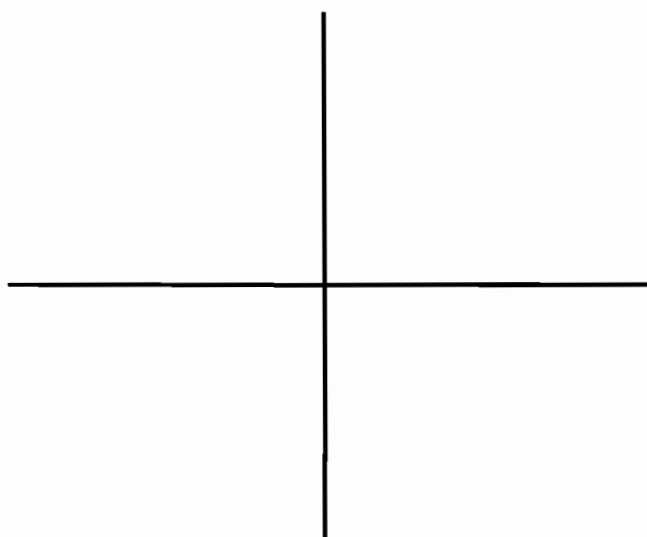


- 7.2 ความต่างศักย์ยังผลคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ.....
 7.3 ความต่างศักย์สูงสุดคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ.....
 7.4 กระแสไฟฟ้ายังผลที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ.....
 7.5 กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ.....
 7.6 ความต้านทานเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ.....
 7.7 ความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ.....
 7.8 ความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ.....
 7.9 ค่าของตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าเท่ากับ.....

8. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ ดังรูป เมื่อวัดความต่างศักย์ด้วยโวลต์มิเตอร์ ได้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน 4 V คร่อมตัวเหนี่ยวนำ 6 V และความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ 3 V อยากทราบว่า



- 8.1 จงเขียนแผนภาพเฟสเซอร์ แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาที่คร่อมตัวต้านทานตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ



- 8.2 ความต่างศักย์ยังผลคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ.....
 8.3 ความต่างศักย์สูงสุดคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ.....
 8.4 กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ.....
 8.5 กระแสไฟฟ้ายังผลที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ.....
 8.6 ความต้านทานเชิงความจรมีค่าเท่ากับ.....
 8.7 ความจุของตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ.....
 8.8 ความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ.....
 8.9 ความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ.....

เฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา ฟิสิกส์
เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย มีจำนวน 9 ข้อ คะแนนเต็ม 50 คะแนน
2. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในแบบทดสอบให้ถูกต้อง
3. เวลาทำแบบทดสอบ 60 นาที

1. ข้อมูลที่ได้จากออสซิลโลสโคป แตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากดิจิตอลมัลติเตอร์อย่างไร

ตอบ ข้อมูลที่ได้จากออสซิลโลสโคปจะเป็นลักษณะของสัญญาณ สามารถอ่านค่าสูงสุดของความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ แต่ดิจิตอลมัลติเตอร์จะได้ข้อมูลเป็นตัวเลขเพียงอย่างเดียว และไม่สามารถอ่านค่าสูงสุดของความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ จะอ่านได้เพียงค่า rms เท่านั้น....(2 คะแนน)

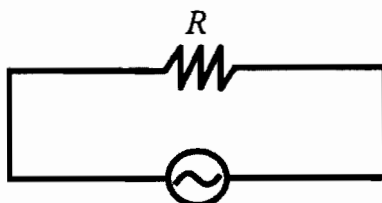
2. ถ้าต้องการวัดความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับต้องใช้อุปกรณ์ใดและมีวิธีการอย่างไร

ตอบ ในการวัดความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับต้องใช้ฮอสซิลโลสโคป โดยใช้หนึ่งคาบเวลาจากแกน X คูณกับ TIME/DIV ที่ใช้.....(1 คะแนน)

3. ค่าสูงสุดของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับมีความสัมพันธ์กับค่า rms อย่างไร (เขียนเป็นสมการ)

ตอบ $I_{\max} = \sqrt{2} I_{\text{rms}}$ และ $V_{\max} = \sqrt{2} V_{\text{rms}}$ (1 คะแนน)

4. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับดังรูป



- 4.1 จงเขียนความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่เวลาใดๆ กับเวลา และความสัมพันธ์ของ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เวลาใดๆ กับเวลาระหว่างปลายทั้งสองข้างของตัวต้านทาน

ตอบ $i = I_{\max} \sin \omega t$, $v = V_{\max} \sin \omega t$ (1 คะแนน)

- 4.2 จงเขียนความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่เวลาใดๆ

ตอบ $v = I_{\max} \cdot R \sin \omega t$ (1 คะแนน)

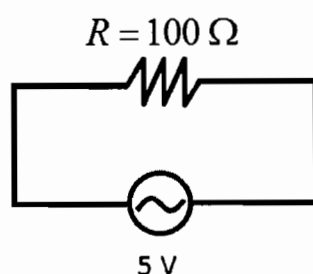
4.3 จงเขียนความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยกับความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

ตอบ $P_{av} = I_{rms} \cdot V_{rms} = \frac{I_{max} \cdot V_{max}}{2}$ (1 คะแนน)

4.4 จงเขียนความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

ตอบ $P_{max} = I_{max} \cdot V_{max}$ (1 คะแนน)

5. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับดังรูป



5.1 V_{rms} คร่อมตัวต้านทาน $R = 5 \text{ V}$ (1 คะแนน)

5.2 V_{max} คร่อมตัวต้านทาน $R = 5\sqrt{2} \text{ V}$ (1 คะแนน)

5.3 I_{rms} คร่อมตัวต้านทาน $R = 50 \text{ mA}$ (1 คะแนน)

5.4 I_{max} คร่อมตัวต้านทาน $R = 50\sqrt{2} \text{ mA}$ (1 คะแนน)

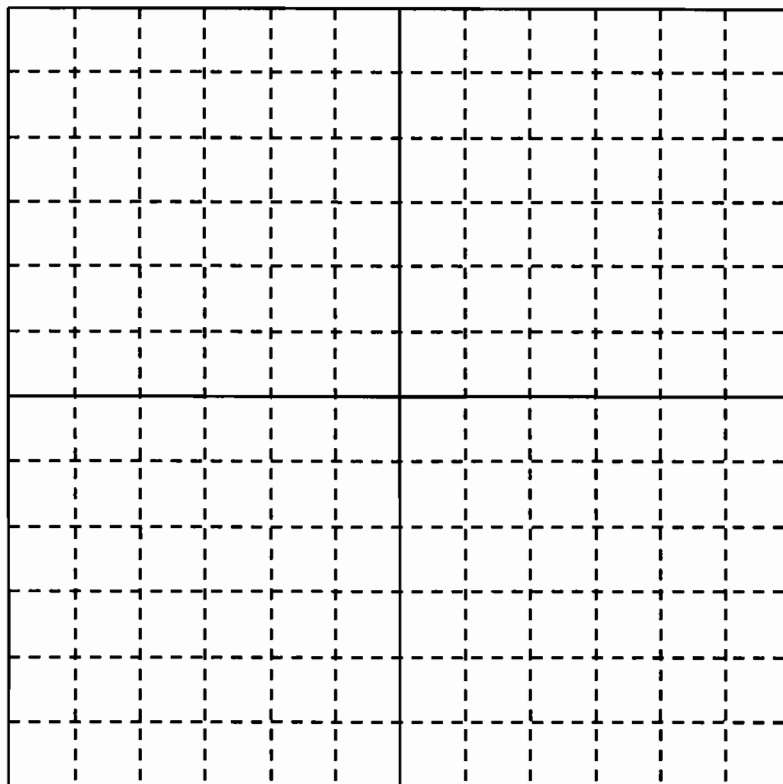
5.5 P_{av} ที่จ่ายให้ตัวต้านทาน $R = 250 \text{ mW}$ (1 คะแนน)

5.6 P_{max} ที่จ่ายให้ตัวต้านทาน $R = 500 \text{ mW}$ (1 คะแนน)

5.7 ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ตามบ้านเรือนทั่วไป (ในประเทศไทย) มีค่าเท่าใด

ตอบ 50 Hz (1 คะแนน)

- 5.8 ให้เขียนรูปสัญญาณของไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากออสซิลโลสโคป กำหนดให้ แกน Y คือ 5 VOLTS/DIV และแกน X คือ 5 ms TIMES/DIV.....(1 คะแนน)



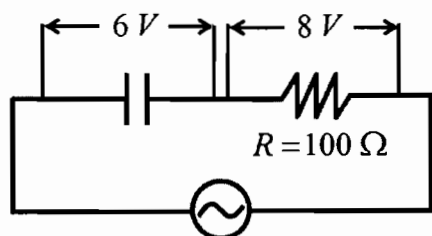
- 5.9 จงเขียนความสัมพันธ์ของความต่างศักย์กับเวลาที่คร่อมตัวต้านทาน 100 Ω

ตอบ $v = 5\sqrt{2} \sin 100\pi t$ (1 คะแนน)

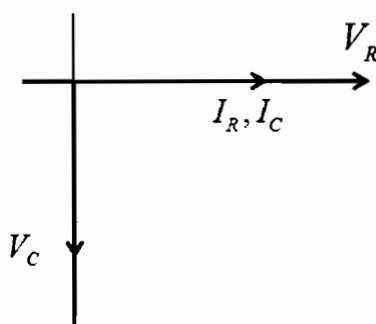
- 5.10 จงเขียนความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับเวลาที่คร่อมตัวต้านทาน 100 Ω

ตอบ $v = (5\sqrt{2} \times 10^{-2}) \sin 100\pi t$ (1 คะแนน)

6. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ ดังรูป เมื่อวัดความต่างศักย์ด้วยโวลต์มิเตอร์ ได้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน 9 V และความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ 6 V อยากทราบว่า

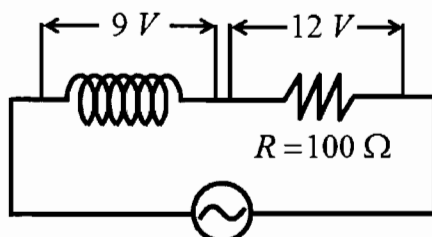


- 6.1 จงเขียนแผนภาพเฟสเซอร์ แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาที่คร่อมตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ.....(1 คะแนน)

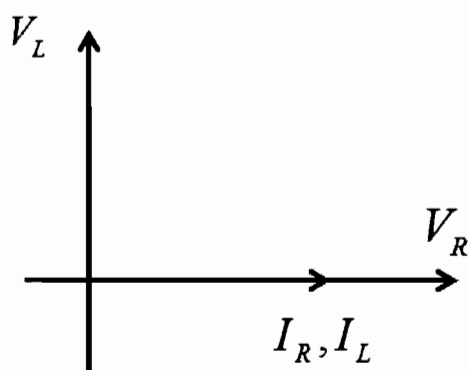


- 6.2 ความต่างศักย์ยังผลคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 10 V (1 คะแนน)
- 6.3 ความต่างศักย์สูงสุดคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ $10\sqrt{2}\text{ V}$(1 คะแนน)
- 6.4 กระแสไฟฟ้ายังผลที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ $80\sqrt{2}\text{ mA}$(1 คะแนน)
- 6.5 กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ 80 mA(1 คะแนน)
- 6.6 ความต้านทานเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ $125\ \Omega$ (1 คะแนน)
- 6.7 ความต้านทานเชิงความจรมีค่าเท่ากับ $75\ \Omega$ (1 คะแนน)
- 6.8 ความจุของตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ $42.5\ \mu\text{F}$ (1 คะแนน)
- 6.9 ค่าของตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าเท่ากับ 0.8(1 คะแนน)

7. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ ดังรูป เมื่อวัดความต่างศักย์ด้วยโวลต์มิเตอร์ ได้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน 12 V และความต่างศักย์คร่อมตัวเหนี่ยวนำ 9 V อยากทราบว่า

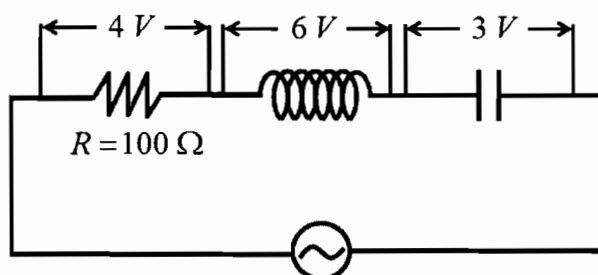


- 7.1 จงเขียนแผนภาพเฟสเซอร์ แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาที่คร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ.....(1 คะแนน)

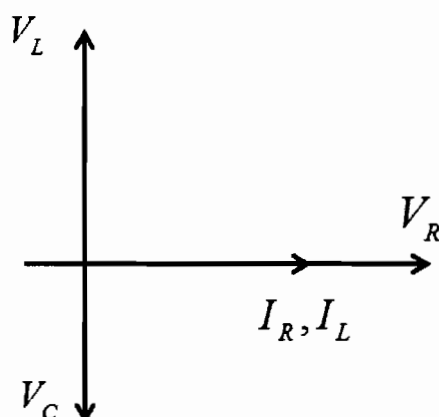


- 7.2 ความต่างศักย์ยังผลคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 15 V (1 คะแนน)
 7.3 ความต่างศักย์สูงสุดคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ $15\sqrt{2}\text{ V}$(1 คะแนน)
 7.4 กระแสไฟฟ้ายังผลที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ $120\sqrt{2}\text{ mA}$ (1 คะแนน)
 7.5 กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ 120 mA (1 คะแนน)
 7.6 ความต้านทานเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ $125\ \Omega$ (1 คะแนน)
 7.7 ความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ $75\ \Omega$ (1 คะแนน)
 7.8 ความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 0.24 H (1 คะแนน)
 7.9 ค่าของตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าเท่ากับ 0.8(1 คะแนน)

8. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานขนาด $100\ \Omega$ ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ ดังรูป เมื่อ วัดความต่างศักย์ด้วยโวลต์มิเตอร์ ได้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน 4 V คร่อมตัวเหนี่ยวนำ 6 V และความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุ 3 V อยากทราบว่า

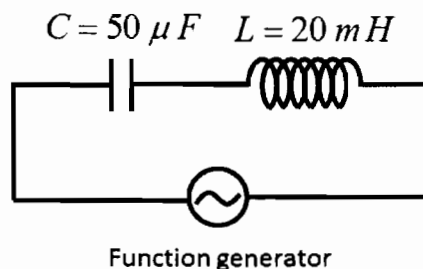


- 8.1 จงเขียนแผนภาพเฟสเซอร์ แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาที่คร่อมตัวต้านทานตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ.....(1 คะแนน)



- 8.2 ความต่างศักย์ยังผลคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 5 V (1 คะแนน)
 8.3 ความต่างศักย์สูงสุดคร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ $5\sqrt{2}\text{ V}$ (1 คะแนน)
 8.4 กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ $40\sqrt{2}\text{ mA}$ (1 คะแนน)
 8.5 กระแสไฟฟ้ายังผลที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับ 40 mA (1 คะแนน)
 8.6 ความต้านทานเชิงความจรมีค่าเท่ากับ $75\ \Omega$ (1 คะแนน)
 8.7 ความจุของตัวเก็บประจรมีค่าเท่ากับ $42.5\ \mu\text{F}$ (1 คะแนน)
 8.8 ความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ $150\ \Omega$ (1 คะแนน)
 8.9 ความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 0.24 H (1 คะแนน)
 8.10 ความต้านทานเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ $125\ \Omega$ (1 คะแนน)
 8.11 ค่าของตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าเท่ากับ 0.8 (1 คะแนน)

9. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวเหนี่ยวนำขนาด 20 mH ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุขนาด $50\text{ }\mu\text{F}$ ดังรูป โดยใช้เครื่องกำเนิดความถี่ (Function generator) เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า



- 9.1 เมื่อต้องการให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรสูงสุด (ทำให้เกิดความถี่รีโซแนนซ์) จะต้องทำอย่างไร

ตอบ ต้องทำการปรับความถี่ของ Function generator ให้ความถี่ในวงจรที่เหมาะสมค่าหนึ่ง จนส่งผลให้ความต้านทานจํวกรวมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากันจะทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าสูงสุด (1 คะแนน)

- 9.2 ความถี่รีโซแนนซ์ของไฟฟ้ากระแสสลับในวงจรนี้ มีค่าเท่าใด

เมื่อ $X_L = X_C$

จะได้ $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$(2\pi f)^2 = \frac{1}{LC}$$

ดังนั้นจะได้ความถี่รีโซแนนซ์ดังสมการ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(20 \times 10^{-3})(50 \times 10^{-6})}}$$

$\therefore f = 159.24\text{ Hz} \dots\dots\dots(2\text{ คะแนน})$

#####

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน
โดยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

**แบบสอบถามความพึงพอใจผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อ
การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E) ด้วยชุดการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความพึงพอใจนี้สร้างขึ้นเพื่อสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. วิธีตอบแบบสอบถามให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในแต่ละประเด็น โดยมีระดับ ความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมมาก

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมน้อย

ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมน้อยที่สุด
3. กรุณาวิจารณ์และให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุง การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นี้ ให้ดียิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

(นายสมคิด รูปเหมาะ)

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รายการประเมิน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
1. ด้านสาระการเรียนรู้					
1.1 เนื้อหามีรายละเอียดชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย					
1.2 เนื้อหาเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน					
1.3 เนื้อหาปริมาณเหมาะสมกับเวลาที่ใช้สอน					
1.4 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจน					
2.2 กิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียน					
2.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน					
2.4 เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้จากกิจกรรมมีความเหมาะสม					
3. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้					
3.1 ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น					
3.2 สื่อมีความน่าสนใจทำให้สนุกในการเรียน					
3.3 สื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่จะตั้งคำถาม					
3.4 ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้					
4. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
4.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย					
4.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง					
4.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน					

ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฉ
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ จ.1 ค่าคะแนนแบบฝึกหัดย่อยท้ายแผนการจัดการเรียนรู้

เลขที่	Pre-test	คะแนนแบบฝึกหัดย่อยระหว่างเรียน					รวม	post-test
		แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้						
		แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4	แผน 5		
	50	10	10	10	10	10	50	50
1	8	10	9	10	9	10	48	45
2	3	7	7	8	7	7	36	35
3	6	9	10	8	9	9	45	43
4	4	9	7	8	8	9	41	42
5	6	9	8	9	9	8	43	44
6	6	8	9	9	10	9	45	45
7	3	8	8	8	9	8	41	42
8	4	8	8	8	9	8	41	42
9	4	8	8	8	8	9	41	40
10	4	8	8	8	9	9	42	40
11	14	10	9	9	10	10	48	48
12	2	7	8	8	7	7	37	33
13	6	9	10	10	9	9	47	45
14	7	10	9	9	10	10	48	46
15	4	7	7	7	8	7	36	32
16	5	8	8	8	9	10	43	41
17	4	8	8	8	9	9	42	40
18	3	7	7	7	8	9	38	38
19	3	9	8	8	9	9	43	41
20	4	8	9	9	10	9	45	42
21	3	8	8	7	8	8	39	40
22	4	8	8	8	9	10	43	42
23	3	8	8	8	8	9	41	41
24	3	8	8	9	8	9	42	41

ตารางที่ จ.1 ค่าคะแนนแบบฝึกหัดย่อยท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

เลขที่	Pre-test	คะแนนแบบฝึกหัดย่อยระหว่างเรียน					รวม	post-test
		แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้						
		แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4	แผน 5		
	50	10	10	10	10	10	50	50
$\bar{X}$	4.71	8.29	8.21	8.29	8.71	8.79	42.29	41.17
SD	2.48	0.91	0.83	0.81	0.86	0.93	3.54	3.81
ร้อยละ	9.42	82.92	82.08	82.92	87.08	87.92	84.58	82.33

ตารางที่ จ.2 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I)

ผลคูณของจำนวนนักเรียน กับคะแนนเต็มของ แบบทดสอบ	ผลรวมของคะแนน หลังเรียน	ผลรวมของคะแนน ก่อนเรียน	E.I
1200	988	133	0.8013

$$\begin{aligned}
 \text{หาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.)} &= \frac{\text{ผลรวมของคะแนนทดสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}} \\
 &= \frac{988-133}{(24 \times 50)-133} \\
 &= 0.8013
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคล

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain, <g> ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
แบบรายบุคคล

เลขที่	แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		%pre	%post	%post – % pre	100 – % pre	<g>	ระดับ
	ก่อน	หลัง						
	50 คะแนน	50 คะแนน						
1	8	45	16.00	90.00	74.00	84.00	0.88	High
2	3	35	6.00	70.00	64.00	94.00	0.68	Medium
3	6	43	12.00	86.00	74.00	88.00	0.84	High
4	4	42	8.00	84.00	76.00	92.00	0.83	High
5	6	44	12.00	88.00	76.00	88.00	0.86	High
6	6	45	12.00	90.00	78.00	88.00	0.89	High
7	3	42	6.00	84.00	78.00	94.00	0.83	High
8	4	42	8.00	84.00	76.00	92.00	0.83	High
9	4	40	8.00	80.00	72.00	92.00	0.78	High
10	4	40	8.00	80.00	72.00	92.00	0.78	High
11	14	48	28.00	96.00	68.00	72.00	0.94	High
12	2	33	4.00	66.00	62.00	96.00	0.65	Medium
13	6	45	12.00	90.00	78.00	88.00	0.89	High
14	7	46	14.00	92.00	78.00	86.00	0.91	High
15	4	32	8.00	64.00	56.00	92.00	0.61	Medium
16	5	41	10.00	82.00	72.00	90.00	0.80	High
17	4	40	8.00	80.00	72.00	92.00	0.78	High
18	3	38	6.00	76.00	70.00	94.00	0.74	High
19	3	41	6.00	82.00	76.00	94.00	0.81	High
20	4	42	8.00	84.00	76.00	92.00	0.83	High

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain, <g> ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
แบบรายบุคคล (ต่อ)

เลขที่	แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียน		%pre	%post	%post – % pre	100 – % pre	<g>	ระดับ
	ก่อน	หลัง						
	50 คะแนน	50 คะแนน						
21	3	40	6.00	80.00	74.00	94.00	0.79	High
22	4	42	8.00	84.00	76.00	92.00	0.83	High
23	3	41	6.00	82.00	76.00	94.00	0.81	High
24	3	41	6.00	82.00	76.00	94.00	0.81	High
Mean	4.71	41.17	9.42	82.33	72.92	90.58	0.81	High
SD	2.48	3.81	4.95	7.61	5.53	4.95	0.08	-
Max	14	48	28.00	96.00	78.00	96.00	0.94	High
Min	2	32	4.00	64.00	56.00	86.00	0.61	Medium

ภาคผนวก ช

ประสิทธิภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ ข.1 คำนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เรียน			รวม	IOC	แปลผล	หมายเหตุ
	1	2	3				
1. ด้านสาระการเรียนรู้							
1.1 เนื้อหาที่น่าสนใจ	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
1.2 เนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
1.3 เนื้อหาเหมาะสมกับความสามารถ ของผู้เรียน	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้							
2.1 นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความ ช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.2 นักเรียนมีโอกาสศึกษาความรู้ได้ด้วยตัวเอง	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.3 เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้จากชุดการเรียนรู้แต่ละ ชุดมีความเหมาะสม	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.4 ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.5 กิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจน	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้							
3.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเอง และงานของเพื่อน	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4. ด้านการใช้สื่ออุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้							
4.1 สื่อมีความน่าสนใจทำให้สนุกในการเรียน	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.2 สื่อการสอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่ จะตั้งคำถาม	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.3 สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.4 นักเรียนได้รับประโยชน์จากสื่อการเรียน	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้

ตารางที่ ข.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามความพึงพอใจ และความเชื่อมั่นแบบสอบถาม
ความพึงพอใจ

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก α	ข้อคำถามจริง
1	0.94	1
2	0.94	2
3	0.90	3
4	0.90	4
5	0.79	5
6	0.95	6
7	0.94	7
8	0.94	8
9	0.93	9
10	0.94	10
11	0.91	11
12	0.95	12
13	0.94	13
14	0.91	14
15	0.92	15

ความเชื่อมั่น (α) ทั้งฉบับ เท่ากับ .920

ภาคผนวก ฅ

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน
ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (5E) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

ตารางที่ ฅ.1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน
ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (SE) ด้วยชุดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ

รายการแสดงความคิดเห็น	$\bar{X}$	SD	ความพึงพอใจ	อันดับที่
1. ด้านสาระการเรียนรู้				
1.1 เนื้อหาที่น่าสนใจ	3.90	0.65	มาก	9
1.2 เนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย	4.05	0.57	มาก	4
1.3 เนื้อหาเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน	3.92	0.59	มาก	8
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้				
2.1 นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	3.89	0.65	มาก	10
2.2 นักเรียนมีโอกาศศึกษาความรู้ด้วยตัวเอง	3.71	0.69	มาก	12
2.3 เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้จากกิจกรรม มีความเหมาะสม	3.76	0.75	มาก	11
2.4 ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น	4.35	0.65	มาก	3
2.5 กิจกรรมมีรายละเอียดและมีขั้นตอนชัดเจน	4.59	0.53	มาก	1
3. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้				
3.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	3.58	0.64	มาก	15
3.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	3.71	0.69	มาก	12
3.3 นักเรียนมีโอกาศได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน	3.66	0.53	มาก	14
4. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้				
4.1 สื่อมีความน่าสนใจและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	4.45	0.57	มาก	2
4.2 ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น	3.97	0.54	มาก	6
4.3 สื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่จะตั้งคำถาม	3.93	0.49	มาก	7
4.4 นักเรียนได้รับประโยชน์จากสื่อการเรียนรู้	4.03	0.49	มาก	5
รวมเฉลี่ย	3.97	0.60	มาก	

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ

ประวัติการศึกษา

นายสมคิด รูปเหมาะ

สถาบันราชภัฏสกลนคร, พ.ศ. 2540 – 2543

ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา การศึกษา

โปรแกรมวิชา ฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2552 – 2556

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2545 – ปัจจุบัน

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร

อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ครูชำนาญการ

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร

อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร

โทรศัพท์ 081 – 2825008

อีเมล Crookiss@gmail.com

