

539.07
ก. 67
2.3
72739

การทดลองเปรียบเทียบการสอนเรื่องไฟฟ้า ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษา
โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับการสอนตามปกติ

ปริญญานิพนธ์

ของ

คมกฤช ตรีสินธุรต์

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ถนนวิภาวดี 23 พระโขนง กรุงเทพฯ 11 โทร. 3921676. 3916068

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า
ปริญญามหาบัณฑิต

ตุลาคม 2521

23 ก.พ. 2522

72739

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิติศาสตร์พิจารณาปัญหานี้
เห็นควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้.

กฤษฎิ์ นิธิกุล

ประธาน

กฤษฎิ์ นิธิกุล

กรรมการ

อ. อรุณ

กรรมการ

ประกาศนุประการ

๕) การทำปฏิญานพนธ์นี้ ได้รับพระราชทานเงินทุนช่วยเหลือการวิจัยจากทุนมูลนิธิ
ผู้วิจัยรู้สึกสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นเกล้าล้นกระหม่อม

ปฏิญานพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี เนื่องจากผู้เขียนได้รับคำแนะนำและช่วยเหลือ
จาก รองศาสตราจารย์ สมศักดิ์ แสนสุข อาจารย์ สุวัฒน์ วัฒนวงศ์ และ
อาจารย์ปรีดา เพชรมีศรี ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทดลองศึกษาความ
ทดลองจนการเขียนปฏิญานพนธ์ ผู้เขียนขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณระมิด โชชัย คุณวันชัย เคียนทอง ที่ได้ให้คำแนะนำ
และความสะดวกในการทดลองจนสำเร็จลงโดยตลอด.

ณภพ ตรีสินธุรส

สารบัญ

บท	หน้า	หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	5
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	5
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	5
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	6
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2	เอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
	หลักจิตวิทยาในการสอน โดยไชบทเรียนสำเร็จรูป	9
	ชนิดและลักษณะของบทเรียนสำเร็จรูป	9
	การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป	10
	แรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์	14
	ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสอนโดยไชบทเรียนสำเร็จรูปเปรียบเทียบ	
	ผลสัมฤทธิ์กับการสอนแบบปกติ	15
	ผลการวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์สัมพันธ์กับแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์	17
	ผลการวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนสำเร็จรูปและแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์	18
3	วิธีดำเนินการทดลอง	19
	กลุ่มตัวอย่าง	19
	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	19
	การดำเนินการทดลอง	23
	วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	24
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	25

บทที่		หน้า
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	29
	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	29
	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มก่อนการทดลอง.....	30
	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่ม จากผลต่าง.....	
	ของคะแนนที่เพิ่มขึ้น.....	30
	การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยแรงงูใจไม่สัมพันธ์.....	
	ของทั้งสองกลุ่ม.....	31
	การหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงงูใจไม่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์.....	
	ภายหลังการเรียน.....	32
	การเปรียบเทียบแรงงูใจไม่สัมพันธ์ของกลุ่มทดลองจากการสอบถาม.....	
	ก่อนและหลังการเรียน.....	34
5	สรุป อภิปรายผล และขอเสนอแนะ.....	35
	ความมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้.....	35
	การดำเนินการวิจัย.....	35
	เครื่องมือในการทดลอง.....	36
	วิธีการทดลอง.....	36
	ผลการวิจัย.....	37
	อภิปรายผล.....	37
	ขอเสนอแนะ.....	41

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

 ภาคผนวก ก.

 ภาคผนวก ข.

 ภาคผนวก ค.

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	การ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของ ทั้งสอง กลุ่มก่อนการ ทดลอง	30
2	การ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของ ทั้งสอง กลุ่ม จากผลต่าง ของ คะแนน เฉลี่ยที่ เพิ่มขึ้น	31
3	การ เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนน เฉลี่ยแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ของ ทั้งสอง กลุ่ม	32
4	การ หาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์กับผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียน	33
5	การ เปรียบเทียบความแตกต่างของ คะแนน เฉลี่ยของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ จากการ สอบถามก่อนและหลัง การ เรียนทบทวนทเรียนสำเร็จรูป	34

บทนำ

การพัฒนาประเทศ จะสำเร็จหรือไม่ขึ้น ขึ้นอยู่กับสาเหตุและปัจจัยหลายประการ แต่ที่สำคัญที่สุดคือ การศึกษา เพราะเป็นระบบพัฒนาที่พัฒนากำลังคนเพื่อไปพัฒนาประเทศชาติ (วีรยุทธ วิเชียรโชติ 2515 : 37 - 39) ดังนั้น การพัฒนาชาติให้เจริญรุ่งเรือง จึงจำเป็นต้องพัฒนาการศึกษาของชนในชาติ และสิ่งสำคัญในการพัฒนาการศึกษา คือของแรงพัฒนาการฝึกหัดครูทุกระดับ ให้ได้ทั้งปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ และมีคุณภาพที่ดี เพื่อจะนำไปสู่เป้าหมายของการ

ละเมียด ลิมอักษ โคกลาวว่า "ผู้ที่ทำหน้าที่ครู ควรได้รับการฝึกอบรมเพื่อการเป็นครู โดยเฉพาะ วิชาเกี่ยวกับนายแพทย์ ซึ่งต้องศึกษาวิชาแพทยก่อนจะทำการรักษาคนไข้" (ละเมียด ลิมอักษ 2509 : 27) จะเห็นได้ว่า อาชีพครูจะต้องได้รับการฝึกให้มีความสามารถในการประกอบอาชีพ งานของครูจึงเป็นงานที่หนัก การจะทำหน้าที่ของครูให้ดี จึงต้องอาศัยความพยายาม ความตั้งใจจริง ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าครูผู้นั้นมีแรงจูงใจในการประกอบการทำงานมากน้อยเพียงใด แรงจูงใจ (Motive) คือพฤติกรรมที่ถูกริเริ่มโดยแรงขับของแต่ละบุคคล มีแนวโน้มไปสู่จุดหมายปลายทางอย่างใดอย่างหนึ่ง และร่างกายอาจประสบความสมหวัง ในความปรารถนาอันเกิดจากแรงขับนั้นได้ (เคโร สานานนท์ 2510 : 241) บุคคลจะแสดงพฤติกรรมใด ๆ ออกมาตามแรงจูงใจที่เกิดขึ้นกับตัวเขา แรงจูงใจมีหลายอย่าง แต่แรงจูงใจที่เกี่ยวข้องของการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม หรือประเทศชาติ คือ แรงจูงใจ หรือความต้องการในความสัมฤทธิ์ (Achievement Motive) ความต้องการสัมฤทธิ์ แมคเคลแลนด์ (Mc Clelland 1953 : 110 - 111) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า หมายถึงความปรารถนาที่จะทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดให้สำเร็จลุล่วงไปโดยดี และแข่งขันกันยกมาตรฐานอันดีเยี่ยม (Standard of Excellence) หรือทำดีกว่าบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้อง ความพยายามเอาชนะอุปสรรคทาง ๆ ความรู้สึกสบายใจเมื่อประสบความสำเร็จ

และวิกฤตการณ์เมื่อประสบความสำเร็จ หรือล้มเหลว คนที่มีความต้องการในความสำเร็จสูง ย่อมเป็นประโยชน์ต่อตัวเองและประเทศชาติ ชาติจะเจริญก้าวหน้าไ้มาก เพราะคนที่มีความ สำเร็จสูง ๆ อยู่ในชาตินั้นมาก

ดังนั้นในการผลิตครู บุคลิกภาพอย่างหนึ่งที่ควรปลูกฝัง คือความมีแรงจูงใจใฝ่ สัมฤทธิ์สูง เพื่อครูจะสามารถพัฒนาการศึกษาของชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับปลูกฝัง แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์นั้น จากการวิจัยของคอสส์ (citing Heckhausen 1967 : 161) ได้ทำการทดลองวิจัยกับนักเรียนชายในระดับมัธยมศึกษา เพื่อศึกษาว่าจะสามารถฝึกเด็กวัยนี้ ให้มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงขึ้นได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากเกรดเฉลี่ยแทนแรงจูงใจใฝ่ สัมฤทธิ์ การทดลองทำโดยการฝึกและสอนเกี่ยวกับลักษณะของผู้มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ให้แก่เด็ก หลังจากการฝึกหัดแล้วปีครึ่ง ได้มีการติดตามผล พบว่านักเรียนส่วนหนึ่งมีเกรดสูงขึ้น อันแสดง ว่ามีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงขึ้น จากงานวิจัยนี้จะเห็นว่า การสอนเรื่องแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ให้แก่เด็กโดยตรง จะทำให้สามารถเพิ่มแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ได้ ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจว่า นอกจากการสอนและอบรมเรื่องแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ให้แก่เด็กโดยตรงแล้ว ยังมีวิธีการใด ที่จะช่วยให้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของเด็กเพิ่มขึ้นได้อีก

จากการศึกษาวิจัยพบว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน ดังผลการวิจัยของ รัสเซลล์ (Russell 1961 : 263 - 266) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนวิชาเลขคณิตในกลุ่มตัวอย่างที่กำลังเรียน ในเกรด 9 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนและแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มีความสัมพันธ์ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ ซอง (Song 1971 : 1571) ได้กล่าว ไว้ว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะส่งเสริมให้บุคคลมีผลงานดีเด่น และได้สรุปจากผลงานการวิจัย ในกลุ่มนักเรียนเกษตรกรรม 1,460 คน ในเกาหลีใต้ว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์มีความสัมพันธ์ กับผลสัมฤทธิ์ในทุกวิชาการที่เรียน จากผลงานการวิจัยที่ยืนยันถึง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจ ใฝ่สัมฤทธิ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนดังกล่าว จึงอาจสรุปได้ว่า การเพิ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อีกสิ่งหนึ่งก็จะเพิ่มตามด้วย เช่น ถ้าเด็กมีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนสูงขึ้น ก็น่าที่จะแสดงว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากเดิมด้วย ดังนั้น วิธีสอนแบบใดที่สามารถทำให้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มขึ้นกว่าวิธีสอนแบบอื่น ๆ วิธีสอนแบบนี้ น่าจะเป็นวิธีสอนที่มีผลทำให้เพิ่มแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนมากกว่าวิธีสอนแบบอื่น ๆ ค่ะ

จากการทดลองวิจัยการสอนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป ได้กระทำอย่างกว้างขวาง โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างการสอนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป กับการสอนโดยวิธีปกติ ผลการวิจัยปรากฏว่า ส่วนมากการสอนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป ได้ผลดีกว่า หรือ เทียบเท่ากับการสอนโดยวิธีปกติ และมีเป็นส่วนใหญ่ที่ได้ผลดีกว่าวิธีสอนแบบปกติ

นอกจากนี้ ถ้าจะพิจารณาถึงการปลูกฝัง ค่านิยมทางค่านิยมสัมฤทธิ์ผล จากข้อเสนอแนะของ ประสาท ปันพังกูร (2516 : 95) ได้เสนอแนะการปลูกฝังค่านิยมทางค่านิยมสัมฤทธิ์ผล ดังนี้

1. ฝึกให้เด็กเป็นผู้รู้จักพึ่งตนเอง ให้เป็นตัวของตัวเอง มีเหตุผล และใช้ความสามารถของตนเอง
2. เปิดโอกาสให้เด็กได้แสดงความสามารถในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เน้นความสำเร็จมาให้แก่ตัวเด็กเอง
3. พยายามกระตุ้นให้เด็กเป็นบุคคลที่กล้าเผชิญกับปัญหาที่ต้องใช้ความมานะพยายาม และให้เด็กเกิดความรู้สึกพึงพอใจในการแก้ปัญหา
4. ฝึกให้เด็กเป็นบุคคลที่ชอบแข่งขันกับตนเอง โดยยึดมาตรฐาน หรือหลักเกณฑ์อันใดอันหนึ่งเป็นหลัก
5. ฝึกให้เด็กเป็นผู้มีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย
6. เมื่อเด็กประสบผลสำเร็จในกิจกรรมใด ๆ ก็ควรจะให้คำยกย่องชมเชย หรือ ให้รางวัล ซึ่งจะเป็นสิ่งเสริมแรง (Reinforced) ให้เด็กมีความปรารถนาที่จะทำกิจกรรมอื่น ๆ จนเป็นนิสัย

จากข้อเสนอแนะของ ประสาท ปันพังกูร นี้ ถ้านำมาพิจารณาควบคู่กับ ลักษณะของบทเรียนสำเร็จรูป ก็จะเห็นว่าลักษณะสอดคล้องกันบางประการ ดังเช่น ฟราย (Fry 1963 : 2) ได้กล่าวถึง ลักษณะของบทเรียนสำเร็จรูปดังนี้

1. เนื้อหาถูกแบ่งเป็นหน่วยเล็ก ๆ แต่ละหน่วยเรียกว่า กรอบ (frame)

ซึ่งกรอบเหล่านี้มีขนาดแตกต่างกัน

2. ในแต่ละกรอบจะต้องให้นักเรียนตอบสนอง ซึ่งนักเรียนแต่ละคน จะได้มีส่วนร่วมในการเรียน กิจกรรมต่าง ๆ ที่ให้นักเรียนทำเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหา

3. นักเรียนได้รับการเสริมแรงตอบกลับทันที คือจะไต่หาคำตอบที่ถูกต้องทันที ซึ่งถ้าตอบถูกต้องจะเป็นการให้รางวัล หรือเป็นการเสริมแรง แต่ถาตอบผิด ก็จะไต่หาความเข้าใจผิดทันที

4. กรอบต่าง ๆ เรียงลำดับต่อเนื่องกันไป เนื่องจากเนื้อหาถูกแบ่งย่อยออกเป็นหน่วยเล็ก ๆ ผู้เขียนบทเรียนสำเร็จรูป จึงต้องระมัดระวัง เกี่ยวกับลำดับขั้นของการเรียนรู ผลก็คือทำให้ลำดับขั้นของการนำเสนอ ง่ายแก่การเข้าใจยิ่งขึ้น

5. นักเรียนสามารถที่จะเรียนไปได้ตามความสามารถในการเรียนของตนเอง

จะเห็นว่าบทเรียนสำเร็จรูป ช่วยทำให้ผู้เรียนรู้จักพึ่งตนเอง และมีสิ่งเสริมแรงในขณะกำลังเรียน ทรัพยากรที่ใหญ่มากแล้มาเผชิญกับปัญหา และรู้สึกวาทนเองก็เป็นคนมีความสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง บทเรียนสำเร็จรูปจึงอาจจะมีส่วนช่วยในการเพิ่มแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนก็ได้

ควยเหตุนี้จึงกล่าวข้างตน ผู้วิจัยจึงสนใจ และต้องการจะสร้างบทเรียนสำเร็จรูปขึ้น เพื่อใช้ทดลองเปรียบเทียบกับการสอนแบบปกติ โดยเลือกเนื้อหาของบทเรียนเป็นวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะ "วิทยาศาสตร์ เป็นวิชาที่มีความสำคัญมากวิชาหนึ่ง เพราะวิชาวิทยาศาสตร์ทำให้คนเป็นคนที่มีความสามารถในการสังเกต เป็นวิชาที่ก่อให้เกิดเทคนิควิทยา ระดัสูง ประเพณีที่มีความเจริญก้าวหน้า มีฐานะเป็นประเทศผู้นำทั้งหลาย ล้วนให้ความสำคัญแก่วิชาวิทยาศาสตร์มาก" (พิทักษ์ รัชพลเดช 2514 : 1 - 31) ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างบทเรียนสำเร็จรูป วิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป 345 สำหรับระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา ขึ้น เพื่อวิจัยว่าบทเรียนสำเร็จรูปนี้ จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อเทียบกับวิธีสอนแบบปกติ ซึ่งถ้าผลสัมฤทธิ์ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เปลี่ยนแปลงในทางที่สูงขึ้น ก็จะได้ทราบประโยชน์ของบทเรียนสำเร็จรูป และจะช่วยให้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้กว้างขวางขึ้น

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อสร้างบทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ไฟฟ้า สำหรับ ระดับชั้นประกาศนียบัตร วิชาการศึกษาคอนทุน
2. เพื่อศึกษาว่าการเรียนจากบทเรียนสำเร็จรูป มีผลต่อสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ ทไปหรือไม่
3. เพื่อศึกษาว่า แรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ในการเรียน มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนอย่างไร
4. เพื่อศึกษาว่า บทเรียนสำเร็จรูป มีผลต่อการ เปลี่ยนแปลงแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ หรือไม่
5. เพื่อเปรียบเทียบแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ระหว่างนักศึกษาที่เรียนจากบทเรียน สำเร็จรูป กับการเรียนตามปกติ ว่าแตกต่างกันหรือไม่

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จะทำให้ได้บทเรียนสำเร็จรูป สำหรับการเรียนเรื่อง ไฟฟ้า ใน ระดับชั้นประกาศนียบัตร วิชาการศึกษา
2. ผลของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จะทำให้ได้เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ไฟฟ้า และเครื่องมือวัดแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์
3. ผลของการศึกษาค้นคว้า จะทำให้ทราบว่าบทเรียนสำเร็จรูปมีประโยชน์ในการ เพิ่มแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ให้เพิ่มขึ้นจากเดิมหรือไม่
4. ผลของการวิจัย จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอน และเป็น แนวทางในการทดลองวิจัยต่อไป

สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. การเรียนเรื่องไฟฟ้า จากบทเรียนสำเร็จรูป จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่แตกต่างจากการ เรียนคหวิธการสอนแบบปกติ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในในเรื่องไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในทางบวก

3. นักศึกษาที่เรียนจากบทเรียนสำเร็จรูป มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงกว่านักศึกษาที่เรียนจากวิธีสอนแบบปกติ

4. บทเรียนสำเร็จรูป ช่วยให้นักศึกษามีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงขึ้น

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา วิทยาลัยครูนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ที่กำลังเรียนวิชา วท. 345 จำนวน 70 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือแบบบทเรียนสำเร็จรูป

2.2 ตัวแปรตามคือ

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

3. บทเรียนสำเร็จรูป เป็นบทเรียนสำเร็จรูปเชิงเส้น (Linear Programmed)

4. การทดลองครั้งนี้ กำหนดเวลาเรียนของนักศึกษา 13 ชั่วโมง ใช้ผู้สอนคนเดียว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement) หมายถึงคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ภายหลังจากการเรียนบทเรียนสำเร็จรูป หรือจากการสอนแบบปกติแล้ว

2. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (Achievement Motive) เป็นความปรารถนาที่จะได้รับผลสำเร็จ กล้าเสี่ยงในงานที่เห็นว่ามีทางทำได้สำเร็จ ตัดสินใจได้เด็ดเดี่ยว เมื่อเผชิญกับอุปสรรคก็ไม่ท้อถอย แต่มีความวิริยะ อุตสาหะ ฝ่าฟันอุปสรรคทั้งหมดให้สิ้นไป ต้องการอิสระในการแสดงออก ทั้งในสิ่งที่ป็นรูปธรรมและแนวคิด มีความรู้สึกของการ-

ชัยชนะในการแข่งขัน หรือความดีเด่นกว่าบุคคลอื่น เพื่อให้เท่าเทียมกับมาตรฐานสูงส่งทั้งใน
 ชัยชนะในงานที่ไม่ซ้ำแบบใคร รับผิดชอบในตนเอง มีการวางแผนการที่ดี สันทัดในการ
 จักรยานงาน ชอบเป็นผู้นำ ซึ่งแรงจูงใจไม่ล้มถอย สามารถก้าวออกมาเป็นคะแนนได้จาก
 แบบสอบถาม ว่าแรงจูงใจไม่ล้มถอย

3. นักศึกษา หมายถึงนักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาการ-
 ศึกษา วิทยาลัยครูนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

4. วิธีสอนแบบปกติ คือการสอนของผู้วิจัย ต่อกลุ่มควบคุม ไม่ใช่บทเรียนสำเร็จรูป
 แต่มีเนื้อหาเดียวกับที่ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นบทเรียนสำเร็จรูป

5. วิธีสอนโดยบทเรียนสำเร็จรูป คือการสอนของผู้วิจัยต่อกลุ่มทดลอง สอนโดย
 ใช้บทเรียนสำเร็จรูป และนักเรียนเรียนด้วยตนเอง.

เอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักการศึกษาบางคนกล่าวว่า บทเรียนสำเร็จรูปได้เริ่มก่อตัวมาแต่สมัย โซเครตีส (Socrates) ปรัชญาเมธีชาวกรีก ซึ่งได้ใช้วิธีสอนลูกศิษย์ให้เข้าใจทฤษฎีเรขาคณิตแบบ Pythagorean มาแล้ว โดยใช้โต๊ะเกม (diagram) ง่าย ๆ สอนไปที่ละขั้น จนในที่สุดก็สามารถเข้าใจหลักใหญ่ได้สำเร็จ พฤติกรรมนี้ แสดงให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นของการใช้บทเรียนสำเร็จรูป (ประทีป สยามชัย 2510 : 223) ต่อมาไ้มีนักการศึกษาและจิตวิทยาหลายท่าน เช่น Pavlov, Thorndike ได้ทำการทดลอง เกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้ ซึ่งนับว่าเป็นพื้นฐานของการเรียนการสอน โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป หลังจากนั้นมา บทเรียนสำเร็จรูปก็ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นลำดับ (เทียนใจ ทองสัมริต 2515 : 17)

ในปี ค.ศ. 1920 ศาสตราจารย์ เพรสซี่ (Sydney L. Pressy) แห่งมหาวิทยาลัยโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ประดิษฐ์เครื่องสอนขึ้น มีลักษณะคล้ายกับเครื่องมือสำหรับทดสอบนักเรียน ซึ่งสามารถตรวจคำตอบและให้คะแนนได้ทันที ปี ค.ศ. 1950 สกินเนอร์ (B.F. Skinner) แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด (Harvard University) ซึ่งได้ทำการศึกษาทดลอง และสรุปหลักการเรียนรู่ว่า การเรียนรู้ควรจะดำเนินไปที่ละขั้นทีละน้อย ๆ และการเรียนจะมีประสิทธิภาพมาก ถ้าแต่ละขั้นพอจากขั้นหนึ่ง ไปสู่ขั้นหนึ่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนผู้เรียนสามารถมองเห็นว่า เขาควรตอบอย่างไร การจัดให้แต่ละขั้นง่าย ๆ จะช่วยให้ผู้เรียนตอบถูก และผลจากการตอบถูกนี้ จะเป็นแรงเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนต่อไปได้อย่างดี การกระทำผิวน้อย ๆ จะเท่ากับเป็นการลงโทษผู้เรียน (Thomas and Swartout 1963 : 515) และ สกินเนอร์ ได้นำแนวคิดของตน สร้างบทเรียนสำหรับเป็นเครื่องช่วยสอนขึ้น โดยยึดทฤษฎีการเรียนรู้แบบสิ่งเร้ากับการตอบสนอง และแผนกขยายการเสริมแรง และได้พิมพ์ผลงานชิ้นนี้ในวารสาร Harvard Education Review ในปี ค.ศ. 1954 บทเรียนแบบนี้ก็ได้ได้รับความสนใจแพร่หลายมากขึ้น และเรียกกันว่า บทเรียนสำเร็จรูป (Programmed Instruction)

หลักจิตวิทยาในการสอนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป ยึดถือตามทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง (Stimulus-Response) และการเสริมแรง (Reinforcement)

บทเรียนสำเร็จรูป คำนึงถึงหลัก 3 ประการดังนี้ (Epstein and Sam. 1961 : 6 - 23)

1. สิ่งที่ย่อยง่ายต่อการเรียน ผู้เรียนสามารถเรียนได้ดีกว่าและเร็วกว่าการเรียนที่ยากลำบาก ซึ่งจะช่วยให้หมั่นกำลังใจ ทอดนอย
2. การเรียนโดยการกระทำ โดยให้ผู้เรียนมีกิจกรรมตอบสนองบทเรียนตลอดเวลา จะเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนตั้งใจเรียน ถ้าผู้เรียนไม่ตั้งใจแล้ว จะทำให้เขาไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนจากบทเรียน
3. การได้รับรางวัลจากการเรียนรู้ โดยให้รู้ผลการตอบสนองบทเรียนโดยทันที ซึ่งโดยธรรมชาติ คนเราต้องการรู้ผลการกระทำของตนเอง การรู้ผลการกระทำของตน จะเป็นเครื่องล่อใจให้มีความพยายามในการกระทำครั้งต่อไป ถ้าไม่รู้สึกเปรียบเทียบเหมือนขาดการเสริมแรง

เป็รื่อง กุญท์ (เป็รื่อง กุญท์ 2516 : 2 - 8) เสนอแนะในเรื่องนี้ว่า

1. เสนอสิ่งเร้าก่อนนักเรียน
2. ช่วยให้นักเรียนตอบสนองได้อย่างเหมาะสม ด้วยการบอกแนวทางให้หรือบอกใบ้ หรือบอกคำตอบ
3. เสริมแรงทันทีที่นักเรียนตอบสนอง ซึ่งส่วนใหญ่เสริมแรงทางบวก (Positive Reinforcement)

ชนิด และลักษณะของบทเรียนสำเร็จรูป

กรีน (Green 1962 : 147) กล่าวว่าบทเรียนสำเร็จรูป เนื้อหาของบทเรียนจะถูกแบ่งออกเป็นกรอบ ๆ (Frame) ในแต่ละกรอบ มีการเสนอเนื้อหา แล้วตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบ และเนื้อหาของแต่ละกรอบจะต่อเนื่องกันไป โดยทั่ว ๆ ไป บทเรียนสำเร็จรูปมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. บทเรียนสำเร็จรูปเชิงเส้น (Linear Programmed) ซึ่งบทเรียน
ชนิดนี้ ผู้เรียนจะต้องตอบคำถามไปทีละกรอบตามลำดับ ห้ามตอบข้ามกรอบใด ๆ

2. บทเรียนสำเร็จรูปแบบสาขา (Branching Programmed)
บทเรียนชนิดนี้ผู้เรียนไม่ต้องทำไปทุกกรอบตามลำดับ อาจข้ามไปทำกรอบใดตามคำสั่งใน
บทเรียนได้ ทั้งนี้เพราะผู้สร้างบทเรียนสำเร็จรูปวิเคราะห์แล้วว่า ถ้าผู้เรียนทำหรือเลือก
คำตอบของคำถามบางกรอบใดถูกต้อง ก็แสดงว่าเขาใจเนื้อหาในกรอบที่อยู่ถัด ๆ ไปจำนวน
หนึ่งกรอบแล้ว

ในบทเรียนสำเร็จรูปเชิงเส้น (Linear Programmed) เรานิยามให้ผู้เรียน
ตอบคำถาม โดยการเติมคำ (Constructed Response) ทั้งนี้เพราะเราต้องการให้
ระลึก (Recall) ความรู้ใด ส่วนในบทเรียนสำเร็จรูปแบบสาขา (Branching
Programmed) นั้น จะให้ผู้เรียนได้ตอบโดยการเลือกตอบ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกที่จะสั่งให้
แยกหรือข้ามไปทำกรอบใด ๆ ได้ตามความต้องการ

การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป

เบรื่อง กุญท์ (เบรื่อง กุญท์ 2516 : 49 - 69) แนะนำการสร้างบทเรียน
สำเร็จรูปดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร เพื่อให้ทราบว่า จะต้องสอนอะไรบ้าง เนื้อหาที่จะสอน
เป็นอย่างไร ระดับไหน ประมวลการสอนก็อาจช่วยให้ทราบถึงลำดับการสอน เวลาที่ใช้สอน
และอาจช่วยกำหนดความลึก และขอบข่ายของเนื้อหาได้ นอกจากนี้ผู้สร้างบทเรียนยังต้องศึกษา
เพิ่มเติมจากคู่มือ หรือบันทึกการสอนของครู แบบฝึกหัดต่าง ๆ สำหรับนักเรียน ตำรา หรือ
อาจต้องสัมภาษณ์จากผู้อยู่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะช่วยให้เกิดแนวคิดในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป

2. ตั้งจุดหมาย การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป ต้องสร้างให้สนองความ
ต้องการของผู้เรียน การสร้างจุดหมายจึงต้องตั้งให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน
ผู้สร้างบทเรียนสำเร็จรูปจะต้องพยายามแจกแจงจุดหมาย ให้เป็นจุดหมายเชิงพฤติกรรม
ซึ่งสามารถสังเกตได้ และวัดได้

3. วางขอบเขตของงาน การวางขอบเขตของงาน หรือวางเค้าโครงเรื่อง นั้นมีประสิทธิภาพในการสร้างบทเรียนมาก เพราะจะช่วยให้การลำดับเรื่องก่อนหลัง และ ป้องกันการหลงลืมเรื่องราวบางตอนได้

4. เขียนบทเรียนสำเร็จรูป กรอบของบทเรียนควรมีลักษณะดังนี้

4.1 เขียนเนื้อหาวิชาเป็นหน่วยเล็กๆ แต่ละหน่วยย่อยจะทำให้เกิด ความรู้ความเข้าใจในหน่วยถัด ๆ ไป

4.2 มีเนื้อหาอธิบายที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน

4.3 ทำให้ผู้เรียนเกิดสัมฤทธิ์ผลมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

4.4 การเขียนเนื้อหาแต่ละกรอบ ควรให้ขาดพิงไม่ถึงกรอบที่ผู้เรียน เรียนไปแล้วในครั้ง

4.5 ให้ทราบคำตอบที่ถูกต้อง เพื่อเป็นการเสริมแรง (Reinforcement) เนื้อหาของบทเรียน แต่ละกรอบต้องเขียนด้วยภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องตามหลัก ภาษา และการใช้ภาษา หากจะต้องใช้ศัพท์ ควรเลือกคำศัพท์ที่เหมาะสมกับพื้นฐานและอายุของ ผู้เรียน เนื้อเรื่องก็ต้องถูกต้องตามหลักวิชา และมีความต่อเนื่องกันไปแต่ละกรอบ

กรอบบางกรอบ อาจไม่ต้องการคำตอบ เช่นเป็นกรอบแนะนำบทเรียน วิธีทำ บทเรียน หรืออธิบายเนื้อหาทางวิชาการ จะเป็นพื้นฐานสำหรับกรอบต่อ ๆ ไป

ในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วางแผนดำเนินการไว้ดังนี้

1. ศึกษาจุดมุ่งหมายทั่วไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 Cognitive Domain จุดมุ่งหมายที่จะก่อให้เกิดความรู้ ความสามารถ และทักษะต่าง ๆ ทางสมอง แบ่งเป็น 6 ชั้น เรียงจากพฤติกรรมที่ง่ายไปหายากดังนี้

1.1.1 ความรู้ (ความจำในสิ่งที่เคยมีประสบการณ์มาก่อน)

1.1.2 ความเข้าใจ

1.1.3 การนำไปใช้

1.1.4 การวิเคราะห์ (การแยกเรื่องราวออกเป็นส่วนย่อย ๆ)

1.1.5 การสังเคราะห์ (การรวมส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน)

1.1.6 การประเมินผล (การตัดสินคุณค่าในสิ่งที่กำหนดความ
มุ่งหมายโดยการชี้เกณฑ์แน่นอน)

1.2 Affective Domain เป็นหมู่ของพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับ

การเปลี่ยนแปลงทางคุณธรรม และคุณค่า ตลอดจนการจัดระเบียบทางจิตใจ และลักษณะนิสัย
แบ่งออกเป็น 5 ชั้น เรียงตามลำดับดังนี้

1.2.1 การยอมรับ การทำความรู้จัก หรือเอาใจใส่ต่อ
สิ่งเรา หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

1.2.2 การตอบสนอง เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสนใจ
ความเต็มใจในสิ่งเรา หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

1.2.3 ค่านิยม เป็นความรู้สึกหรือการสำนึกในคุณค่า หรือ
คุณธรรม จนกลายเป็นความเชื่อและทัศนคติ

1.2.4 การจัดระบบค่านิยม การจัดระเบียบค่านิยมทางจิตใจ
โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ และโครงสร้างของค่านิยม
เหล่านั้น

1.2.5 การมีลักษณะที่ได้จากค่านิยม หรือการมีลักษณะนิสัย
เมื่อแต่ละคนมีค่านิยมใดแล้ว ค่านิยมนั้นจะก่อตัวขึ้น
เป็นระบบที่สามารถควบคุมใหญ่คตินั้น แสดงออกทาง
พฤติกรรม ซึ่งเป็นคุณลักษณะของแต่ละบุคคล

1.3 Psychomotor Domain เป็นหมู่ของพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับ

ระบบการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย

เมื่อกำหนดรายละเอียดของจุดมุ่งหมายทั่วไปแล้ว ก็นำจุดมุ่งหมายทั่วไปนี้ มาตั้งเป็น
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ

2. การสังเกตและการวัด

3. การเห็นปัญหา และวิธีการแก้ปัญหา
4. การตีความหมายของข้อมูลและการสรุป
5. การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงรูปแบบของทฤษฎีต่าง ๆ
6. การใช้ความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์
7. การฝึกทักษะ
8. ทัศนคติ และความสนใจ
9. การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์

หลังจากนั้นก็ทำการศึกษาเนื้อหาที่จะสอนอย่างละเอียด แล้วจึงกำหนดจุดมุ่งหมายเฉพาะวิชาที่จะทำการสอน ให้เป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม แล้วสร้างข้อสอบ (Test Item) ที่จะใช้เป็นเกณฑ์ (Criterion) ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเฉพาะนั้น ข้อสอบ (Test Item) จะเป็นจุดมุ่งหมายของเนื้อหา และพฤติกรรมที่จะต้องการให้เด็กได้รับและเข้าใจ เมื่อกำหนดเกณฑ์ใดแล้ว จึงสร้างบทเรียนสำเร็จรูป และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยให้สอดคล้องกับเกณฑ์ทั้งนี้

พราย- (Fry 1963 : 2) ได้กล่าวถึงลักษณะบทเรียนสำเร็จรูป ดังนี้

1. เนื้อหาถูกแบ่งย่อยออกเป็นหน่วยเล็ก ๆ แต่ละหน่วยเรียกว่า กรอบ (Frame) ซึ่งกรอบเหล่านี้มีขนาดแตกต่างกัน
2. ในแต่ละกรอบจะต้องให้นักเรียนตอบสนอง ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะมีส่วนรวมในการเรียน กิจกรรมต่าง ๆ ที่ให้นักเรียนทำเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหา
3. นักเรียนจะได้รับการเสริมแรงตอบกลับทันที คือจะได้อ่านคำตอบที่ถูกต้องทันที ซึ่งถ้าตอบถูกต้องจะเป็นการให้รางวัล หรือเป็นการเสริมแรง แต่ถ้าวัดผิดก็จะเกิดความเข้าใจผิดทันที
4. กรอบต่าง ๆ ได้เรียงลำดับต่อเนื่องกันไป เนื่องจากเนื้อหาถูกแบ่งย่อยเป็นหน่วยเล็ก ๆ ผู้เขียนบทเรียนสำเร็จรูปจึงต้องระมัดระวังเกี่ยวกับลำดับขั้นของการเรียนรู้ ผลักข้อทำให้ลำดับขั้นของการนำเสนอแยกการเข้าใจยิ่งขึ้น
5. บทเรียนสำเร็จรูป มีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง คือบทเรียนแต่ละเรื่อง

ที่จะเรียนนั้น จะต้องนำไปทดลองกับนักเรียนจำนวนหนึ่ง เพื่อหาข้อบกพร่อง และปรับปรุงส่วนที่เป็นปัญหา เพื่อให้เชื่อมั่นว่าเมื่อนักเรียนศึกษาบทเรียนนั้นแล้ว นักเรียนจะกระทำพฤติกรรมต่าง ๆ ได้ตามระบุ แล้วจึงนำออกใช้

6. นักเรียนสามารถที่จะเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง

แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (Achievement Motive)

แมตเทวคลแลนด์ ได้สำรวจพฤติกรรมของผู้ที่ใฝ่สัมฤทธิ์สูง และพบลักษณะพฤติกรรมดังนี้ คือ (McClelland 1961 : 207 - 256)

1. ผู้ต้องการสัมฤทธิ์ผลสูง มีความกล้าเสี่ยงปานกลาง (Moderate risk taking) ส่วนผู้ต้องการสัมฤทธิ์ผลต่ำนั้น มีความกล้าเสี่ยงน้อยหรือมากเกินไป
2. ผู้ที่มีความต้องการสัมฤทธิ์ผลสูง หาความท้าทายในทุกกรณี ไม่จะมีมานะพากเพียรคอยเมื่อสิ่งท้าทายนั้นมีความท้าทาย (Challenging) ความสามารถของตน และจะทำให้ตนเองเกิดความรู้สึกว่าได้ทำงานที่สำคัญให้สำเร็จลงไปในเวลาอันสั้น ผู้ที่มีความต้องการสัมฤทธิ์ผลสูง มักไม่ยั้งยั้งแข่งในงานอันเป็นกิจวัตร แต่จะแข่งขันแข่งในงานที่ต้องใช้สมอง ขบคิด (Mental Manipulation) งานที่ไม่ซ้ำแบบใคร หรือวิธีการใหม่ ๆ ที่จะแก้ปัญหาให้สำเร็จลงไปในเวลาอันสั้น
3. ผู้ที่ต้องการผลสัมฤทธิ์สูง มักพยายามทำงานให้สำเร็จเพื่อความพึงพอใจของตนเอง มิใช่เพื่อหวังจะให้คนอื่นยกย่อง ชอบมีเสรีภาพในการคิดทำอะไรเอง ไม่ชอบให้อื่นบงการ
4. ผู้ที่มีความต้องการสัมฤทธิ์ผลสูง ย่อมต้องการทราบให้แน่ชัดว่า การตัดสินใจของตนมีผลอย่างไร และพยายามปรับตนให้ดีขึ้น เมื่อทราบแน่ชัดว่า การกระทำของตนนั้นเกิดผลประการใด
5. ผู้ที่มีความต้องการผลสัมฤทธิ์สูง มักเป็นผู้ที่แผนการระยะยาว เพราะจะได้เห็นการณ์ไกลกว่าผู้ที่มีความต้องการสัมฤทธิ์ผลต่ำ
6. ผู้ที่มีความต้องการสัมฤทธิ์ผลสูง มักจะเลือกผู้ร่วมงานที่มีความสามารถ

ในงานนั้นอย่างแท้จริง

พยักซ์ เมตตา (Prayag Mehta) ได้พยายามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ว่ามีลักษณะดังนี้

1. ต้องการให้งานที่ตัวทำมีความสำเร็จในระดับสูงหรือความมาตรฐานอันสูง (Standard of Excellence)

2. งานที่มีลักษณะเป็นเอกลักษณ์ (Unique of Characteristic) เป็นงานที่ใดทำให้สำเร็จอย่างใด มีลักษณะเป็นของตนเอง ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงความสำเร็จของบุคคล เช่น ผลงานที่สร้างสรรค์ขึ้นมาในศิลปะ และงานอื่นๆ ที่แตกต่างไปจากธรรมดา

3. งานที่ต้องใช้เวลาเนิ่นนาน (Long term of work) มีความตั้งใจยาวนานในจุดมุ่งหมายของงาน และเป็นงานที่ทำให้สำเร็จในชีวิต เช่น มุ่งหวังเป็นวิศวกร แพทย์ นักธุรกิจ และอื่น ๆ (อ้างจากสมคิด บุญเรือง 2516 : 7)

กิลฟอร์ด (Guilford 1959 : 437 - 439) ได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่ใฝ่แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ดังนี้

1. ความทะเยอทะยาน ความปรารถนาที่จะทำกิจการให้สำเร็จ
2. ความเพียรพยายาม พยายามที่จะทำงานให้เป็นผลสำเร็จ
3. ความอดทน เต็มใจที่จะลำบาก เต็มใจในการทำงานนาน ๆ x

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสอนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ กับการสอนแบบปกติ

มอส (Moses, 1965 : 5793-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป กับนักเรียนที่เรียนจากการสอนตามปกติของครูในวิชาพีชคณิต ระดับอุดมศึกษา เสนอเป็นวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาเอก (Ed.D.) ต่อมหาวิทยาลัยฮุสตัน เมื่อ ค.ศ. 1962 แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มควบคุม เรียนจากการสอนตามปกติของครู
2. กลุ่มทดลอง เรียนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป

ทั้งสองกลุ่มสอนตามเนื้อหาเดียวกัน ในหลักสูตร เมื่อเรียนจบเนื้อหาทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มเปรียบเทียบกัน ปรากฏว่ากลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่่านักเรียนกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติของครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ไวท์ (White 1970 : 3373-A) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลการสอนแบบบทเรียนสำเร็จรูป และการสอนตามปกติ ในวิชาฟิสิกส์ระดับวิทยาลัย โดยแบ่งนิตีออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง 73 คน สอนด้วยบทเรียนสำเร็จรูป และกลุ่มควบคุม 58 คน สอนด้วยวิธีปกติ ทั้งสองกลุ่มพบทวนวิชาฟิสิกส์ครในเนื้อหาเรื่องเดียวกัน เมื่อสอบเสร็จก็นำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถทางก้านวณดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทางด้านการแก้ปัญหาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

วรณา เจียมทวงศ์ (วรณา เจียมทวงศ์ 2515 : 40) ได้ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปวิชาเลขคณิต สอนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เปรียบเทียบการสอนตามปกติ หลังจากทดลอง ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อรณพ บุญนอม (อรณพ บุญนอม 2518 : 31 - 32) ได้ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปสอนวิชาวิทยาศาสตร์ แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ หลังจากทดลอง ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จิตติมา เหมกิตติวัฒน์ (จิตติมา เหมกิตติวัฒน์ 2519 : 34) ได้ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ สอนเรื่องพืชและการขยายพันธุ์พืช สอนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติของครู หลังจากทดลองปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปรีดา เพชรมีศรี (ปรีดา เพชรมีศรี 2518 : 29 - 32) ได้ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเรื่องพลังงานและมวลสาร กลุ่มตัวอย่างเป็น-

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติของครู ผลการทดลองปรากฏว่า บทเรียนสำเร็จรูปทำให้เด็กเรียนรู้ได้จริง และเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติของครู ปรากฏว่าบทเรียนสำเร็จรูปทำให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเพิ่มมากกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการทดลองสอน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์กับการสอนแบบปกติ จะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่ บทเรียนสำเร็จรูปไม่ได้มีประสิทธิภาพยิ่งหย่อนไปกว่าการสอนแบบปกติเลย และในบางครั้งก็มีประสิทธิภาพมากกว่าด้วยซ้ำ

ผลการวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์สัมพันธ์กับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

บราวน์ (Brown 1969 : 3411A) ได้ศึกษาเพื่อสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์กับสติปัญญา ความถนัดทางการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจากมหาวิทยาลัย มอนทานา จำนวน 100 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 33 คน มีเกรดเฉลี่ยสูงกว่า 3.00 กลุ่มที่ 2 จำนวน 34 คน มีเกรดเฉลี่ย 2.00 - 2.99 กลุ่มที่ 3 จำนวน 33 คน มีเกรดเฉลี่ยต่ำกว่า 2.00 จากการศึกษาพบว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์มีความสัมพันธ์กับระดับเกรดเฉลี่ย

เบนคิง (Bending 1958 : 119 - 120) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา จำนวน 110 คน ที่กำลังเรียนวิชาจิตวิทยาเบื้องต้น ขอทดสอบที่ใช้วัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มี 2 ฉบับ คือ ขอบสอบแบบของความ จำนวน 28 ข้อ ของ Edwards' Personal Preference Schedule (EPPS) กับแบบทดสอบนิกรูปภาพ ของ แมคเคลแลนจ์ คือ Thematic Apperception Tests (TAT) เขาสรุปจากการศึกษาค้นคว้า คะแนนจาก EPPS กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในอนาคตก จะมีความสัมพันธ์กันสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (two tailed) แต่จะมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ในอนาคต ($r = 0.13$) ส่วนขอบสอบนิกรูปภาพนั้น มีความสัมพันธ์กับผลการเรียนในอนาคตก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($r = .22$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ในอนาคต จากการศึกษาครั้งนี้ให้เห็นว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

ซึ่งวัดโดยแบบทดสอบทั้งสองฉบับ จะมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ในอีก มากกว่าในอนาคต

การวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนสำเร็จรูป และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

ไนท์ และ แซสเซนราธ (Knight and Sassenrath 1966 : 14 - 17) ได้ทำการวิจัยถึงผลของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และความวิตกกังวลต่อการเรียนบทเรียนสำเร็จรูป ของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี จำนวน 139 คน เกิดขึ้นในการสังเกตว่ามี 3 ข้อ คือ

1. เวลาที่ใช้ในการศึกษาจนจบแต่ละครั้ง
2. การตอบสนองที่มีผิดพลาด
3. การทดสอบความจำภายหลังการเรียนในระยะเวลานาน ๆ

ปรากฏผลดังนี้

กลุ่มที่ได้คะแนนจากเกณฑ์การวัดสูง เรียงลงไปตามลำดับจนถึงต่ำสุด

1. กลุ่มที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูง และความวิตกกังวลสูง
2. กลุ่มที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูง และความวิตกกังวลต่ำ
3. กลุ่มที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่ำ และความวิตกกังวลสูง
4. กลุ่มที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่ำ และความวิตกกังวลต่ำ

นั่นคือ กลุ่มที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูง จะสามารถเรียนบทเรียนสำเร็จรูปได้ดีกว่ากลุ่มที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่ำ.

วิธีดำเนินการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาศึกษา
ปีการศึกษา 2520 วิทยาลัยครูนครราชสีมา จำนวน 70 คน

การแบ่งกลุ่มตัวอย่าง

จากกลุ่มตัวอย่าง 70 คน ผู้วิจัยจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 35 คน คือ
กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่ทำการสอนตามปกติ
กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่เรียนโดยวิธีบทเรียนสำเร็จรูป

การดำเนินการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง

การแบ่งกลุ่มตัวอย่าง ทำการแบ่งโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Clustered
sampling) เพราะการจัดชั้นเรียนของนักศึกษาเมื่อเริ่มเข้ามาศึกษาในตอนแรก ก็จัดชั้น
เรียนโดยจัดแบบสุ่มมาก่อนแล้ว ชั้นเรียนแต่ละชั้น มีลักษณะคล้ายกัน ในการทดลองจึงสุ่ม
ชั้นเรียนเหล่านั้นอีกครั้ง จำนวนชั้นเรียนที่ใช้ในการสุ่มมี 10 ชั้นเรียน การแบ่งกลุ่มดำเนินการ
โดยกำหนดหมายเลขประจำชั้นเรียน และจับสลากขึ้นมา 2 หมายเลข หมายเลขแรกเป็น
กลุ่มทดลอง อีกหมายเลขถัดมาเป็นกลุ่มควบคุม

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
 - 1.1 บทเรียนสำเร็จรูป
 - 1.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
 - 1.3 แบบสอบถามวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

2. การสร้างเครื่องมือ

2.1 บทเรียนสำเร็จรูป

การสร้างบทเรียนสำเร็จรูปดำเนินการดังนี้

2.1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายทั่วไป

2.1.2 กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

2.1.3 ศึกษาหลักสูตร และเนื้อหาวิชาการจากหนังสือแบบเรียน
วิทยาศาสตร์ ตอน 5 แม่เหล็กไฟฟ้าของ บุญถึง แนนหนา (บุญถึง แนนหนา 2516 :
1 - 349) และหนังสือวิทยาศาสตร์กายภาพ ประโยชน์มัธยมศึกษาตอนปลาย ของสถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตอน ไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวก
(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2519 : 1 - 57) เนื้อหาที่ใช้ใน
การสร้างบทเรียนมีดังนี้

2.1.3.1 ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า

2.1.3.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้า

2.1.3.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1.3.4 การส่งพลังงานไฟฟ้า

2.1.3.5 ไฟฟ้าในบ้าน

2.1.3.6 การใช้พลังงานไฟฟ้า

2.1.4 สร้าง Test Item ที่จะใช้เป็นเกณฑ์ (Criterion)

ในการสร้างบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

2.1.5 สร้างบทเรียน จำนวนเวลาที่ใช้เรียน 15 คาบ (Period)

2.1.6 ทำการทดลอง แบบหนึ่งต่อหนึ่ง กับนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตร

วิชาชีพการศึกษา

2.1.7 ทำการทดลองแบบกลุ่มกับนักศึกษา จำนวน 40 คน เป็นนักศึกษา

ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษา

ในการวิเคราะห์การทดลองแบบเรียน ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ 90/90 คือกรอบหนึ่ง ๆ ในแบบเรียน จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามในแบบเรียนได้ถูกต้อง ไม่น้อยกว่า 90 % ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และโดยเฉลี่ย ตอบคำถามในแบบเรียนได้ถูกต้อง ไม่น้อยกว่า 90 % ของคำถามทั้งหมด

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบเลือกคำตอบ ชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 100 ข้อ นำไปทดสอบกับนักศึกษาจำนวน 100 คน ที่เคยเรียนวิชานี้มาแล้ว และนำผลการสอบมาวิเคราะห์หาข้อ โดยใช้เทคนิค 27 % ของ จุง เทห์ ฟาน (Chung Teh Fan) เพื่อหาความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) และค่าความยากมาตรฐาน (Δ) ของข้อสอบทุกข้อ โดยใช้เลือกเอาข้อที่มีค่า p ระหว่าง .20 - .80 และค่า $r = .20$ ขึ้นไป แล้วนำข้อสอบมาหาความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร K.R.21

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. กระแสไฟฟ้า : ศักดาไฟฟ้า ; น้ำ :
 - ก. ความเร็วของกระแสไฟฟ้า
 - ข. ความแรงของกระแสไฟฟ้า
 - ค. ปริมาณน้ำ
 - ง. ระกับน้ำ
 - จ. ความลึกของน้ำ
2. คุณสมบัติของลาวาชนิดโครมคืออะไร
 - ก. มีจุดหลอมเหลวสูง
 - ข. รวมตัวกับออกซิเจนได้ยาก
 - ค. มีความต้านทานไฟฟ้าสูง
 - ง. มีความยืดหยุ่นสามารถนำมาทำเป็นวงกลมได้
 - จ. ถูกทุกข้อ

2.3 แบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

ผู้วิจัยได้ศึกษา และรวบรวมพฤติกรรมของผู้ที่ใฝ่แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูง แล้วเขียนเป็นคำนิยาม แล้วจึงสร้างแบบสอบถามขึ้น ได้แบบสอบถามจำนวน 58 ข้อ มีสเกล Likert 5 สเกล ดังตัวอย่าง

	จริงที่สุด	จริง	จริงครึ่งเดียว	จริงน้อย	ไม่จริงเลย
1. ท่านรู้สึกพอใจกับปัญหาต่าง ๆ นั้น ท้าทายความสามารถของท่าน					
2. เมื่อมีคนมาบอกว่า อาจารย์สายสมรสอนแต่เนื้อหาต่าง ๆ ท่านมีความสนใจต่อการเรียนกับอาจารย์สายสมรทันที					

เกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถาม

จริงที่สุด	หมายถึงมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงมาก มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 4
จริง	หมายถึงมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูง มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3
จริงครึ่งเดียว	หมายถึงมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ปานกลาง มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 2
จริงน้อย	หมายถึงมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์น้อย มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 1
ไม่จริงเลย	หมายถึงมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์น้อยมาก มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 0

นำแบบสอบถามนี้ไปสอบถามนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เลือกไว้สำหรับทดลอง จำนวน 100 คน แล้วนำมาวิเคราะห์หาอำนาจจำแนกของแต่ละข้อความ โดยแบ่งเป็น 27 % สูง และ 27 % ต่ำ ทดสอบทฤษฎี t-test และนำมาหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา (α -Coefficient)

การดำเนินการทดลอง

ใช้แบบการทดลอง The One-group pretest-posttest design (Sax, Gilbert 1968 : 361) โดยดำเนินการทดลองดังนี้

1. แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยวิธีการแบบสุ่มถึงกล่าวมาแล้ว และทำการทดสอบครั้งแรกดังนี้

กลุ่มทดลองทำ Pretest ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

กลุ่มควบคุมทำ Pretest ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

2. สำหรับกลุ่มทดลอง ทำการสอนกยบทเรียนสำเร็จรูป

3. กลุ่มควบคุม ทำการสอนตามปกติ

4. แต่ละกลุ่ม เมื่อเสร็จสิ้นการสอนตามเนื้อหาที่กำหนดแล้ว ทำการสอบครั้งสุดท้าย (Posttest) ในวันรุ่งขึ้น ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

5. ตรวจสอบผลของแบบทดสอบและแบบสอบถาม นำคะแนนต่าง ๆ มาวิเคราะห์

แบบการทดลองเขียนไคกิ่งนี้

	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
ทดสอบครั้งแรก	วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดแรงจูงใจ ไม่สัมฤทธิ์	วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดแรงจูงใจ ไม่สัมฤทธิ์
ทดลอง	สอนควบบทเรียน สำเร็จรูป	สอนตามปกติ
ทดสอบครั้งสุดท้าย	วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดแรงจูงใจ ไม่สัมฤทธิ์	วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดแรงจูงใจ ไม่สัมฤทธิ์

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบความก้าวหน้าของคะแนนผลสัมฤทธิ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม คำนวณค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้ t-test ความก้าวหน้าของคะแนนผลสัมฤทธิ์ คือผลต่างที่ได้ของคะแนนจากการสอบครั้งสุดท้าย กับคะแนนจากการสอบครั้งแรก
2. หาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากคะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ครั้งสุดท้าย กับแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ที่ได้จากแบบสอบถามครั้งสุดท้าย ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดภายใต้ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)
3. หาความเปลี่ยนแปลง แรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ ในกลุ่มทดลอง โดยการเปรียบเทียบแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ ระหว่างคะแนน จากการสอบถามครั้งแรก กับคะแนนจากการสอบถามครั้งสุดท้าย โดยการเปรียบเทียบจากคะแนนเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย t-test

4. เปรียบเทียบแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของทั้งสองกลุ่ม โดยการเปรียบเทียบความก้าวหน้าของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ จากคะแนนการสอบถามครั้งแรก และคะแนนจากการสอบถามครั้งสุดท้าย โดยเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย t -test

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนน จากสูตร

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

$\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทนผลรวมของคะแนนของกลุ่ม

N แทนจำนวนคน

2. ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากสูตร

$$S = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

S แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X$ แทนผลรวมของคะแนนทั้งกลุ่ม

$\sum X^2$ แทนผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง

N แทนจำนวนคน

3. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) คำนวณจากสูตร K.R.21

$$r_{tt} = \frac{ns^2 - \bar{X}(n-\bar{X})}{s^2(n-1)}$$

r_{tt}	แทนความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
n	แทนจำนวนข้อของแบบทดสอบ
S^2	แทนค่าความแปรปรวนของคะแนน
$\bar{X}$	แทนค่าเฉลี่ยของคะแนน

4. ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม วัดแรงจูงใจได้สัมฤทธิ์ โดยได้สัมประสิทธิ์อัลฟา (α -Coefficient)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right)$$

α	แทนค่าความเชื่อมั่น
S_i^2	แทนความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อความ
S_x^2	แทนความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด
n	แทนจำนวนข้อ

5. t-test หาค่ามาตรฐานของแบบสอบถาม และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

5.1 ถ้ากลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน และแต่ละกลุ่มมีจำนวนเกิน 30 คนขึ้นไป

ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

t	แทน t-statistic
$\bar{X}_1, \bar{X}_2$	แทนคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2
S_1^2, S_2^2	แทนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2
N_1, N_2	แทนจำนวนคนในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

5.2 ถ้ากลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน และแต่ละกลุ่มมีจำนวนน้อยกว่า 30 คน

ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(N_1 - 1) S_1^2 + (N_2 - 1) S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left\{ \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right\}}}$$

t แทน t-statistic

$\bar{X}_1, \bar{X}_2$ แทนคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

S_1^2, S_2^2 แทนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

N_1, N_2 แทนจำนวนคนในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

5.3 ถ้าเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{D} \sqrt{N}}{S_d}$$

$\bar{D}$ แทนค่าเฉลี่ยของความแตกต่าง

N แทนจำนวนคน

S_d แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่าง

6. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ใช้สูตร

$$r = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(N \sum X^2 - (\sum X)^2) (N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

N แทนจำนวนคนในกลุ่ม

$\sum X, \sum Y$ แทนผลรวมของคะแนนแต่ละกลุ่ม

$\sum X^2, \sum Y^2$ แทนผลรวมของคะแนนแต่ละคนที่ยกกำลังสองในแต่ละกลุ่ม

ΣXY แทนผลรวมของผลคูณของคะแนนแต่ละคู่ ของทั้งสองกลุ่ม

7. t-distribution เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่น

$$t = r \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}}$$

t แทน t-distribution

r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

N แทนจำนวนคน.

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ได้เสนอเป็นลำดับดังนี้

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มก่อนการทดลอง
2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มโดยการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น
3. การเปรียบเทียบแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของทั้งสองกลุ่ม โดยการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์
5. การหาความเปลี่ยนแปลงของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในกลุ่มทดลองภายใต้อาการแบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทั้งสอง ครั้ง

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N	หมายถึง	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	หมายถึง	คะแนนเฉลี่ย
$\bar{D}$	หมายถึง	ค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในการทดสอบครั้งหลังกับครั้งแรก
S^2	หมายถึง	ความแปรปรวนของคะแนน
t	หมายถึง	ค่านัยสำคัญทางสถิติ
r	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์หommel

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่ม ก่อนการทดลอง
ผู้วิจัยได้ทดสอบนักศึกษาทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนการทดลอง
สอน และทำการวิเคราะห์หาค่าสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในตาราง 1

ตาราง 1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลอง
และกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองสอน

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S^2	t
กลุ่มทดลอง	35	17.4	28.9519	0.9613
กลุ่มควบคุม	35	18.6	25.599	

จากตาราง 1 จะเห็นว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและ
กลุ่มควบคุม เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ปรากฏว่าแตกต่างกันอย่าง ไม่นัยสำคัญทางสถิติ
แสดงว่าทั้งสองกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีพื้นฐานความรู้ในเรื่อง ไฟฟ้าก่อนการ ทดลองสอนพอ ๆ กัน

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มจากผลต่างของคะแนน
เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น
ผู้วิจัยได้ทดสอบนักศึกษาทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทั้งก่อนและหลัง
การสอน และทำการวิเคราะห์หาค่าสำคัญทางสถิติดังแสดง ไว้ในตาราง 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของ คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์
ของการสอนทบทวนสำเร็จริฐและแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{D}$	S_d^2	t
กลุ่มทดลอง	35	26.1714	73.6164	1.6991
กลุ่มควบคุม	35	22.7714	66.4159	

จากตาราง 2 จะเห็นว่า ความแตกต่างของ คะแนนเฉลี่ยในกลุ่มทดลองสูงกว่า
กลุ่มควบคุม และค่าความแปรปรวนของ ความแตกต่างของ คะแนนในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่ม
ควบคุม แสดงว่าคะแนนความแตกต่างของ กลุ่มทดลองมีการกระจายสูงกว่าของกลุ่มควบคุม
และจากการทดสอบหาค่าสำคัญทางสถิติปรากฏว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
แสดงว่าการสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จริฐกับการสอนตามปกติ ทำให้ผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้
พอ ๆ กัน

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของทั้งสองกลุ่ม

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของทั้งสองกลุ่มแบบสอบถาม
ทั้งก่อนและภายหลังการเรียน และเปรียบเทียบแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของทั้งสองกลุ่ม ปรากฏผล
ดังแสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์
ของการสอนทบทวนเรียนสำเร็จรูป และแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{D}$	S^2_d	t
กลุ่มทดลอง	35	1.6258	80.5919	1.0741
กลุ่มควบคุม	35	-0.4571	51.373	

จากตาราง 3 จะเห็นว่า คะแนนจากผลต่างของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม ค่าความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม เมื่อเปรียบเทียบหาค่าสำคัญทางสถิติปรากฏว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการสอนทบทวนเรียนสำเร็จรูป กับการสอนตามแบบปกติ ทำให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์พอ ๆ กัน

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ภายหลังการเรียน

เมื่อนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบสอบถามวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ปรากฏผลดังแสดงไว้ในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับแรงจูงใจ
ใฝ่สัมฤทธิ์

กลุ่มตัวอย่าง	ตัวแปร	N	$\sum X$	$\sum X^2$	$\sum XY$	r
กลุ่มควบคุม	ผลสัมฤทธิ์	35	1448	63742	152195	0.4066 *
	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์	35	3636	382658		
กลุ่มทดลอง	ผลสัมฤทธิ์	35	1525	69723	152316	0.3255
	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์	35	3461	348855		
ทั้งหมด	ผลสัมฤทธิ์	70	2973	133465	304511	0.3329 *
	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์	70	7097	731513		

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่า

4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ของนักเรียนกลุ่มควบคุมมีค่าเป็นบวก และเมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ปรากฏว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนกลุ่มควบคุม มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเป็นบวก และเมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ปรากฏว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีความสัมพันธ์ทางบวก อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักศึกษาทั้งหมดมีค่าเป็นบวก และเมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ปรากฏว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .01 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักศึกษาทั้งหมด มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การเปรียบเทียบแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลองจากการสอบถามก่อนและหลังการเรียน

ก่อนทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลอง และหลังจากการสอนกยบทเรียนสำเร็จรูปจบแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อีกครั้งหนึ่ง และจะคะแนนมาเปรียบเทียบกัน ปรากฏผลดังแสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ จากการสอบถามก่อนและหลังการเรียนกยบทเรียนสำเร็จรูป

กลุ่มทดลอง	N	$\bar{X}$	S^2	D	t
ก่อนการเรียน	35	97.2571	134.5484	1.6285	1.0731
หลังการเรียน	35	98.8857	194.4546		

จากตาราง 5 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ภายหลังจากการสอนกยบทเรียนสำเร็จรูป มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบนัยสำคัญทางสถิติปรากฏว่าแตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักศึกษากลุ่มทดลอง มีแนวโน้มจะสูงขึ้น แต่ไม่เด่นชัดจนมีนัยสำคัญทางสถิติ.

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และขอเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปเรื่องไฟฟ้าในระดับชั้นประกาศนียบัตร
วิชาการศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิชา วท. 345 แลวนำไปทดลองสอนเปรียบเทียบกับ
การสอนตามปกติ ซึ่งแนวลำดับขั้นตอนของการวิจัยนี้

ความมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้

1. เพื่อสร้างบทเรียนสำเร็จรูป เรื่องไฟฟ้า สำหรับระดับชั้นประกาศนียบัตร
วิชาการศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้า ระหว่างนักศึกษาที่เรียน
จากบทเรียนสำเร็จรูป กับนักศึกษาที่เรียนจากการเรียนตามปกติ
3. เพื่อศึกษาว่าแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนเรื่องไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กับ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างไร
4. เพื่อศึกษาว่า บทเรียนสำเร็จรูป มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์
หรือไม่
5. เพื่อเปรียบเทียบแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ระหว่างนักศึกษาที่เรียนจากบทเรียน
สำเร็จรูป กับนักศึกษาที่เรียนจากการสอนตามปกติ ว่าแตกต่างกันหรือไม่

การดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ไร เป็นนักศึกษาชั้นประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา ประจำปีการศึกษา
2521 ของวิทยาลัยครูนครราชสีมา จำนวน 70 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ
- กลุ่มทดลอง จำนวน 35 คน สอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งผู้วิจัย

เป็นผู้ควบคุม

— กลุ่มควบคุม จำนวน 35 คน สอนโดยวิธีปกติ โดยมีผู้วิจัยทำการสอนเอง

เครื่องมือในการทดลอง

ก. บทเรียนสำเร็จรูป ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง โดยศึกษาหลักและวิธีการเขียน บทเรียนสำเร็จรูป พร้อมทั้งเลือกเรื่อง "ไฟฟ้า" อันเป็นส่วนหนึ่งของวิชา วท. 345 เป็นหัวข้อที่ใช้ในการทดลอง แล้วจึงเขียนรายการสอนในรูปบทเรียนสำเร็จรูปแบบเชิงเส้น (Linear Programmed) ให้นักผู้เรียนสร้างคำตอบเอง เสร็จแล้วส่งให้ผู้อำนวยการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา หลังจากนั้นทำการทดสอบแบบเรียนแบบ "หนึ่งต่อหนึ่ง" และ "ภาคสนาม" บทเรียนที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว มีจำนวนกรอบ 472 กรอบ

ข. แบบทดสอบ เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้า โดยเป็นคำถามแบบตัวเลือกชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ากับ .8511

ค. แบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เป็นแบบสอบถามที่ขึ้นข้อความเกี่ยวกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีจำนวน 36 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ .8341

วิธีการทดลอง

ก่อนการทดลอง ผู้วิจัยทำการทดสอบครั้งแรก (Pre-test) นักศึกษาทั้งสองกลุ่ม ควบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ แล้วจึงดำเนินการสอนในกลุ่มทดลองควบบทเรียนสำเร็จรูป ตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ เมื่อสอนจบแล้วทำการทดสอบครั้งหลัง (Post-test) นักศึกษาทั้งสองกลุ่มควบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ จากนั้นนำข้อมูลที่เฝ้าทำการวิเคราะห์ต่อไป

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยออกมา ปรากฏว่า

1. นักศึกษาในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง มีพื้นฐานความรู้ในเนื้อหาวิชาเรื่อง ไฟฟ้า ก่อนการ ทดลองสอนไม่แตกต่างกัน
2. นักศึกษาในกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนเพิ่มขึ้น สูงกว่า คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาในกลุ่มควบคุม อย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
3. นักศึกษาในกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่เพิ่มขึ้น สูงกว่า คะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของนักศึกษา ในกลุ่มควบคุมอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด มีความสัมพันธ์ในทางบวก กับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับนักศึกษาในกลุ่มทดลองปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ นักศึกษาในกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนที่มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
5. นักศึกษาในกลุ่มทดลองมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ภายหลังการ เรียนควบบทเรียน สำเร็จรูปเพิ่มขึ้นกว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ก่อนการ เรียนควบบทเรียนสำเร็จรูปอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ สามารถนำมา อภิปรายได้ดังนี้

ผลในข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการ สุ่มตัวอย่างนักศึกษามาสองกลุ่ม และผลจากการ ทดลอง สอนในครั้งแรกก่อนการ ทดลองสอน เมื่อนำมาวิเคราะห์ ปรากฏว่าพื้นฐานความรู้ก่อนการ เรียน ของนักศึกษาทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน อันเป็นผลมาจากการ สุ่มตัวอย่างมานั้นเอง

ผลในข้อที่ 2 ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า "ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของนักศึกษา กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน" จากผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทาง—

การเรียนของกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือผลสัมฤทธิ์ทาง
การเรียนของนักศึกษาทั้งสองกลุ่ม ไม่แตกต่างกันเป็นไปตามสมมติฐานทั้งไว้

ผลในข้อที่ 3 ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้ว่า "บทเรียนสำเร็จรูปจะทำให้แรงจูงใจ
ใฝ่สัมฤทธิ์ของนักศึกษา ในกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม" ซึ่งผลการวิจัยได้ผลออกมาว่า
แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักศึกษาในกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
นั่นคือ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักศึกษาทั้งสองกลุ่ม ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าไม่เป็นไปตาม
สมมติฐานทั้งไว้

ผลในข้อที่ 5 ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้ว่า "บทเรียนสำเร็จรูปจะทำให้แรงจูงใจใฝ่
สัมฤทธิ์ของนักศึกษาในกลุ่มทดลอง สูงกว่าเดิม" ซึ่งผลการวิจัยได้ผลว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์
ในกลุ่มทดลองสูงกว่าตอนก่อนเรียนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ในกลุ่มทดลอง เมื่อเรียน
จบบทเรียนสำเร็จรูปแล้วมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ไม่แตกต่างจากตอนก่อนเรียนจบบทเรียน
สำเร็จรูป แสดงว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานทั้งไว้

ผลในข้อที่ 3 และข้อ 5 อาจนำมาสรุปรวมกันได้ว่า "บทเรียนสำเร็จรูปไม่มีผล
ทำให้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เพิ่มขึ้นจากเดิม และไม่ทำให้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของผู้เรียนสูงกว่า
วิธีสอนแบบปกติ" ซึ่งก็อาจมาจากสาเหตุดังนี้

1. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะเป็นพฤติกรรมทางจิตวิทยาทางอารมณ์ (Affective Domain) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงได้ยาก การจะเปลี่ยนแปลงได้ต้องใช้เวลานาน แต่การ
ทดลองใช้เวลา 13 คาบ หรือ 2 สัปดาห์เศษ อาจเป็นไคร่เนื่องจากระยะเวลาการทดลอง
ค่อนข้างสั้น ทำให้ผลการทดลองไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของผู้เรียนให้เพิ่ม
ขึ้นจนเห็นได้ชัด

2. ทฤษฎีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของ แอทกินสัน ซึ่งเชื่อว่า สิ่งกระตุ้นหรือแรงกดดันที่จะ
ทำให้อุทิศลประกอบกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อมุ่งผลสัมฤทธิ์ (T_a) ขึ้นอยู่กับผลบวกขององค์ประกอบ
3 ประการ คือ

- 2.1 สิ่งโน้มน้าวจิตใจที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ (T_g) ซึ่งขึ้นกับผลคูณของ

- 2.1.1 แรงจูงใจที่จะมุ่งไปสู่ความสำเร็จ (M_g)

- 2.1.2 ความเข้มของ ความมุ่งหวัง หรือโอกาส (Probability) ที่จะประสบความสำเร็จ (P_s)
- 2.1.3 ค่าของสิ่งล่อใจ (Incentive Value) ที่เป็นเป้าหมายของความสำเร็จในกิจกรรมนั้น (I_s)
- 2.2 สิ่งโน้มน้าวจิตใจที่จะหลีกเลี่ยงความล้มเหลว (T_{-f}) ซึ่งขึ้นอยู่กับผลของ
- 2.2.1 แรงจูงใจที่จะหลีกเลี่ยงความล้มเหลว (M_{af})
- 2.2.2 โอกาสที่จะประสบความสำเร็จ (P_f)
- 2.2.3 ค่าของสิ่งล่อใจที่เป็นเป้าหมายของความล้มเหลว (I_f)
- คนปกติจะมีค่าเป็นลบ
- 2.3 สิ่งยั่วยุหรือองค์ประกอบจากภายนอก (Text) ที่จะทำให้เกิดความปรารถนาอยากประกอบกิจกรรมนั้น
- แอทกินสัน ได้สรุปทฤษฎีแรงจูงใจได้สมฤทธิ์ในรูปของสมการดังนี้

$$T_a = T_s + (T_{-f}) + \text{Text}$$

$$= (M_s \times P_s \times I_s) + (M_{af} \times P_f \times I_f) + \text{text}$$

(Atkinson 1964 : 264)

พิจารณาจากสมการของ แอทกินสัน จะเห็นว่าแรงจูงใจได้สมฤทธิ์มีองค์ประกอบอยู่ 3 องค์ประกอบ ที่สามารถแยกย่อยออกไปได้อีก และองค์ประกอบทั้งสามอยู่ในจำพวกเดียวกับบทเรียนสำเร็จรูป คือองค์ประกอบที่ 3 (Text) หรือ "องค์ประกอบภายนอกที่จะทำให้เกิดความปรารถนาอยากประกอบกิจกรรมนั้น" เพราะบทเรียนสำเร็จรูปจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกว่า ตัวเองสามารถเรียนได้ และมีความรู้สึกละบากเ็นไป การทำไปทีละกรอบจากง่ายไปหายาก และค่อย ๆ ประสบความสำเร็จมากขึ้น จะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกสนุกและพอใจในความก้าวหน้าของตนเอง แต่สำหรับองค์ประกอบที่ 1 (T_s) และองค์ประกอบที่ 2 (T_{-f}) คือ "สิ่งโน้มน้าวจิตใจไปสู่ความสำเร็จ" และ "สิ่งโน้มน้าวจิตใจ

ที่จะหลีกเลี่ยงความล้มเหลว" ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยอีกอย่างละ 3 องค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 1 และ 2 นั้น บทเรียนสำเร็จรูปมีอิทธิพลน้อยมาก ผู้ที่สามารถทำให้เกิดองค์ประกอบที่ 1 และ 2 ได้ก็ควรจะเป็นครูสอน และการอบรมสิ่งสอนที่ไต่มาจากครอบครัวที่จะพยายามกระตุ้นให้จิตใจมุ่งไปสู่ความสำเร็จ และหลีกเลี่ยงความล้มเหลว อบรมสิ่งสอนกันมาตั้งแต่เล็กจนโต จนฝังแน่นกลายเป็นบุคลิกภาพอย่างหนึ่งประจำตัว และองค์ประกอบที่ 1 (Ts) และองค์ประกอบที่ 2 (T₂) จะมีอิทธิพลมากกว่าองค์ประกอบที่ 3 (text) เพราะถ้าคนเรามุ่งจะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยไม่กลัวความล้มเหลวแล้ว ถึงแม้สิ่งนั้นจะไม่ค่อยสนุก แต่ผู้วิจัยก็เชื่อว่า ผู้นั้นจะสามารถทำได้สำเร็จ การออกนอกนี้ ๆ เพื่อค้นหาสื่อหรือทำงานใด ๆ ก็ตาม คงจะไม่สนุกเท่ากับการเฝ้าพักผ่อนหย่อนใจตามสถานต่าง ๆ แต่เมื่อมีความต้องการในความสำเร็จสูง ก็สมัครที่จะทำในประการแรกมากกว่า ดังนั้นผู้วิจัยเชื่อว่าองค์ประกอบที่ 3 (Text) มีอิทธิพลน้อยกว่าองค์ประกอบที่ 1 (Ts) และองค์ประกอบที่ 2 (T₂) และบทเรียนสำเร็จรูปก็สามารถทำให้เกิดได้เพียงองค์ประกอบที่ 3 (Text) เท่านั้น ความเข้มขององค์ประกอบนี้ อาจไม่เพียงพอจะทำให้ผู้ได้รับมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เพิ่มขึ้นจากเดิมได้

3. อาจเป็นไปได้ว่า เมื่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่จากการทดลองปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน ทำให้ผลถึงแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ไม่แตกต่างกันด้วย

ผลในข้อที่ 4 ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้ว่า "ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์" ซึ่งผลการวิจัยปรากฏว่าเมื่อนำนักศึกษทั้งสองกลุ่มเข้าเป็นกลุ่มเดียว ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .3329 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลนี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ บราวน์ (Brown 1969 : 3411 A) และ เบนคิง (Bending 1958 : 119 - 120) ส่วนผลการวิจัยแยกกลุ่มปรากฏว่า ในกลุ่มควบคุมนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แต่ในกลุ่มทดลองผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ อย่างไม่มี-

นัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบบสอบถามกำหนดให้นักเรียนเขียนชื่อลงไปด้วย ประกอบกับโดยค่าส่วนในแบบสอบถามเกี่ยวกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่ถามออกมาตรงจนทำให้ผู้ตอบไม่ยอมรับตามสภาพความเป็นจริงของตนเอง และอีกประการหนึ่ง บทเรียนสำเร็จรูปอาจมีอิทธิพลอยู่บ้าง คือในกรณีของเด็กที่เรียนเก่งอยู่แล้ว เมื่อทำบทเรียนสำเร็จรูป ก็ยอมรับสามารถทำได้ตามที่ปกติ และตัวเองก็อาจจะรู้ว่าเขาคือเป็นคนเก่ง การเรียนบทเรียนบทเรียนสำเร็จรูปได้ก็ จึงอาจไม่ใช่เรื่องที่ทำให้เขาแปลกประหลาดใจเท่าใด และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ก็อาจจะยังคงเท่าเดิม แต่ในกรณีของนักเรียนที่เรียนอ่อนหรือปานกลาง เมื่อลองมาเรียนบทเรียนสำเร็จรูป ก็จะเริ่มรู้สึกว่า ตัวเองก็เก่ง เหมือนกัน หรือเก่งเพิ่มขึ้น สามารถเรียนหรือวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ และตอบปัญหาได้ด้วยตัวเอง และคุณเนื้อหาวิชาที่เรียนจะง่ายพอที่จะเรียนได้ตลอด ทำให้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของเขาอาจเพิ่มมากขึ้น เมื่อถึงเวลาสอบภายหลังการเรียน คะแนนของ คนที่เก่งกับไม่เก่งก็ควรจะลดหลั่นกันไปตามความสามารถของสมอง ความขยันขันแข็งในการดูหนังสือ และความสามารถในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะตัว บทเรียนสำเร็จรูปอาจทำให้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีอิทธิพลถึงกับเปลี่ยนความสามารถเฉพาะตัวให้เป็นคนใหม่ไปได้ คนเรียนอ่อนหรือปานกลางจึงอาจมีคะแนนสูงขึ้นกว่าที่ควรจะเป็น ในขณะที่เดียวกัน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของเขาสูงขึ้นมาก เพราะการเรียนรู้ว่าบทเรียนง่ายแก่คนเรียนเก่ง แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ก็อาจจะยังเท่าเดิม ดังนั้นคะแนนของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มทดลอง จึงไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กันเหมือนในกลุ่มควบคุม

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มองเห็นประโยชน์และปัญหาบางประการในการวิจัย จึงขอเสนอแนะข้อสังเกตบางประการไว้ดังนี้

ก. ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากการวิจัยพบว่า บทเรียนสำเร็จรูปทำให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทัดเทียมกับการสอนตามปกติของคุณ และช่วยให้มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงขึ้นบ้าง จึงควรได้รับ-

การส่งเสริมจากผู้บริหารการศึกษา และครูผู้สอนให้มีการเลิกและใช้บทเรียนสำเร็จรูปให้กว้างขวางยิ่งขึ้น เพื่อจะได้เกิดประโยชน์ในด้านการปรับปรุงการเรียนการสอน เป็นการนำเอาวิธีสอนที่วางไปจากวิธีสอนแบบปกติมาใช้กับนักเรียน ทำให้เกิดบรรยากาศการเรียนการสอนที่แปลกและใหม่ต่างจากปกติ รวมทั้งสามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนอัตราากำลังครูผู้สอนได้ด้วย แต่ทั้งนี้อาจมีการเขียนบทเรียนสำเร็จรูปขึ้นใหม่อีก การจะได้มีการเพิ่มเติมองค์ประกอบของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ขององค์ประกอบที่ 1 (สิ่งโน้มน้าวจิตใจที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ) และองค์ประกอบที่ 2 (สิ่งโน้มน้าวจิตใจที่จะหลีกเลี่ยงความล้มเหลว) ลงไปในบทเรียนสำเร็จรูป โดยการสอดแทรกเข้าไปในบทสนทนาเป็นการสอนเรื่องแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ไปภายในตัว ซึ่งผลของการสอนโดยนักเรียนไม่รู้ตัวนี้ ก็อาจทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เพิ่มขึ้นได้บ้าง อันจะมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มตามไปด้วย การทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เพิ่มขึ้นได้ก็เป็นการพัฒนาบุคคลิกภาพ ทำให้นักเรียนมีสมรรถภาพเพิ่มขึ้น อันมีผลโดยตรงแก่ประเทศชาติ

ข. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พบปัญหาบางประการเกิดขึ้น คือ

1. คาบเวลาการเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีคาบเวลาการเรียนไม่พร้อมกัน ซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมทางจิตวิทยาตามอารมณ์ อันได้แก่ความตั้งใจในการเรียน จึงควรจะควบคุมคาบเวลาการเรียนให้พร้อม ๆ กัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด
2. ขาดระยะเวลาของการทดลอง เนื่องจากเวลาของการวิจัยมีเวลาจำกัด จึงอาจไม่เพียงพอที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางจิตวิทยา คือไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ได้
3. การศึกษาผลของบทเรียนสำเร็จรูปที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับพฤติกรรมทางจิตวิทยาตามอารมณ์อื่น เช่น ความวิตกกังวล ความคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

X จิตติมา เหมกิตติวัฒน์ การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่องพืช และการขยายพันธุ์พืช ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนแบบปกติ ปริญญาโท กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2519, 44 หน้า อักส่าเนา.

เกโซ ส่วนานนท์ จิตวิทยาสังคม โอเคียนส์โตร 2510, 157 หน้า.

— เติ๋นใจ ทองสัมฤทธิ์ แบบเรียนสำเร็จรูป เอกสารประกอบการเรียนและครูตำราสารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2515, 121 หน้า.

บุญถึง แฉนหนา แม่เหล็กไฟฟ้า องค์การคาสของครูสภา 2506, 349 หน้า.

— ประไพ สยามชัย "บทเรียนสำเร็จรูป" ใน ชุมนุมทางวิชาการ รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่หนึ่ง 1 - 5 สิงหาคม 2510 หน้า 221 - 228 กรมสามัญศึกษา 2510.

ประสาธน์ ปันทังกูร ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ แรงจูงใจใฝ่สัมพันธ์ และการคิดแบบอเนกนัย ปริญญาโท กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2516, 120 หน้า. อักส่าเนา.

X ปรีดา เพชรมีศรี การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ในบางหัวข้อ โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนแบบปกติ ปริญญาโท กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2518, 36 หน้า อักส่าเนา.

A เป็รื่อง กุมุท การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป พิมพ์ครั้งที่ 2 วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2516, 131 หน้า.

พิทักษ์ รัชพลเดช พฤติกรรมวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาประเทศ สำนักพิมพ์สื่อการฯ 2514, 84 หน้า.

ละเมียด ลิมอักษร "แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอน" จันทร์เกษม ฉบับที่ 69
เดือนมีนาคม - เมษายน 2509 หน้า 27 - 34 โรงพิมพ์คุรุสภา 2509.

วรรณ ใจมทวงษ์ การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาเลขคณิตชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่าง
การใช้แบบเรียนสำเร็จรูปกับการสอนตามปกติ ปรินฎานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัย-
วิชาการศึกษา ประสานมิตร 2515, 71 หน้า อักสำเนา.

วิรุพท วิเชียรโชติ "การปฏิรูปการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนา" พัฒนาวิมล 8 วิทยาลัย-
วิชาการศึกษา ประสานมิตร หน้า 37 - 34 โรงพิมพ์อักษรสัมพันธ์ 2515.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แบบเรียนวิทยาศาสตร์กายภาพ ตอนไฟฟ้า
และเครื่องอำนวยความสะดวก โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว 2519, 59 หน้า.

สมคิด บุญเรือง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ แรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์
ความสามารถในการปรับตัวทางสังคมของนักเรียนชั้น ม.ศ. 3 ในจังหวัดชลบุรี
ปรินฎานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2516, 64 หน้า
อักสำเนา.

X อรรถพร บุญนอม การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟและเชื้อเพลิง
ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนแบบปกติ
ปรินฎานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2518, 42 หน้า อักสำเนา.

Atkinson, J.W., An Introduction to Motivation, D. Van Nostrand
Reinhold, New York, 1966. 335 pp.

Bending, A.W., "Predictive and Postdictive Validity of N-Ach Measure",
Journal of Educational Research, Vol.52 p. 119 - 120, November,
1958.

Brown, William Thomas., "Consideration of Five Attitude and Achievement
Factor in Successful Male Undergraduate Students at the Univer-
sity of Mantana" Dissertation Abstract, 29 : 3411 A, 1969.

— Epstien, Beryl., and Sam., The First Book of Teaching Machines, Franklin Watts, Inc., New York, 1961. 50 pp.

Fry, Edward B., Teaching Machine and Programmed Instruction, Mc.Graw Hill Book Company, Inc., New York, 1963. 244 pp.

X Green, Edward J., The Learning Process and Programmed Instruction Holt, Reinhart and Winston, Inc., 1962. 228 pp.

Guildford, J.P., Fundamental Statistics in Psychology and Education, Kogakusha company Ltd., Tokyo, 1965. 605 pp.

Heckhausen, Heinz., The Anatomy of Achivement Motivation, Academic Press, New York, 1967. 215 pp.

Knight, Howard R., and Sassenrath, Julius M., "Relation of Achievement Motivation and Test Anxiety to Performance in Programmed Instruction", Journal of Educational Psychology, Vol. 57, P. 14 - 17, 1966.

Mc Clelland, David C., and others, The Achieving Society, The Free Press, New York, Van Nostrand, 1961. 351 pp.

Mc Clelland, David C., and others, The Achievement Motives, Appleton - Century Croffs, Inc., New York, 1953. p. 110 - 111.

X Moses, John Irvin, "A Comparision of the Result Achievement with Programmed Learning and Traditional Classroom Techniques in First year Algebra at Spring Brach Junior High school", Dissertation Abstracts, 25 : 5793 - A April, 1965.

Russell, Ivan L., Motivation for School Achievement : Measurement and Validation", The Journal of Educational Research, Vol. 62, p. 263 - 266, February, 1969.

Sax, Gilbert., Empirical Foundation of Education Reasearch., Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1968. 443 p.

Song, Kae-Kyun., "Academic Achievement Motivation of Student of Agricultural Education and its relationship to certain Variables", Dissertation Abstracts, Vol. 32, p. 2571 A, November, 1970.

— D Thomas, Robert Murray., and Swartout, Sherwin G., Intergated Teaching Materials, David Mc Kay Company, Inc., New York, 1963. 559 pp.

White, Charless Colven., "The Use of Programmed Tests of Remedial Mathematic Instruction in College", Dissertation Abstracts, 30 : 3373 - A February, 1970.

ภาคผนวก ก.

- การวิเคราะห์หา — อำนาจจำแนก ความยากง่าย และความเชื่อมั่น
ของแบบทดสอบ
- อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม
แรงจูงใจไม่สัมพันธ์
- การความผิดพลาดของแต่ละกรอบของบทเรียนสำเร็จรูป
และเวลาที่ใช้ในการสอน

ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากมาตรฐาน (Δ)

ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ข้อที่	p	r	Δ	ข้อที่	p	r	Δ	ข้อที่	p	r	Δ
1	.52	.37	12.8	21	.33	.64	14.7	46	.72	.53	10.6
2	.38	.28	14.3	22	.21	.62	16.2	42	.79	.42	9.8
3	.36	.40	14.5	23	.30	.30	15.1	43	.54	.34	12.6
4	.68	.49	11.2	24	.58	.41	12.2	44	.76	.62	10.2
5	.48	.52	13.2	25	.69	.58	11.0	45	.30	.39	15.1
6	.63	.31	11.7	26	.42	.35	13.8	46	.51	.52	12.9
7	.56	.38	12.4	27	.62	.50	11.7	47	.77	.60	10.0
8	.62	.50	11.7	28	.23	.49	15.9	48	.68	.21	11.1
9	.40	.39	14.0	29	.45	.42	13.5	49	.48	.52	13.2
10	.61	.20	11.9	30	.71	.56	10.8	50	.55	.45	12.5
11	.40	.39	14.0	31	.44	.31	13.6	51	.63	.40	11.6
12	.53	.48	12.7	32	.52	.45	12.8	52	.60	.46	12.0
13	.54	.56	12.6	33	.66	.25	11.3	53	.67	.60	11.2
14	.65	.36	11.4	34	.25	.30	15.7	54	.61	.43	11.8
15	.39	.46	14.1	35	.41	.49	13.9	55	.78	.30	9.9
16	.51	.22	12.9	36	.36	.25	14.4	56	.34	.36	14.7
17	.23	.49	15.9	37	.32	.34	14.8	57	.44	.31	13.6
18	.39	.46	14.1	38	.49	.41	13.1	58	.36	.31	14.4
19	.56	.52	12.4	39	.51	.22	12.9	59	.74	.29	10.4
20	.40	.23	14.0	40	.64	.48	11.6	60	.41	.57	14.0

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์

จากสูตร

$$\begin{aligned} r_{tt} &= \frac{nS^2 - \bar{X} (n - \bar{X})}{S^2(n-1)} \\ &= \frac{60 \times 91.9661 - 30.75 (60 - 30.75)}{91.966 \times 59} \\ &= \frac{5517.9709 - 30.75 \times 29.25}{5425.9999} \\ &= \frac{5517.9709 - 899.4375}{5425.9999} \\ &= \frac{4618.5334}{5425.9999} \\ &= 0.8511 \end{aligned}$$

การอ่านจากแผน (t) ของแบบสอบถามแรงจูงใจไม่สมัคร

ข้อที่	$\bar{X}_H$	S_H^2	n_H	$\bar{X}_L$	S_L^2	n_L	t
1	2.9629	.7293	27	1.9259	1.3018	27	3.7832
2	3.0000	1.0768	27	1.8518	1.3616	27	3.8235
3	2.5925	1.2505	27	1.7037	1.4470	27	2.8135
4	2.8148	1.3103	27	1.9629	1.5752	27	2.6075
5	2.9629	1.4984	27	1.9629	2.3445	27	2.6525
6	3.1481	0.9771	27	2.4074	1.3275	27	2.5366
7	1.9629	2.2677	27	0.7777	1.3333	27	3.2471
8	2.8148	1.5410	27	2.0370	1.2676	27	2.4132
9	3.6296	0.3189	27	2.4074	0.7890	27	6.0385
10	2.8148	1.0797	27	1.8518	0.8231	27	3.6312
11	3.4074	0.6352	27	2.3703	2.4727	27	3.0592
12	2.7037	1.5239	27	1.7777	1.4869	27	2.7749
13	2.4814	1.1822	27	1.2592	1.2762	27	4.0537
14	3.0370	0.8830	27	2.2592	1.1223	27	2.8564
15	2.4074	1.5582	27	1.5925	1.1851	27	2.4619
16	3.2592	1.2461	27	2.3333	1.9229	27	2.7838
17	3.4444	0.5640	27	2.5925	0.9428	27	3.6082
18	1.9629	1.0369	27	0.8148	0.6950	27	4.5325
19	2.4074	1.2505	27	1.6296	1.3190	27	2.5228
20	3.2592	0.584	27	2.4074	1.0198	27	3.4981
21	3.4814	0.6438	27	2.5925	1.3275	27	3.2922

ค่าอำนาจจำแนก (t) ของแบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (กอ)

ข้อที่	$\bar{X}_H$	S_H^2	n_H	$\bar{X}_L$	S_L^2	n_L	t
22	3.4814	0.4900	27	2.4444	1.7179	27	3.6284
23	3.8148	0.2335	27	3.1111	1.1793	27	4.0783
24	2.6296	1.2421	27	1.3814	1.3361	27	3.7182
25	3.8888	0.1025	27	3.2222	1.2561	27	2.9732
26	3.7037	0.3702	27	3.0370	0.8830	27	3.0966
27	3.8148	0.1566	27	3.1851	1.0797	27	2.9452
28	3.1851	0.6950	27	2.2962	1.6780	27	3.0000
29	3.3703	0.5498	27	2.5555	2.2563	27	2.5117
30	3.0370	1.1138	27	2.1851	1.6949	27	2.6431
31	3.1851	0.8489	27	2.2962	1.4472	27	3.0504
32	2.8888	1.0255	27	2.2592	1.5070	27	2.0568
33	3.0000	0.9229	27	1.9259	1.1481	27	3.8804
34	2.9259	1.2250	27	2.1851	1.6179	27	2.2843
35	3.9629	0.0370	27	3.5185	0.4130	27	2.2546
36	3.5925	0.7121	27	3.0000	1.0000	27	2.3539

การวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามแรงจูงใจไปสู่สัมฤทธิ์โดยใช่ K.R.20

$$\infty = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right)$$

เมื่อ ∞ คือ ความเชื่อมั่นของมาตรวัด

n คือ จำนวนข้อของ แบบสอบถาม

S_x^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนแบบสอบถามทั้งฉบับ

S_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนแบบสอบถามแต่ละข้อ

ตาราง ค่าความแปรปรวนของ แบบสอบถามแต่ละข้อ

ข้อที่	S_i^2	ข้อที่	S_i^2	ข้อที่	S_i^2
1	1.3810	14	0.9356	27	0.9267
2	1.4232	15	1.4539	28	1.4030
3	1.5094	16	1.5630	29	1.4910
4	1.4416	17	0.6864	30	1.4481
5	1.9861	18	0.9731	31	1.2535
6	1.3810	19	1.4433	32	1.0555
7	1.9248	20	0.8851	33	1.2018
8	1.4225	21	1.0604	34	1.3011
9	0.7373	22	1.2939	35	1.3612
10	0.9093	23	0.5719	36	0.6927
11	1.5160	24	1.2870	$\sum S_i^2$	43.2277
12	1.4215	25	0.7961		
13	1.4013	26	0.6884		

การคำนวณหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามแรงจูงใจไม่สัมพันธ์

$$\text{เมื่อ } n = 36$$

$$s_x^2 = 228.7373$$

$$\sum s_i^2 = 43.2277$$

แทนค่าลงในสูตร

$$L = \frac{36}{35} \left(1 - \frac{43.2277}{228.7373} \right)$$

$$= \frac{36}{35} (1 - 0.1889)$$

$$= \frac{36}{35} (0.8111)$$

$$= 0.8341$$

3. เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า

3.1 เซลไฟฟ้าอย่างง่าย

กรอบที่	82	83	84	85	96	97	88	89	90	91	92	93
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
กรอบที่	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
% error	0	5	0	0	5	0	0	2.5	2.5	10	2.5	0
กรอบที่	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
% error	0	0	0	2.5	17.5	0	7.5	0	0	0	2.5	0
กรอบที่	118	119	120	121	122	123	124	125				
% error	0	0	0	0	0	0	0	0				

3.2 แบตเตอรี่

กรอบที่	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2.5	0	5	2.5
กรอบที่	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153
% error	0	0	0	5	2.5	5	0	7.5	0	0	0	5	0	0
กรอบที่	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165		
% error	0	0	0	2.5	0	5	2.5	0	0	0	0	0		

3.3 กฎหมายของแฟลมมิง

กรอบที่	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177
% error	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	190	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202
% error	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	202	203	204	205	206	207						
% error	2.5	0	0	5	2.5	0						

3.4 ไทนาโมกระแล่สลับ

กรอบที่ 1	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
% error	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	5
กรอบที่ 2	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่ 3	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0
กรอบที่ 4	244	245	246	147	248	249	250	251	252	253	254	255
% error	0	0	0	0	0	7.5	0	0	0	2.5	0	0
กรอบที่ 5	256	257	258	259	260							
% error	35	0	17.5	0	0							

3.5 ไทนาโมกระแสน้ำ

[illegible]

4. การส่งพลังงานไฟฟ้า

4.1 หม้อแปลงไฟฟ้า

กรอบที่	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334
% error	0	0	0	0	0	0	17.5	0	2.5	7.5	0	10

4.2 การศึกษากระแสไฟฟ้า

กรอบที่ 1	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347
% error	0	0	0	0	0	0	0	7.5	2.5	5	5	2.5	2.5
กรอบที่ 2	348	349	350	351									
% error	2.5	5	2.5	5									

5. ไฟฟ้าในบาน

กรอบที่	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364
% error	0	5	2.5	5	5	2.5	2.5	7.5	2.5	5	5	0	0
กรอบที่	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377
% error	0	0	0	0	2.5	0	2.5	0	2.5	0	0	0	0
กรอบที่	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390
% error	0	0	0	0	0	32.5	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	391	392	393										
% error	0	0	0										

6. การไหลพลังงานไฟฟ้า

กรอบที่	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419
% error	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0
กรอบที่	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กรอบที่	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445
% error	5	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0
กรอบที่	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458
% error	0	0	0	2.5	2.5	2.5	5	0	0	0	0	0	0

6. การใช้พลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

กรอบที่	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472
% error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ผลการวิเคราะห์พบกรอบที่นักศึกษาตอบผิดในอัตราสูงที่ต้องปรับปรุงแก้ไข (ตอบผิดเกินร้อยละ 10) มีจำนวน 6 กรอบ คือ

- กรอบที่ 110 ในเรื่อง เซลไฟฟ้าอย่างง่าย
- กรอบที่ 170 ในเรื่อง กฎมือขวาของเฟลลมัน
- กรอบที่ 256 ในเรื่อง ไคนาโมกระแสสลับ
- กรอบที่ 258 ในเรื่อง ไคนาโมกระแสสลับ
- กรอบที่ 329 ในเรื่อง หมอแปลงไฟฟ้า
- กรอบที่ 383 ในเรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน

การหาเวลาที่ใช้ในการเรียนบทเรียนสำเร็จรูป

จากการสังเกตและบันทึกเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการเรียนแต่ละตอนของบทเรียน พบว่า นักศึกษาใช้เวลาเร็วช้าต่างกัน แล้แต่ความสามารถของแต่ละบุคคล เมื่อคิดโดยเฉลี่ย ปรากฏผลดังแสดงในตาราง

ตาราง แสดงจำนวนคาบที่ข้อเสนอในเนื้อหาแต่ละตอนของบทเรียน

เนื้อหา	จำนวนคาบ
แนะนำวิธีเรียนบทเรียนสำเร็จรูป	1
1. ระบบการผลิกระแสไฟฟ้า	}
1.1 การแปลงพลังงานน้ำให้เป็นกระแสไฟฟ้า	
1.2 การแปลงพลังงานนิวเคลียร์ให้เป็นกระแสไฟฟ้า	
1.3 การแปลงพลังงานแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้า	
1.4 หลักการของ Fuel cell	}
2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้า	
2.1 วิธีทางการไหลของกระแสไฟฟ้า	
2.2 ศักย์ไฟฟ้า	
2.3 ความต้านทานของวัตถุ	}
3. เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า	
3.1 เซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย	
3.2 แบตเตอรี่	
3.3 กฎมือขวาของเฟลมมิง	
3.4 ไคนาโมกระแสสลับ	}
3.5 ไคนาโมกระแสตรง	
4. การส่งพลังงานไฟฟ้า	
4.1 หม้อแปลงไฟฟ้า	}
4.2 การลัดวงจรกระแสไฟฟ้า	

ตาราง แสดงจำนวนคาบที่ใช้อนในเนื้อหาแต่ละตอนของบทเรียน (ต่อ)

เนื้อหา	จำนวนคาบ
5. ไฟฟ้าในบ้าน 5.1 อุปกรณ์ในการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน 5.2 วงจรการต่อไฟฟ้าในบ้าน 6. การใช้พลังงานไฟฟ้า 6.1 หลอดไฟชนิดที่มีไส้ 6.2 หลอดเรืองแสง 6.3 เเการีด 6.4 ตู้เย็น 6.5 อันตรายจากกระแสไฟฟ้าและการป้องกัน, การปฐมพยาบาลผู้ได้รับอันตรายจากกระแสไฟฟ้า	3
รวม	13

จากตาราง เวลาที่ใช้ในการสอนทบทวนบทเรียนสำเร็จรูปเรื่องไฟฟ้า
รวมทั้งสิ้น 13 คาบ.

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง

1. การวิเคราะห์เปรียบเทียบความก้าวหน้าระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ของ คะแนน
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง ความก้าวหน้าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เลขที่	กลุ่มทดลอง			เลขที่	กลุ่มควบคุม		
	คะแนนทดสอบ ครั้งแรก	คะแนนทดสอบ ครั้งสุดท้าย	X_1		คะแนนทดสอบ ครั้งแรก	คะแนนทดสอบ ครั้งสุดท้าย	X_2
1	18	39	21	1	31	57	26
2	17	42	25	2	19	55	36
3	20	51	31	3	21	46	25
4	28	55	27	4	23	45	22
5	18	53	35	5	21	49	28
6	29	51	22	6	29	54	25
7	12	51	39	7	20	44	24
8	32	56	24	8	31	54	23
9	20	54	34	9	17	52	35
10	15	47	32	10	18	40	22
11	12	31	19	11	10	30	20
12	18	20	2	12	15	28	13
13	12	37	25	13	24	50	26
14	18	40	22	14	20	52	32
15	24	56	32	15	15	56	41
16	12	40	34	16	14	47	33
17	27	52	25	17	15	26	11

ตาราง ความก้าวหน้าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ต่อ)

เลขที่	กลุ่มทดลอง			เลขที่	กลุ่มควบคุม		
	คะแนนทดสอบ ครั้งแรก	คะแนนทดสอบ ครั้งสุดท้าย	X_1		คะแนนทดสอบ ครั้งแรก	คะแนนทดสอบ ครั้งสุดท้าย	X_2
18	20	55	35	18	18	49	31
19	16	47	31	19	18	35	17
20	14	56	42	20	17	41	24
21	13	37	24	21	12	26	14
22	16	29	13	22	13	22	9
23	21	44	23	23	15	34	19
24	13	48	35	24	15	31	16
25	13	26	13	25	19	46	27
26	15	33	18	26	18	53	35
27	11	50	39	27	15	26	11
28	13	40	27	28	25	47	22
29	18	43	25	29	17	43	26
30	14	29	15	30	17	30	13
31	12	45	33	31	23	35	12
32	23	55	32	32	15	34	19
33	16	36	20	33	22	50	28
34	15	33	18	34	12	25	13
35	14	38	24	35	17	36	19

การคำนวณเปรียบเทียบความก้าวหน้าของคะแนนผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

$$\bar{X}_1 = 26.1714 \quad \bar{X}_2 = 22.7714$$

$$S_1^2 = 73.6164 \quad S_2^2 = 66.4159$$

$$t = \frac{26.1714 - 22.7714}{\sqrt{\frac{73.6164}{35} + \frac{66.4159}{35}}} = 1.6991$$

$$df = 68 \quad t_{.05} = 2.00$$

การคำนวณเปรียบเทียบความก้าวหน้าก่อนการทดลองสอนจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ของการสอบ
ครั้งแรกระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

$$\bar{X}_1 = 17.4 \quad \bar{X}_2 = 18.6$$

$$S_1^2 = 28.9519 \quad S_2^2 = 25.5990$$

$$t = \frac{17.4 - 18.6}{\sqrt{\frac{28.9519}{35} + \frac{25.5990}{35}}} = -0.9613$$

$$df = 68 \quad t_{.05} = \pm 2.00$$

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบความก้าวหน้าของคะแนนแรงจูงใจไปสัมผัสระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ตาราง ความก้าวหน้าของคะแนนแรงจูงใจไปสัมผัส

เลขที่	กลุ่มทดลอง			เลขที่	กลุ่มควบคุม		
	คะแนนจากแบบ สอบถามครั้งแรก	คะแนนจากแบบ สอบถามครั้งสุดท้าย	X_1		คะแนนจากแบบ สอบถามครั้งแรก	คะแนนจากแบบ สอบถามครั้งสุดท้าย	X_2
1	108	100	- 8	1	105	100	- 5
2	121	126	5	2	106	114	8
3	118	130	12	3	100	112	12
4	101	92	- 9	4	121	117	- 4
5	92	99	7	5	94	100	6
6	102	96	- 5	6	97	103	6
7	103	94	- 9	7	106	105	- 1
8	112	117	5	8	99	98	- 1
9	106	94	-12	9	115	113	- 2
10	81	98	17	10	105	102	- 3
11	99	100	1	11	96	88	- 8
12	101	102	1	12	121	121	0
13	96	85	-11	13	101	106	5
14	104	103	- 1	14	130	127	- 3
15	80	92	12	15	109	106	- 3
16	105	108	3	16	116	110	- 6
17	92	92	0	17	94	89	- 5
18	103	112	9	18	111	111	0

ตาราง ความก้าวหน้าของ คะแนนแรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ (ต่อ)

เลขที่	กลุ่มทดลอง			เลขที่	กลุ่มควบคุม		
	คะแนนจากแบบ สอบถามครั้งแรก	คะแนนจากแบบ สอบถามครั้งสุดท้าย	X_1		คะแนนจากแบบ สอบถามครั้งแรก	คะแนนจากแบบ สอบถามครั้งสุดท้าย	X_2
19	89	100	11	19	120	109	-11
20	105	115	10	20	89	90	1
21	100	109	9	21	109	113	4
22	79	89	10	22	103	110	7
23	92	97	5	23	105	107	2
24	88	83	- 5	24	98	105	7
25	79	71	- 8	25	106	115	9
26	88	80	- 8	26	117	109	- 8
27	104	120	26	27	103	89	-14
28	87	102	15	28	106	115	9
29	116	121	5	29	88	95	7
30	75	72	- 3	30	64	71	7
31	97	93	- 4	31	104	87	-17
32	88	83	- 5	32	103	89	-14
33	105	99	- 6	33	122	122	0
34	85	98	13	34	97	95	- 2
35	103	89	-14	35	92	93	1

การคำนวณเปรียบเทียบความก้าวหน้าของ คะแนนแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มทดลอง
และกลุ่มควบคุม

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

$$\bar{X}_1 = 1.6285 \quad \bar{X}_2 = -0.4571$$

$$S_1^2 = 80.5919 \quad S_2^2 = 51.373$$

$$t = \frac{1.6285 + 0.4571}{\sqrt{\frac{80.5919}{35} + \frac{51.373}{35}}}$$
$$= 1.0741$$

$$df = 68 \quad t_{.05} = 2.00$$

3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลองในการสอบครั้งแรก
กับการสอบครั้งสุดท้าย

ตาราง ความเปลี่ยนแปลงแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในกลุ่มทดลอง

เลขที่	ทดสอบ ครั้งแรก	ทดสอบ ครั้งสุดท้าย	D	เลขที่	ทดสอบ ครั้งแรก	ทดสอบ ครั้งสุดท้าย	D
1	108	100	- 8	19	89	100	11
2	121	126	8	20	105	115	10
3	118	130	12	21	100	109	9
4	101	92	- 9	22	79	89	10
5	92	99	7	23	92	97	5
6	102	96	- 6	24	88	83	- 5
7	103	94	- 9	25	79	71	- 8
8	112	117	5	26	88	80	- 8
9	106	94	-12	27	104	120	16
10	81	98	17	28	87	102	15
11	99	100	1	29	116	121	5
12	101	102	1	30	75	72	- 3
13	96	85	-11	31	97	93	- 4
14	104	103	- 1	32	88	83	- 5
15	80	92	12	33	105	99	- 6
16	105	108	3	34	85	98	13
17	92	92	0	35	103	89	-14
18	103	112	9				

การคำนวณ

$$t = \frac{\bar{D} \sqrt{n}}{S_d}$$

$$\bar{D} = 1.6285$$

$$S_d = 8.9773$$

$$n = 35$$

$$t = \frac{1.6285 \times \sqrt{35}}{8.9773}$$

$$= 1.0731$$

$$df = 34 \quad t_{.05} = 2.042$$

4. การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวาง คะแนนแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (Y) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (X)

ของกลุ่มทดลอง

เลขที่	X	Y	XY	X ²	Y ²	เลขที่	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	39	100	3900	1521	10000	19	47	100	4700	2209	10000
2	42	126	5292	1764	15876	20	56	115	6440	3136	13225
3	51	130	6630	2601	16900	21	37	109	4033	1369	11881
4	55	92	5060	3025	8464	22	29	89	2581	841	7921
5	53	99	5247	2809	9801	23	44	97	4268	1936	9409
6	51	96	4896	2601	9216	24	46	83	3984	2304	6889
7	51	94	4794	2601	8836	25	26	71	1846	676	5041
8	56	117	6552	3136	13689	26	33	80	2640	1089	6400
9	54	94	5076	2916	8836	27	50	120	6000	2500	14400
10	47	98	4606	2209	9604	28	40	102	4080	1600	10404
11	31	100	3100	961	10000	29	43	121	5203	1849	14641
12	20	102	2040	400	10404	30	29	72	2088	841	5184
13	37	85	3145	1369	7225	31	45	93	4185	2025	8649
14	40	103	4120	1600	10609	32	55	83	4565	3025	6889
15	56	92	5152	3136	8464	33	36	99	3564	1296	9801
16	46	108	4968	2116	11664	34	33	98	3234	1089	9604
17	52	92	4784	2704	8464	35	38	89	3382	1444	7921
18	55	112	6160	3025	12544						
						Σ	1525	3461	152316	69723	348855

ตาราง คะแนนแรงจูงใจไปสัมผัส (Y) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (X)
ของกลุ่มควบคุม

เลขที่	X	Y	XY	X ²	Y ²	เลขที่	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	57	100	5700	3249	10000	19	35	109	3815	1225	11881
2	55	114	6270	3025	12996	20	41	90	3690	1681	8100
3	46	112	5152	2116	12544	21	26	113	2938	676	12769
4	45	117	5265	2025	13689	22	22	110	2420	484	12100
5	49	100	4900	2401	10000	23	34	107	3638	1156	11449
6	54	103	5562	2916	10609	24	31	105	3255	961	11025
7	44	105	4620	1936	11025	25	46	115	5290	2116	13225
8	54	98	5292	2916	9604	26	53	109	5777	2809	11881
9	52	113	5876	2704	12769	27	26	89	2314	676	7921
10	40	102	4080	1600	10404	28	47	115	5405	2209	13225
11	30	88	2640	900	7744	29	43	95	4085	1849	9025
12	28	121	3368	784	14641	30	30	71	2130	900	5041
13	50	106	5300	2500	11236	31	35	87	3045	1225	7569
14	52	127	6604	2704	16129	32	34	89	3026	1156	7921
15	56	106	5936	3136	11236	33	50	122	6100	2500	14884
16	47	110	5170	2209	12100	34	25	95	2375	625	9025
17	26	89	2314	676	7921	35	36	93	3348	1296	8649
18	49	111	5439	2401	12321	Σ	1448	3636	152195	63742	382658

การคำนวณ

4.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแรงจูงใจไม่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ในกลุ่มควบคุม

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร } r &= \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \\&= \frac{35 \times 152195 - 1448 \times 3636}{\sqrt{35 \times 63742 - 2096704} \quad 35 \times 382658 - 13220496} \\&= 0.4066 \\t &= r \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}} \\&= 0.4066 \sqrt{\frac{33}{1-0.1653}} \\&= 2.5565\end{aligned}$$

$$df = 33 \quad t_{.05} = 2.042$$

4.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแรงจูงใจไปสัมฤทธิ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ในกลุ่มทดลอง

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } r &= \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \\ &= \frac{35 \times 152316 - 1525 \times 3461}{\sqrt{[35 \times 69723 - 2325625][35 \times 348855 - 11978521]}} \\ &= 0.3255 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= r \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}} \\ &= 0.3255 \sqrt{\frac{33}{1-0.1059}} \\ &= 1.9774 \end{aligned}$$

$$df = 33 \quad t_{.05} = 2.042$$

4.3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแรงจูงใจไม่เต็มฤทธิ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของทั้งสองกลุ่มรวมกัน

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \\
 &= \frac{70 \times 304511 - 2973 \times 7097}{\sqrt{[70 \times 133465 - 8838729][70 \times 731513 - 50367409]}} \\
 &= 0.3329
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= r \sqrt{\frac{N - 2}{1 - r^2}} \\
 &= 0.3329 \sqrt{\frac{68}{1 - 0.1108}} \\
 &= 2.9111
 \end{aligned}$$

$$df = 68 \quad t_{.01} = 2.660$$

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ภารกิจ (Task analysis)

บทเรียนสำเร็จรูป

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์

แบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

จุดมุ่งหมายทั่วไป

1. Cognitive Domain จุดมุ่งหมายที่จะก่อให้เกิดความรู้ความสามารถ และทักษะต่าง ๆ ทางสมอง แบ่งออกเป็น 6 ชั้น เรียงจากพฤติกรรมง่ายไปหายากดังนี้

1.1 ความรู้ (ความจำในสิ่งที่เคยมีประสบการณ์มาก่อน)

1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาโดยเฉพาะ

1.1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับความหมายของคำต่าง ๆ

1.1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับความจริงต่าง ๆ

1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับวิธีและการดำเนินงานที่เกี่ยวกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดโดยเฉพาะ

1.1.2.1 ความรู้เกี่ยวกับลักษณะแบบแผนต่าง ๆ

1.1.2.2 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและการจัดลำดับ

1.1.2.3 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก และแบ่งประเภทสิ่งของต่าง ๆ

1.1.2.4 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์

1.1.2.5 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบ วิธีการดำเนินงานของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

1.1.3 ความรู้เกี่ยวกับการรวบรวมแนวคิด และโครงสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

1.1.3.1 ความรู้เกี่ยวกับกฎ และการใช้กฎในการบรรยายคุณคา
พยากรณ์ หรือตีความหมายของสิ่งที่เราสังเกตเห็น

1.1.3.2 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง

ความสามารถทางปัญญาและทักษะต่าง ๆ

1.2 ความเข้าใจ (เข้าใจความหมายของสิ่งนั้น)

1.2.1 การแปล (การแปลจากแบบหนึ่ง ไปสู่อีกแบบหนึ่ง โดยรักษาความหมาย
ไว้ถูกต้อง)

1.2.2 การตีความหมาย (การอธิบาย หรือเรียบเรียง เนื้อหานั้นเสียใหม่
ให้เข้าใจง่าย)

1.2.3 การขยายความ (การขยายความของข้อมูลที่ให้มีให้ไกลไปกว่าเดิม)

1.3 การนำไปใช้ (การนำสาระสำคัญต่าง ๆ ไปใช้ในสถานการณ์จริง ๆ)

1.4 การวิเคราะห์ (การแยกเรื่องราวออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ)

1.4.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบต่าง ๆ

1.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบเหล่านั้น

1.4.3 การวิเคราะห์หลัก หรือวิธีการรวบรวมส่วนประกอบต่าง ๆ เหล่านั้น

1.5 การสังเคราะห์ (การรวมส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน)

1.5.1 การกระทำที่เป็นสื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมาย

1.5.2 การกระทำที่เกี่ยวกับแผนงาน หรือข้อเสนอตามวิธีการต่าง ๆ

1.5.3 การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ อาทิเช่น การที่ส่วนประกอบต่าง ๆ เหล่านั้นรวมกันได้โดยอาศัยความสัมพันธ์อะไรที่สำคัญ

1.6 การประเมินผล (การตัดสินคุณค่าในสิ่งที่กำหนดความมุ่งหมายได้โดยการใช้เกณฑ์ที่แน่นอน)

1.6.1 การตัดสินโดยอาศัยเหตุการณ์ภายในสิ่งนั้นเป็นเกณฑ์

1.6.2 การตัดสินโดยอาศัยหลักเกณฑ์ภายนอกมาพิจารณา

2. Affective Domain เป็นหมู่ของพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางคุณธรรม และคุณค่า ตลอดจนการจัดระเบียบทางจิตใจและลักษณะนิสัย แบ่งออกเป็น 5 ชั้น เรียงตามลำดับความสำคัญดังนี้

2.1 การยอมรับ เป็นการทำความรู้จัก หรือเอาใจใส่ต่อสิ่งเราหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ แบ่งออกเป็น

2.1.1 การรับรู้

2.1.2 ความรู้สึกเต็มใจที่จะรับรู้

2.1.3 การควบคุม หรือคัดเลือก ความสนใจที่มีต่อสิ่งเรา

2.2 การตอบสนอง เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสนใจ ความเต็มใจในสิ่งเรา หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น แบ่งออกเป็น

- 2.2.1 การยินยอมที่จะตอบสนอง
- 2.2.2 ความรู้สึกเต็มใจที่จะตอบสนอง
- 2.2.3 ความพอใจในการตอบสนอง
- 2.3 ค่านิยม เป็นความรู้สึกหรือการสำนึกในคุณค่า หรือคุณธรรม จนกลายเป็นความเชื่อ และทัศนคติ แบ่งออกเป็น
 - 2.3.1 การยอมรับในค่านิยม
 - 2.3.2 ความรู้สึกชื่นชมในค่านิยมนั้น
 - 2.3.3 การยึดมั่นในค่านิยมนั้น
- 2.4 การจัดระบบค่านิยม เป็นการจรรยาบรรณค่านิยมทางจิตใจ โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์และโครงสร้างของค่านิยมนั้น แบ่งออกเป็น
 - 2.4.1 การมีความรู้เกี่ยวกับค่านิยม
 - 2.4.2 การจัดระบบของค่านิยม
- 2.5 การมีลักษณะที่ได้จากค่านิยมหรือการมีลักษณะนิสัย เมื่อแต่ละคนมีค่านิยมใดแล้ว ค่านิยมนั้นจะก่อขึ้นมาเป็นระบบที่สามารถควบคุมใบบุคคลนั้นแสดงออกทางพฤติกรรม ซึ่งเป็นคุณลักษณะของแต่ละบุคคล แบ่งออกเป็น
 - 2.5.1 การสรุป รวมถึงกลุ่มของค่านิยม
 - 2.5.2 การมีลักษณะนิสัย
- 3. Psychomotor Domain เป็นหมู่ของพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย แบ่งเป็น 5 ชั้นดังนี้
 - 3.1 การเลียนแบบ
 - 3.2 การลงมือทำตามแบบใด
 - 3.3 การมีความถูกต้องเพียงตรง
 - 3.4 การกระทำด้วยความต่อเนื่องและประสานกัน
 - 3.5 การกระทำเองจนเคยชิน ที่เป็นส่วนหนึ่งของตน และเป็นไปตามธรรมชาติ

การจำแนกจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมวิชาวิทยาศาสตร์

1. ความรู้และความเข้าใจ

- 1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริง เฉพาะอย่างต่าง ๆ
- 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์
- 1.3 ความรู้เกี่ยวกับความคิด (Concept) ทางวิทยาศาสตร์
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน
- 1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและการล่าถอย
- 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภท การจัดประเภทและเกณฑ์
- 1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิค และวิธีการดำเนินการทางวิทยาศาสตร์
- 1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการ และกฎทางวิทยาศาสตร์
- 1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่าง ๆ หรือแนวความคิดที่สำคัญ
- 1.10 ความสามารถจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่
- 1.11 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่ง ไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่งได้

2. การสังเกตและการวัด

- 2.1 การสังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- 2.2 การบรรยายสิ่งของที่สังเกตได้ โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม
- 2.3 การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ
- 2.4 การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม
- 2.5 การประมาณค่าจากการวัด และการยอมรับข้อจำกัดความถูกต้อง

3. การเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

- 3.1 การมองเห็นปัญหา
- 3.2 การตั้งสมมติฐาน
- 3.3 การเลือกวิธีทดสอบสมมติฐาน
- 3.4 การออกแบบขั้นตอนการทดลองที่เหมาะสม

4. การตีความหมายของข้อมูล และการสรุป

- 4.1 การจัดการเกี่ยวกับข้อมูลที่ไต่จากการทดลอง
- 4.2 การแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในรูปของความสัมพันธ์เป็นแบบฟังก์ชัน
- 4.3 การตีความหมายของข้อมูลที่ไต่จากการทดลอง และการสังเกตต่าง ๆ
- 4.4 การขยายความและการตีความ
- 4.5 การประเมินสมมติฐาน ภายใต้ขอบเขตของข้อมูลที่ไต่จากการทดลอง
- 4.6 การสรุปความสัมพันธ์พบ

5. การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงรูปแบบของทฤษฎีต่าง ๆ

- 5.1 การยอมรับความต้องการ รูปแบบของทฤษฎีต่าง ๆ
- 5.2 การสร้างรูปแบบของทฤษฎีเพื่อรับความรู้ใหม่
- 5.3 การบอกความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับรูปแบบที่สร้างใหม่
- 5.4 การอนุมานสมมติฐานใหม่จากทฤษฎีรูปแบบ
- 5.5 การตีความหมายและการประเมินผลจากการทดสอบรูปแบบ
- 5.6 การสร้าง การปรับปรุง การขยายรูปแบบ

6. การใช้ความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

- 6.1 การนำความรู้ ไปแก้ปัญหาใหม่ ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน
- 6.2 การนำความรู้ ไปแก้ปัญหาใหม่ ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขา
- 6.3 การนำความรู้ ไปแก้ปัญหาอื่น ๆ นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

7. การฝึกทักษะ

- 7.1 การพัฒนาทักษะต่าง ๆ ในการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ
- 7.2 การใช้ห้องปฏิบัติการอย่างระมัดระวัง และมีความปลอดภัย

8. ทัศนคติและความสนใจ

- 8.1 การแสดงทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ
- 8.2 การยอมรับว่า "การสืบสวนสอบสวนทางวิทยาศาสตร์" เป็นวิธีการคิดวิธีหนึ่ง

- 8.3 การยอมรับทัศนคติทางวิทยาศาสตร์
- 8.4 มีความสนุก เพลิดเพลิน ในการเรียนวิทยาศาสตร์
- 8.5 พัฒนาความสนใจทางวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
- 8.6 พัฒนาความสนใจในอาชีพต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

9. การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์

- 9.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์
- 9.2 การยอมรับปรัชญาที่ถูกต้อง และอิทธิพลของการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์
- 9.3 การยอมรับเหตุการณ์ในอศิศทางวิทยาศาสตร์
- 9.4 การตระหนักถึง ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และเศรษฐศาสตร์
- 9.5 การยอมรับว่า สังคมและศีลธรรมนั้น มีอิทธิพลจากผลการทดลองและการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์รวมอยู่ด้วย

จุดมุ่งหมายเฉพาะในวิชาไฟฟ้าระดับ ป.กศ.

1. ความรู้และความเข้าใจ ให้มีความรู้ความสามารถดังต่อไปนี้

- 1.1 ความรู้เกี่ยวกับ
 - 1.1.1 วิธีการแปลงพลังงานต่าง ๆ เป็นพลังงานกระแสไฟฟ้า
 - 1.1.2 คุณสมบัติของประจุไฟฟ้า
 - 1.1.3 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อความต้านทานของวัตถุ
 - 1.1.4 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นใน Voltaic cell
 - 1.1.5 ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว
 - 1.1.6 การเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
 - 1.1.7 การเกิดกระแสไฟฟ้าจากไคโนโมกราฟและกระแสดับ
 - 1.1.8 การคำนวณอย่างง่าย ๆ เกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้า
 - 1.1.9 การคำนวณเกี่ยวกับการบิดคางกระแสไฟฟ้า

- 1.1.10 วงจรการต่อไฟฟ้าในบ้าน
- 1.1.11 หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด
- 1.2 ความรู้เกี่ยวกับความหมายของคำต่าง ๆ เหล่านี้
 - 1.2.1 Electrolyte
 - 1.2.2 Ionization
 - 1.2.3 Slip ring
 - 1.2.4 Split ring
 - 1.2.5 Induced current
 - 1.2.6 Charge, Discharge
 - 1.2.7 Step-up transformer
 - 1.2.8 Step-down transformer
 - 1.2.9 Direct current
 - 1.2.10 Alternating current
 - 1.2.11 Thermostat
 - 1.2.12 Dynamo
 - 1.2.13 Volt
 - 1.2.14 ampere
 - 1.2.15 Ohm
 - 1.2.16 starter
 - 1.2.17 series
 - 1.2.18 parallel
 - 1.2.19 fuse
 - 1.2.20 kilowatt-hour meter
 - 1.2.21 phosphor
 - 1.2.22 freon

1.2.23 fuel cell

1.2.24 solar cell

1.3 ความรู้เกี่ยวกับความคิด (concept) ทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

1.3.1 การแปลงรูปของพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นและมีประโยชน์

1.3.2 สิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่ควรคำนึงในการแปลงรูปจากพลังงานรูปอื่นเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้า

1.3.3 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

1.3.4 การไหลของกระแสไฟฟ้าสามารถเปรียบเทียบได้กับการไหลของน้ำ

1.3.5 ข้อแตกต่างระหว่าง เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วกับ Voltaic cell

1.3.6 ลักษณะของไฟกระแสสลับและไฟกระแสตรง

1.4 ความรู้เกี่ยวกับลำดับชั้นของ

1.4.1 ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เซลล์ไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมา

1.4.2 การแปลงรูปของพลังงานความร้อนเป็นกระแสไฟฟ้าและพลังงานเป็นกระแสไฟฟ้า

1.4.3 การแปลงแสงสว่างในหลอดเรืองแสง

1.4.4 การช่วยเหลือผู้ได้รับอุบัติเหตุจากกระแสไฟฟ้าตก

1.5 ความรู้เกี่ยวกับ

1.5.1 การจัดสมการการทำปฏิกิริยาเคมีให้สมดุล

1.5.2 การใช้กฎมือขวา อธิบายทางเดินของกระแสไฟฟ้าเมื่อลวดตัวนำเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ในการสอนเรื่องไฟฟ้าระคาย ป.กศ.

1. สามารถบอกถึง คุณสมบัติของประจุไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง ครบทั้งหมด
2. สามารถอธิบายถึงประโยชน์ของการแปลงรูปของพลังงานได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถบอกถึงชนิดของการแปลงรูปจากพลังงานรูปอื่น มาเป็นกระแสไฟฟ้า
4. สามารถเขียนอธิบายถึงประโยชน์ของการสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำใ้ถูกต้อง
5. สามารถเขียน อธิบาย ลักษณะของปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันได้อย่างถูกต้อง
6. สามารถบอกถึงผลกระทบที่ระเทือนต่อสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงไฟฟ้าพลังปรมาณูใ้ถูกต้อง ครบทั้งหมด
7. สามารถบอกถึงข้อดีของเซลล์ไฟฟ้าแบบ Solar cell ในแง่ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใ้ถูกต้อง
8. สามารถเขียนอธิบายหลักการทำงานของ Solar cell ใ้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่ อย่างน้อย 80 % ของทั้งหมด
9. สามารถเขียน อธิบายหลักการทำงานของ Fuel cell ใ้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่ อย่างน้อย 80 % ของทั้งหมด
10. สามารถเขียนอธิบายทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า จากวงจรไฟฟ้าที่กำหนดใ้ได้อย่างถูกต้อง
11. สามารถเปรียบเทียบการทำงานของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย กับการทำงานในวงจรการไหลของน้ำที่คล้ายคลึงกัน ใ้ได้อย่างถูกต้อง
12. สามารถบอกข้อหน่วยของกระแสไฟฟ้า ความต้านทาน ศักย์ไฟฟ้า ใ้ได้อย่างถูกต้อง ทั้งหมด
13. สามารถคำนวณการ เปรียบเทียบความต้านทานไฟฟ้าอย่างง่าย ๆ ใ้ได้อย่างถูกต้องอย่างน้อย 3 ใน 4 ข้อ
14. สามารถอธิบายถึงเหตุผลในการใช้สายไฟแบบต่าง ๆ ในสถานที่ที่แตกต่างกันใ้ได้อย่างถูกต้อง
15. สามารถเขียน ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นใน Voltaic cell ใ้ถูกต้อง

16. สามารถอธิบายทางเดินของกระแสไฟฟ้าใน Voltaic cell และบอกขั้วบวก ลบ ของ Voltaic cell ได้อย่างถูกต้อง
17. สามารถบอกข้อแตกต่างระหว่างเซลล์สมไฟฟ้าแบบตะกั่ว กับ Voltaic cell ได้ อย่างถูกต้อง
18. สามารถบอกถึงผลของ Polarisation ที่มีต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า
19. สามารถเขียนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจากเซลล์สมไฟฟ้าแบบตะกั่วได้อย่างถูกต้อง เป็นส่วนมาก อย่างน้อย 80 %
20. สามารถบอกโครงสร้างการกำหนดค่าให้ สมดุลหรือยัง และสามารถแก้ไขให้ถูกต้องได้ อย่างน้อย 80 %
21. สามารถอธิบายความจุของแบตเตอรี่ในหน่วยแอมแปร์ ชั่วโมง ได้อย่างถูกต้อง
22. สามารถอธิบายถึงสาเหตุการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้ถูกต้องอย่างน้อย 80 %
23. สามารถใช้กฎมือขวา มาอธิบายทางเดินของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้ถูกต้องจากเงื่อนไขที่กำหนดให้ อย่างน้อย 4 ใน 5 กรณี
24. สามารถอธิบายส่วนประกอบของไดนาโมได้อย่างถูกต้อง
25. สามารถอธิบายลักษณะการไหลของกระแสไฟสลับในวงจรไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
26. สามารถเขียนกราฟลักษณะของกระแสไฟสลับกับเวลาได้อย่างถูกต้อง
27. สามารถอธิบายข้อแตกต่างระหว่างกระแสไฟสลับและกระแสไฟตรง ได้อย่างถูกต้อง
28. สามารถคิดคำนวณเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าและจำนวนรอบของขดลวด จากหม้อแปลงไฟฟ้าได้ถูกต้องอย่างน้อย 4 ข้อ ใน 5 ข้อ
29. สามารถอธิบายข้อแตกต่างระหว่างหม้อแปลงขึ้น และหม้อแปลงลงได้อย่างถูกต้อง
30. สามารถคิด คำนวณ การ คัดลากลกระแสไฟฟ้าในบ้าน จากโจทย์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง อย่างน้อย 4 ข้อใน 5 ข้อ
31. สามารถอธิบายหลักการใช้ Fuse ต่อกับวงจรไฟฟ้าในบ้านได้อย่างถูกต้อง
32. สามารถเขียนวงจรการต่อไฟฟ้าในบ้านได้อย่างถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่ อย่างน้อย 80 %
33. สามารถบอก ข้อควรระวังจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุได้ถูกต้อง

34. สามารถบอกหลักการป้อนพบบาลูผู้ได้รับอันตรายจากกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
35. สามารถบอกหลักการทำงานของ เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภททำไ้ หรือ น้ได้อย่างถูกต้อง
36. สามารถอธิบายถึงหลักการ ทำงานของ หลอดเรืองแสง ได้อย่างถูกต้องอย่างน้อย 80 %
37. สามารถให้ความหมายของ คำศัพท์ต่อไปนี้ได้อย่างถูกต้อง

37.1 Electrolyte

37.2 Ionization

37.3 Slip ring

37.4 Split ring

37.5 Induced current

37.6 Charge, Discharge

37.7 Step-up transformer

37.8 Step-down transformer

37.9 Thermostat

37.10 Dynamo

37.11 starter

37.12 series

37.13 parallel

37.14 kilowatt-hour meter

37.15 phosphor

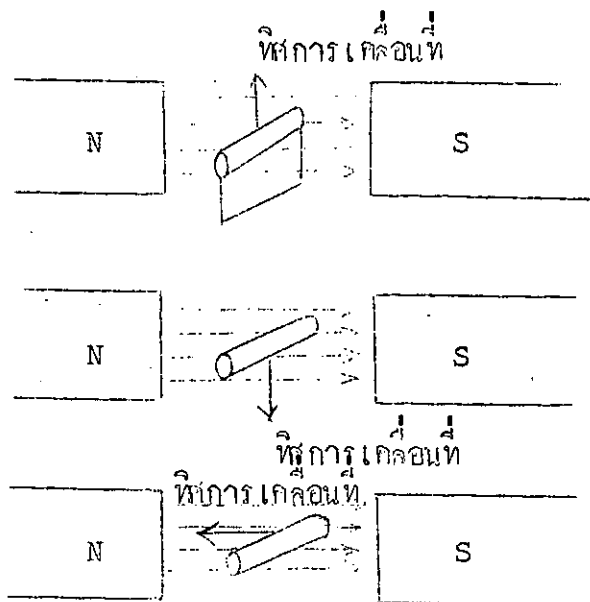
37.16 freon

Test item

1. ประจุไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรบ้าง
2. การแปลงรูปจากพลังงานรูปอื่นมาเป็นกระแสไฟฟ้า มีวิธีใดบ้าง
3. การแปลงรูปพลังงาน มีประโยชน์อย่างไร
4. ผลพลอยได้จากการสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ นอกจากกานเกษตรกรรมแล้ว เรายังได้ประโยชน์ในกานใดอีก
5. ปฏิกิริยาฟิชชัน เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบใด
6. สิ่งแวดล้อมที่กระทบกระเทือนจากการสร้าง โรงไฟฟ้าพลังปรมาณูมีกานใดบ้าง
7. เครื่องมือจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ไม่ทำให้เกิดสิ่งแวดลอมเป็นพิษเลยคืออะไร
8. หลักการทำงานของ Solar cell ทำงานไ้อย่างไร
9. Solar cell กวไรใช้ในสถานที่ใดบ้าง
10. การทำงานของ Fuel cell มีหลักการทำงานอย่างไร
11. กระแสไฟฟ้ามีทิศทางการไหลอย่างไร เมื่อเทียบกับประจุลบ
12. ถ้าการไหลของกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับ การไหลของกระแส น้ำแล้ว ศักย์ไฟฟ้าจะเปรียบเทียบกับอะไร
13. กระแสไฟฟ้าจะไหลอย่างไรในวงจรไฟฟ้า จงเขียนรูปแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า
14. หน่วยของกระแสไฟฟ้า, ความต้านทาน, ศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นอะไร
15. สิ่งที่มีอิทธิพลต่อความต้านทานของวัตถุมีอะไรบ้าง
16. ถ้าจะสร้างวัตถุให้ความต้านทานที่ไม่ค่อยเปลี่ยนค่า เมื่ออุณหภูมิจะเปลี่ยนไปกี่ตาม ควรจะสร้าง ความต้านทานจากวัสดุชนิดใด
17. สายไฟตามบ้านมักใช้สายทองแดงเพราะอะไร
18. สายไฟที่หุ้มพาคตามเสาโครงเหล็กใช้อะไรทำเป็นสาย เพราะเหตุใด
19. Electrolyte หมายถึงอะไร
20. Ionization คืออะไร ลองยกตัวอย่างการเกิด Ionization
21. ใน Voltaie cell กระแสไฟฟ้าไหลจากโลหะอะไรไปยังโลหะอะไร

22. จงเขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ Zn และหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว ที่แท่ง Zn จะมีประจุอะไรอยู่
23. ทำไมเราจึงไม่คิดว่าทองแดงทำปฏิกิริยาเคมีกับ H_2SO_4 ความคิดเช่นนี้ความจริงถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด
24. หลังจากเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้ว ประจุลบที่โลหะใดมีมากกว่า
25. Polarisation หมายถึงอะไร มีผลอย่างไรต่อกระแสไฟฟ้าในวงจร
26. เราจะแก้ไข Polarisation ได้อย่างไร
27. ในถ่านไฟฉาย อะไรทำหน้าที่เป็น Depolariser
28. Electrolyte ในถ่านไฟฉายคืออะไร เราทำให้ Electrolyte ข้นเพื่อยาวเพื่อประโยชน์อะไร
29. เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว ต่างจากถ่านไฟฉายที่ ๆ ไปอย่างไร
30. จงเขียนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นที่แท่งตะกั่ว (Pb) ของเซลล์สะสมไฟฟ้า
31. หลังจากปฏิกิริยาเคมีที่ Pb ผ่านไปแล้ว แท่ง Pb จะได้ประจุไฟฟ้าชนิดใด
32. จงเขียนปฏิกิริยาเคมีที่เลดไดออกไซด์ (PbO_2) เมื่อถูกทำให้เปลี่ยนเป็น Pb^{++} โดย H^+
33. เมื่อจ่ายไฟ (Discharge) ไปนาน ๆ ตัวทั้งสองคือ Pb และ PbO_2 จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นอะไร
34. เมื่อจ่ายไฟ (Discharge) ไปนาน ๆ H_2SO_4 (dil) จะเจือจางลงเพราะเหตุใด
35. แอมแปร์ ชั่วโมง หมายความว่าอย่างไร
36. แบตเตอรี่ มีความจุ 20 แอมแปร์ - ชั่วโมง จะจ่ายกระแสไฟ 0.5 แอมแปร์ ได้กี่ชั่วโมง
37. ในทางทฤษฎี แบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานไม่จำกัด แต่ตามความเป็นจริงไม่เป็นเช่นนั้น เพราะเหตุใด
38. การกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมาจากอะไร
39. กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร
40. กฎมือขวาของเฟลมมิง มีใจความว่าอย่างไร

41. จงรูปภาพ แล้วบอกทิศทางที่กระแสเหนี่ยวนำไหล



42. จงบอกส่วนประกอบของ ไนนาโมกระแสตรง

43. ไนนาโมกระแสสลับและไนนาโมกระแสตรงต่างกันที่ใด

44. กระแสไฟฟ้าจะไหลในวงจรมากที่สุดเมื่อขดลวดวางตัวอยู่ในแนวใด

45. ขดลวดหมุน 1 รอบ กระแสไฟสลับไหลกี่ครั้ง

46. กระแสไฟสลับคือกระแสไฟแบบใด

47. จงเขียนกราฟลักษณะของไฟกระแสสลับที่ได้เมื่อขดลวดหมุนไป 1 รอบ

48. กระแสไฟตามบ้านเป็นกระแสไฟชนิดใด cycle

49. ถ้ากระแสไฟ 20 cycle ใน 1 วินาที หลอดไฟจะดับกี่ครั้ง ติดกี่ครั้ง

50. จงเขียนกราฟลักษณะของไฟกระแสตรงที่ได้เมื่อขดลวดหมุนไป 1 รอบ

51. ไฟกระแสตรงและไฟกระแสสลับต่างกันที่ใด

52. หม้อแปลงไฟฟ้ามีกี่ชนิด แต่ละชนิดต่างกันอย่างไร

53. ขดลวดทุติยภูมิ มีจำนวนรอบ 30 รอบ ประมุขภูมิมีจำนวนรอบ 50 รอบ ถ้ากระแสไฟสลับเข้าไปยังขดลวดปฐมภูมิ 20 โวลต์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิจะเป็นเท่าใด

54. จากข้อ 53. หมอแปลงชนิดนี้เป็นหมอแปลงชนิดใด
55. ถาดชลวคหุติยภูมิ มีจำนวนรอบ 100 รอบ ชลวคปฐมภูมิไม่ทราบจำนวนรอบ แต่ทำให้กระแสไฟสลับแรงเคลื่อน 20 โวลต์ เข้าไปทางชลปฐมภูมิ ทางชลหุติยภูมิจะได้กระแสไฟแรงเคลื่อน 40 โวลต์ ชลวคปฐมภูมิมีจำนวนรอบเท่าใด
56. กิโลวัตต์. ชั่วโมง หมายความว่าอย่างไร
57. เตาไฟฟ้า 750 watt ใช้รีดมา 1.5 ชม. ค่าไฟหนึ่งหน่วยจะเสียค่าไฟเท่าใด
58. หลอดไฟ 220 โวลต์ ต้องการกระแสไฟ 0.5 แอมแปร์ ใช้ไป 10 ชั่วโมง ค่าไฟหนึ่งหน่วยจะเสียค่าไฟเท่าใด
59. ฟิวส์ เป็นโลหะผสมระหว่างอะไรกับอะไร มีคุณสมบัติอย่างไร
60. หน้าที่ของฟิวส์คืออะไร
61. การใช้ฟิวส์ใดเกินขนาดมีผลเสียอย่างไร
62. วงจรไฟฟ้าในบ้านควรต่อแบบใด เพราะเหตุใด
63. สวิตช์มีหน้าที่อะไร
64. จงเขียนวงจรการต่อไฟฟ้าภายในบ้าน
65. หลอดเรืองแสงจะเปล่งแสงสว่างออกมาได้เพราะเหตุใด
66. สสารที่เตอร์ทำมาจากโลหะที่ประกอบกันอย่างไร
67. หน้าที่ของสสารที่เตอร์มีหน้าที่อย่างไร
68. บัลลาสต์มีหน้าที่อย่างไร
69. ยกตัวอย่าง เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อทำให้อุ่น
70. นิโครม ทำมาจากอะไร มีคุณสมบัติเช่นไร
71. ฟรีออนมีคุณสมบัติเช่นไร
72. การใช้ไฟฟ้าให้ออกจากรั้วรั้งอย่างไรบ้าง.

คำชี้แจงสำหรับผู้เรียน

บทเรียนนี้เรียกว่า บทเรียนสำเร็จรูป สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้
ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ครูสอน บทเรียนนี้จะทำหน้าที่เสมือนครูผู้สอน ประจำตัว
นักเรียน ฉะนั้นนักเรียนจะต้องปฏิบัติตามคำสั่งของแบบเรียนอย่างเคร่งครัด จึงจะได้ผลดี

๑. บทเรียนสำเร็จรูปนี้ เขียนขึ้นตามเนื้อหาวิชา วิทยาศาสตร์ ๓๔๕ ระดับ
ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาศึกษา ในเนื้อหาเรื่องไฟฟ้า

๒. เนื้อหาของบทเรียน ถูกแยกเป็นหัวข้อย่อย ๆ เรียกว่ากรอบเรียงจากง่าย
ไปหายากตามลำดับ

๓. แต่ละกรอบจะมีหัวข้อความรู้ให้นักเรียนอ่าน บางกรอบมีคำถามให้นักเรียน
ตอบ บางกรอบก็ไม่มีคำถาม ช่องว่างที่เว้นไว้ข้างล่างของกรอบ เว้นไว้ให้นักเรียน
เติมคำตอบลงไป

๔. นักเรียนควรจะคิดให้รอบคอบ ก่อนจะ เขียนตอบลงในกระดาษ หาก
นักเรียนยังไม่แน่ใจว่าจะตอบคำถามได้ถูก นักเรียนควรย้อนกลับไปทบทวนความรู้ และ
คำถามคำตอบในกรอบที่ผ่านมาจนกว่าจะเข้าใจ

๕. นักเรียนจะทราบทันทีว่าคำตอบของนักเรียนถูกหรือผิด เพราะมีคำเฉลย
ไว้ด้วย โดยจะใส่คำเฉลยไว้ในช่องซ้ายมือตรงกับข้อถัดไปให้นักเรียนใช้กระดาษปิดส่วนนั้น
ไว้ก่อน เมื่อนักเรียนตอบเสร็จแล้วจึง เปิดดู

ข้อสำคัญ นักเรียนอย่าเปิดดูคำเฉลยก่อนเป็นอันขาด เพราะถ้าทำเช่นนั้น
นักเรียนจะไม่ได้ประโยชน์จากแบบเรียนนี้เท่าที่ควร

๖. เมื่อนักเรียนเปิดดูคำเฉลยแล้วให้เปรียบเทียบกับคำตอบของนักเรียนถ้า
ตรงกันหรือเป็นไปทำนองเดียวกันก็ทำกรอบต่อไป แต่ถ้าผิดหรือไม่เป็นไปทำนองเดียวกัน
ให้กลับไปอ่านและทำความเข้าใจกับเรื่องราวในกรอบที่ผ่านมาแล้วอีกครั้ง แล้วตอบใหม่

๗. ทำทุกกรอบจนกระทั่งหมด อย่าข้ามกรอบใดกรอบหนึ่ง ระลึกไว้ว่าคำถาม
และคำตอบแต่ละกรอบไม่ใช่ข้อสอบ แต่เป็นบทเรียนที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้

	๑. ดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่ยิ่งใหญ่ พลังงานที่เราใช้กันทุกวันนี้ส่วนใหญ่ได้มาจาก<u>ดวงอาทิตย์</u> ซึ่งมีทั้งพลังงานที่เราได้มาโดยตรงและโดยทางอ้อม พลังงานที่เราใช้ประโยชน์กันทุกวันนี้ ส่วนใหญ่ได้มาจาก
ดวงอาทิตย์	๒. พลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์นี้ เมื่อเรานำมาใช้งาน ส่วนใหญ่เรามักจะต้อง<u>ดัดแปลงรูป</u>ของพลังงานก่อนเสมอ การดัดแปลงรูปของพลังงานมีประโยชน์คือ ๑. ตรงกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ๒. ป้องกันการสูญเสียของพลังงาน เพื่อให้พลังงานจากดวงอาทิตย์นี้ตรงกับวัตถุประสงค์การใช้งานและไม่ให้มีการสูญเสีย ดังนั้นก่อนจะใช้พลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ เราจึงมักจะ พลังงานก่อน
แปลงรูป	๓. ในปัจจุบัน พลังงานที่สำคัญและมีบทบาทมากที่สุดในชีวิตประจำวันของมนุษย์ได้แก่พลังงานจาก<u>กระแสไฟฟ้า</u> เพราะ ๑. เป็นพลังงานที่ส่งถ่ายได้ง่าย ๒. ไม่ค่อยมีการสูญเสียระหว่างถ่ายเทพลังงาน ๓. แปลงรูปเป็นพลังงานรูปอื่นได้มากมาย พลังงานที่สำคัญที่สุดใ้ใช้งานได้ง่ายในปัจจุบันคือพลังงานจาก

กระแสไฟฟ้า

๔. การผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นมาเพื่อใช้งานนั้น เราใช้วิธีผลิตโดยการแปลงรูปมาจากพลังงานรูปอื่น ๆ เช่น

๑. จากพลังงานน้ำ → กระแสไฟฟ้า
๒. จากพลังงานความร้อน → กระแสไฟฟ้า
๓. จากพลังงานแสง → กระแสไฟฟ้า
๔. จากพลังงานเคมี → กระแสไฟฟ้า

(กรอมนี้นี้ไม่ต้องการคำตอบ)

๕. เราจะพิจารณาการแปลงรูปจากพลังงานน้ำ เป็นพลังงานกระแสไฟฟ้า

แหล่งพลังงานน้ำ ที่จะนำมาใช้ในการแปลงรูปเป็นกระแสไฟฟ้า

เราต้องเลือกพิจารณาจากภูมิประเทศที่เหมาะสม คือจะต้องมีลักษณะ

เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร มีภูเขา เป็นตัวประกอบสำคัญ

ภูมิประเทศที่เหมาะสมของ แหล่งพลังงานน้ำที่จะใช้แปลงรูปเป็นกระแสไฟฟ้าคือ มีลักษณะ

เป็นแหล่งต้นน้ำ
ลำธาร เป็นภูเขา,
ป่า

๖. นักเรียนบางคนอาจเคยไปเหิยว่น้ำตกมาแล้ว บางคนอาจเคยเล่นน้ำตกด้วยซ้ำ น้ำตกที่ตกลงมา จะมีแรงดันมากหรือน้อย (รู้ได้จากแรงที่มาปะทะกับตัวเรา) ขึ้นอยู่กับว่า น้ำตกนั้นสูงหรือไม่ และปริมาณมากหรือน้อย

แรงดันของน้ำตกที่ตกลงมาขึ้นอยู่กับ

๑.

๒.

๑. ความสูง ๒. ปริมาณน้ำ	๗. น้ำจะไหลจากที่หนึ่ง ไปยังอีกที่หนึ่งตลอดเวลาเมื่อระดับน้ำมีความแตกต่างกัน ยิ่งถ้าระดับน้ำแตกต่างกันมากเท่าไร น้ำจะยิ่ง ไหลแรงมากขึ้นจนกลายเป็นน้ำตก น้ำจะไหลหรือเป็นน้ำตก เมื่อระดับของน้ำ
แตกต่างกัน	๘. เพื่อที่จะให้เกิดน้ำตก จึงมีการสร้างเขื่อนขึ้น เพื่อให้ระดับน้ำเหนือเขื่อนและใต้เขื่อนมีความแตกต่างกัน และทำให้เกิดน้ำตกขึ้นโดยฝีมือมนุษย์ การสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ ทำให้ระดับน้ำเหนือเขื่อนและใต้เขื่อน
แตกต่างกัน	๙. เมื่อสร้าง เขื่อนแล้ว เขาจะปล่อยให้น้ำเหนือเขื่อนไหลลงมาใต้เขื่อน น้ำที่ไหลด้วยความแรงนี้จะถูกทำให้ไหลผ่านกังหันทำให้กังหันหมุน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดกับกังหันก็พลอยหมุนตามกังหันไปด้วย เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนก็สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนได้เพราะน้ำที่ไหลมาจากเหนือเขื่อนนั้นไหลผ่าน ทำให้ หมุน และ เครื่อง ก็หมุนตามกังหันไปด้วย
กังหัน, กังหัน กำเนิดไฟฟ้า	๑๐. ต่อไปเราจะพิจารณาการแปลงรูปจากไอน้ำเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ได้จากน้ำเดือดจะมีแรงดัน และแรงดันของไอน้ำนี้ สามารถทำให้กังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน และจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาตามต้องการ

ไอน้ำสามารถทำให้กังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนได้
เพราะ ไอน้ำมี

แรงดัน

๑๑. ไอน้ำที่ได้จากน้ำเดือดนี้ เมื่อเวลาจะไปใช้งานทำให้กังหัน
หมุนนั้น จะต้องเพิ่มให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อให้มีแรงดันมากขึ้น ทำให้
กังหันหมุนเร็วขึ้น การผลิตกระแสไฟฟ้าก็มีประสิทธิภาพดีขึ้น ไอน้ำ
ที่มีอุณหภูมิสูง และความดันสูงนี้ เรียกว่า "ไอน้ำแห้ง"

ไอน้ำแห้ง ทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น
เพราะไอน้ำแห้ง มีมากกว่าไอน้ำธรรมดา

แรงดัน

๑๒. การจะให้น้ำเดือดเป็นไอน้ำ เราจะต้องมีแหล่งความร้อน
โดยทั่วไปก็ใช้เชื้อเพลิง เช่น ฟืน, ถ่านหิน หรือบางแห่งอาจ
ใช้เศษขยะ ก็ได้

เราใช้แหล่งพลังงานความร้อนในการต้มน้ำให้เดือดเป็นไอน้ำ
จาก

ฟืน ถ่านหิน
เศษขยะ

๑๓. แหล่งพลังงานความร้อนที่ใช้ต้มน้ำให้เป็นไอน้ำที่สำคัญอีกอย่าง คือ
พลังงานความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เราควรรู้จัก คือ ปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission)
เป็นปฏิกิริยา การแตกตัวของธาตุกัมมันตรังสีหนัก ๆ แตกตัวออกเป็น
ธาตุกัมมันตรังสีชนิดเบา ๒ ธาตุ

ปฏิกิริยาฟิชชัน หมายถึง ปฏิกิริยาการแตกตัวของ
แตกตัวออกเป็น ๒ ธาตุ

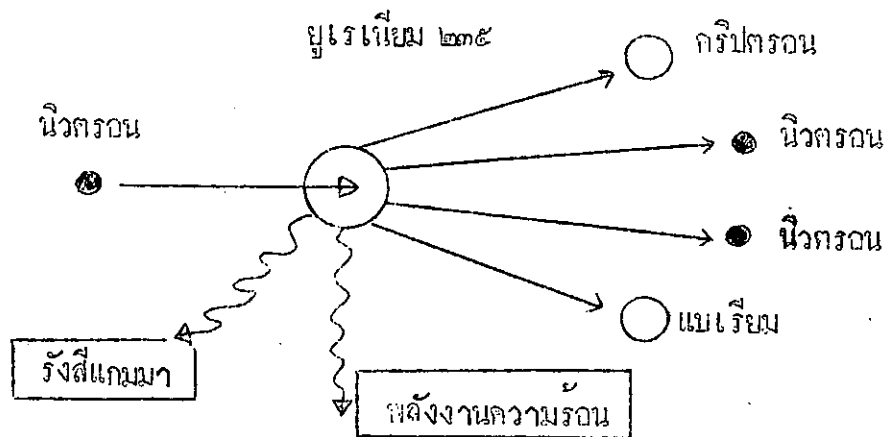
ธาตุกัมมันตรังสี

หนัก ๆ

ธาตุกัมมันตรังสีชนิด

เบา

๑๔. พิจารณาภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission)



๑๕. จากภาพ ยูเรเนียม - ๒๓๕ เป็นธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนัก
เมื่อนิวตรอนวิ่งไปกระทบ ทำให้ยูเรเนียม - ๒๓๕ แตกออกเป็นสอง
ส่วน คือ คริปทอน และ แบเรียม ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่เบากว่า
เดิมพร้อมทั้งได้นิวตรอนมาอีก ๓ ตัว

เมื่อยูเรเนียม - ๒๓๕ แตกตัวออกเนื่องจากมีนิวตรอนวิ่ง
มาชนแล้วทำให้ได้ธาตุกัมมันตรังสีสองธาตุ คือ และ
.....

แบเรียม, คริปทอน

๑๖. จากภาพสิ่งที่เราได้เพิ่มเติมอีก คือ รังสีแกมมาและพลังงาน
ความร้อน

พลังงานความร้อนที่ได้นี้จะถูกนำมาใช้ต้มน้ำให้เดือดเป็นไอน้ำ
นำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
ทำงานผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา

พลังงานความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission)
ถูกนำมาใช้ทำให้น้ำ

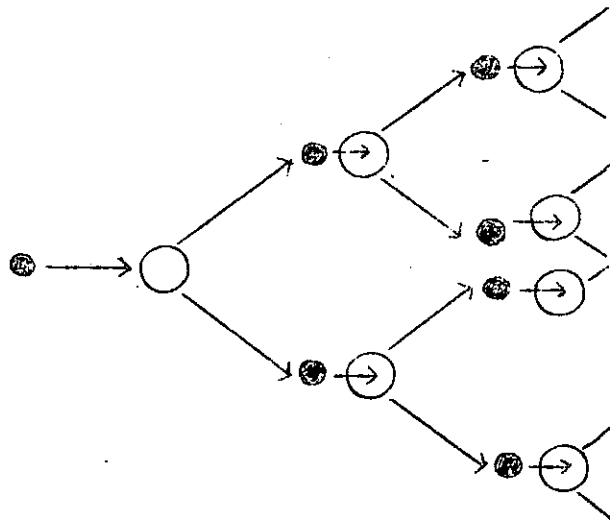
เคื่อกเป็นไอ

๑๗. สำหรับรังสีแกมมาที่ออกมาขณะเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission) นั้น เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ทั้งมนุษย์และสัตว์ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัย จึงต้องมีการสร้างกำแพงหนา ๆ ล้อมรอบ เพื่อป้องกันรังสีนี้

อันตรายที่ได้มาจากปฏิกิริยาฟิชชัน อย่างหนึ่ง คือ อันตรายจากรังสี ป้องกันโดยการสร้าง ล้อมรอบ

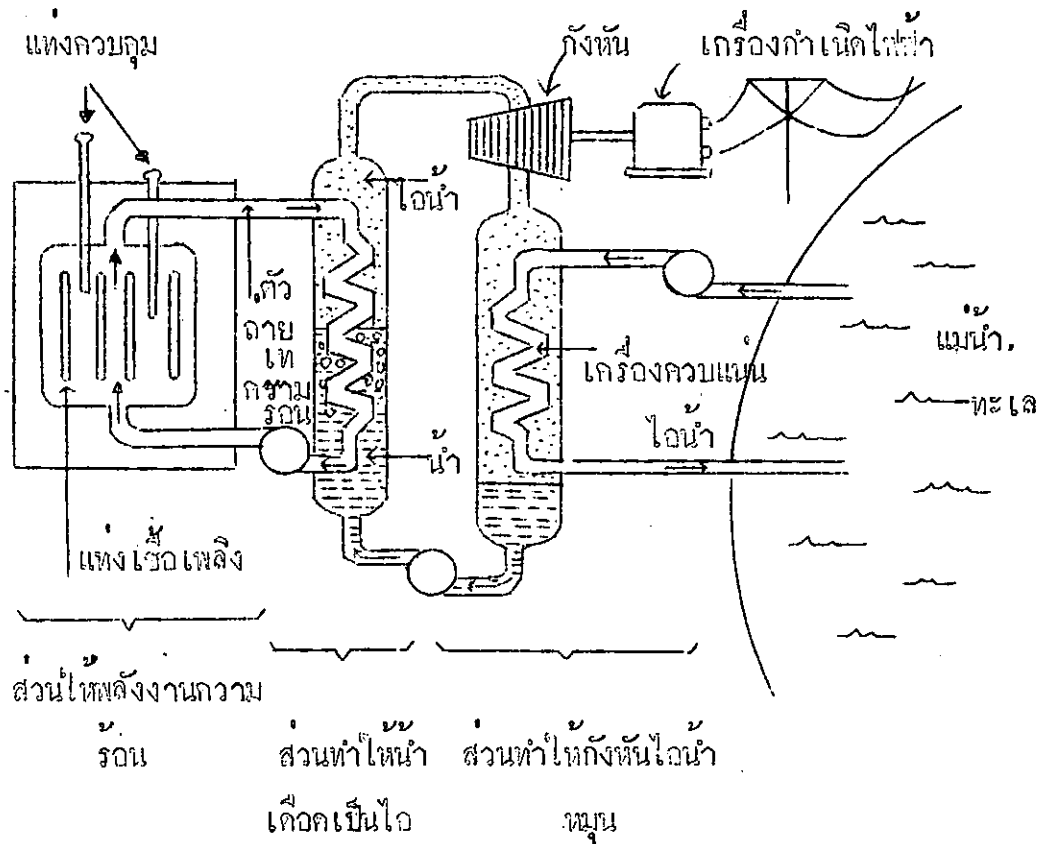
แกมมา
กำแพงหนา

๑๘. นิวตรอนที่ได้มาจากหลังการแตกตัวของยูเรเนียม - ๒๓๕ จะวิ่งไปชน นิวเคลียสของยูเรเนียม - ๒๓๕ ตัวอื่น ๆ ทำให้เกิดการแตกตัวเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ การเกิดปฏิกิริยาแตกตัวต่อเนื่องกันเช่นนี้ เรียกว่าปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction)



ปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) เป็นปฏิกิริยาแตกตัวต่อเนื่องกันของนิวนิวเคลียสของ ซึ่งเกิดจากการวิ่งมาชนของ

๑๘. ให้นักเรียนพิจารณาภาพ การนำความร้อนจากพลังงานนิวเคลียร์ มาใช้ประโยชน์



๒๐. จากภาพเราแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

(๑) คือส่วนที่จ่ายพลังงานความร้อน เราเรียกว่า เตาปฏิกิริยาปรมาณู เป็นส่วนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission) และ จ่ายพลังงานความร้อนออกมา ความร้อนนี้จะถูกถ่ายเทไปยัง ส่วนที่ (๒) ด้วยตัวถ่ายเทพลังงานความร้อน

	ปฏิกิริยาฟิชชันจะเกิดขึ้นภายในเตา และจ่ายพลังงาน ออกมา
ปฏิกิริยาปรมาณู ความร้อน	๒๑. นอกจากเราจะได้พลังงานความร้อนจากเตาปฏิกิริยาปรมาณูแล้ว เรายังได้รังสีแกมมาที่เป็นอันตรายอีกด้วย ดังนั้นโดยรอบเตาปฏิกิริยา ปรมาณู จึงต้องมีการสร้างกำแพงหนา ๆ ป้องกันโดยรอบกำแพงนี้ มักสร้างด้วยคอนกรีตหนา ๆ เราเรียกส่วนป้องกันนี้ว่า Shield Shield ที่ทำหน้าที่ป้องกันรังสีแกมมาจากเตา ปฏิกิริยาปรมาณู ทำมาจาก
คอนกรีต	๒๒. ในเครื่องปฏิกิริยาปรมาณูจะมีแท่งควบคุม (Controlrod) ทำหน้าที่ควบคุมการเกิดฟิชชัน เพื่อจะไม่ให้เกิดขึ้นมากเกินไปหรือน้อยไป หรือต้องการจะหยุดการเกิดฟิชชัน ไม่ให้เครื่องปฏิกิริยาปรมาณูทำงาน ก็ยอมทำได้ แท่งควบคุมมักทำมาจากถ่านจำพวกกราไฟท์ (Graphite) แท่งควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการเกิดปฏิกิริยา ทำมาจาก
ฟิชชัน (Fission) กราไฟท์ (Graphite)	๒๓. ความร้อนจากส่วนที่ (๑) จะถ่ายเทมายังส่วนที่ (๒) ซึ่งเป็น ส่วนที่ทำหน้าที่ต้มน้ำให้เดือดเป็นไอน้ำ แล้วไอน้ำนี้จะถูกทำให้ผ่านกังหัน ไอน้ำ หลังจากนั้นกังหันก็จะหมุน ทำให้เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า หมุนและจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมา เมื่อไอน้ำผ่านกังหันทำให้กังหันหมุน และเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าก็ทำงาน จ่าย ออกมา

กระแสน้ำ

๒๕. ไอน้ำที่ทำให้กังหันไอน้ำหมุนแล้วนี้ จะผ่านไปยังส่วนที่ (๓) ซึ่งเราเรียกว่า เครื่องควบแน่นไอน้ำ มีหน้าที่ทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นน้ำ โดยใช้ความเย็นของน้ำจาก แม่น้ำหรือทะเล โดยสูบเข้ามา ไอน้ำซึ่งยังร้อนอยู่จะถ่ายเทความร้อนให้แล้วมันจะกลั่นตัวเป็นน้ำ แล้วน้ำกลับไปต้มอีกยังส่วนที่ (๒) หมุนเวียนไปเรื่อย ๆ

เครื่องควบแน่นไอน้ำต้องอาศัยความเย็นของน้ำจาก
..... มาทำให้ไอน้ำกลั่นตัว

แม่น้ำหรือทะเล

๒๕. น้ำที่สูบจากแม่น้ำหรือทะเลเข้าไปในเครื่องควบแน่นไอน้ำนี้ ในตอนขาออกมา มันจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในตอนเข้าไป เพราะไอน้ำถ่ายเทความร้อนให้

น้ำที่ออกมา จากเครื่องควบแน่นไอน้ำจะด้วย ความร้อน ให้กับแม่น้ำ หรือทะเลตลอดเวลาเท่าที่เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูทำงาน

ดังนั้น ถ้าเหตุการณ์ผ่านไปนาน ๆ น้ำในแม่น้ำหรือทะเลในบริเวณนั้น จะต้องมียุณหภูมิ เพราะได้รับความร้อนเพิ่มเติมตลอดเวลา

สูงขึ้น

๒๖. ถูกแล้ว น้ำในบริเวณนั้นจะต้องมียุณหภูมิสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำหรือทะเลสูงขึ้น มันจะต้องกระทบกระเทือนต่อ การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ในบริเวณนั้น และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำบางอย่างอาจหายไป อันเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง

การที่น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้มีผลกระทบกระเทือนต่อการ
ดำรงชีวิตของ

สิ่งมีชีวิตในน้ำ

๒๓. สรุปแล้ว อันตรายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้เตาปฏิกรณ์
ปรมาณูจ่ายความร้อนให้ มีอันตรายที่ควรระวัง ๒ ประการด้วยกัน
คือ

๑. รังสีแกมมา

๒. ความร้อนที่ระบายออกมา

ท่านคงยังจำได้ว่า อันตรายที่ได้มาจากรังสี เราป้องกัน
โดยการสร้าง ล้อมรอบ

กำแพงคอนกรีต

๒๔. แหล่งพลังงานที่สามารถแปลงรูปเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้าได้
อีกอย่างคือ พลังงานแสง

พลังงานแสงสามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ โดยใช้
อุปกรณ์ที่เรียกว่า Solar cell (โซลาร์ เซล) ทำจากสาร
กึ่งตัวนำ มีความสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้า

Solar cell ทำมาจาก
สามารถเปลี่ยนพลังงาน ให้เป็น

สารกึ่งตัวนำ
แสง, กระแส
ไฟฟ้า

๒๕. ตัวอย่างของสารกึ่งตัวนำ ที่นำมาใช้ในการทำ Solar cell
เช่น เยอรมันเนียม (Ge) ซิลิคอน (Si) ซีลีเนียม (Se)
 ฯลฯ ส่วนมากเราใช้ ซิลิคอน (Si) เพราะสามารถสกัดออกมา

ได้จากทราย (SiO_2) ซึ่งมีอยู่ทั่วไปบนผิวโลก

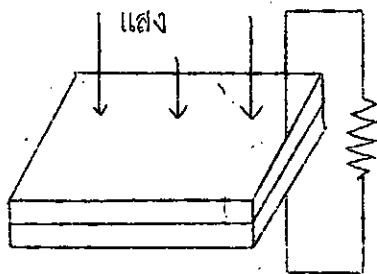
สารกึ่งตัวนำที่ใช้กันมากที่สุดคือ

สาเหตุที่เราใช้สารนี้มาก เพราะสกัดได้จาก

ซึ่งมีเป็นจำนวนมาก

ซิลิคอน
ทราย

๓๐. หลักการของ Solar cell คือนำแผ่นโลหะ กึ่งตัวนำ
๒ แผ่นที่ ต่างชนิดกัน มาประกบติดกัน แล้วปล่อยให้รับแสงสว่าง



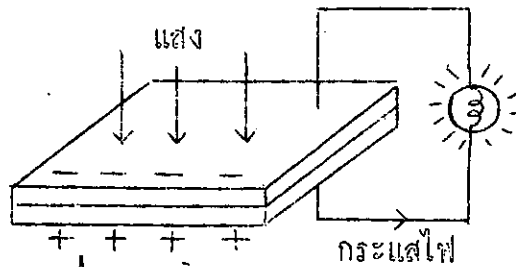
ตัวอย่าง ในรูปแผ่นที่ทำ
หน้าที่ได้รับแสงคือ ซิลิคอน
อบด้วยไอของฟอสฟอรัส
แผ่นล่างที่ไม่ได้รับแสง
คือ ซิลิคอนเจือด้วยโบรอน
เล็กน้อย

หลักการของ Solar cell คือใช้แผ่นโลหะ
..... ๒ แผ่น ที่ ชนิดกัน มาประกบ
ติดกัน

กึ่งตัวนำ
ต่างชนิดกัน

๓๑. เมื่อเรานำโลหะกึ่งตัวนำ ๒ ชนิด มาประกบติดกันแล้ว เมื่อ
ปล่อยให้ถูกแสงสว่าง พลังงานจากแสงจะทำให้ ประจุไฟฟ้าบวกและ
ประจุไฟฟ้าลบ ภายในโลหะแยกกัน ไปอยู่คนละแผ่น

ดังนั้นถ้าเราต่อสายไฟให้มีทางเดินของประจุไฟฟ้า ประจุ
ไฟฟ้าก็จะถ่ายเทไปถึงกันทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในวงจรตามต้องการ



เมื่อแสงมากระทบ Solar cell จะทำให้ประจุไฟฟ้า
..... และประจุไฟฟ้า แยกออกจากกันไปอยู่บน
โลหะคนละแผ่น

มาก, ลม

๓๒. เนื่องจาก Solar cell ต้องการแสงสว่าง ดังนั้นภูมิ-
อากาศที่เหมาะสมสำหรับการใช้ Solar cell จึงควรเป็นสถานที่
ที่มีอากาศสดใสหรือมีแสงสว่างมากหรือมีเมฆน้อย

ภูมิอากาศแถบทะเลทรายศูนย์สูตร มีอากาศสดใส เมฆ
น้อย ดังนั้นการผลิตกระแสไฟฟ้าในเขตนี้ จึงควรใช้
ผลิตกระแสไฟฟ้า

Solar cell

๓๓. ในการส่งยานอวกาศไปโคจรรอบโลกหรือไปในอวกาศเครื่อง
กำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กันมาก คือ Solar cell เพราะสะดวก
ไม่ต้องการอากาศหรือน้ำ มีน้ำหนักเบา และในอวกาศ ก็มีพลังงาน
แสงสว่างจากดวงอาทิตย์มากเพียงพอ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กันมากสำหรับยานอวกาศ คือ
.....

Solar cell

๓๔. พลังงานที่สามารถแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าอีกอย่างคือพลังงานเคมี

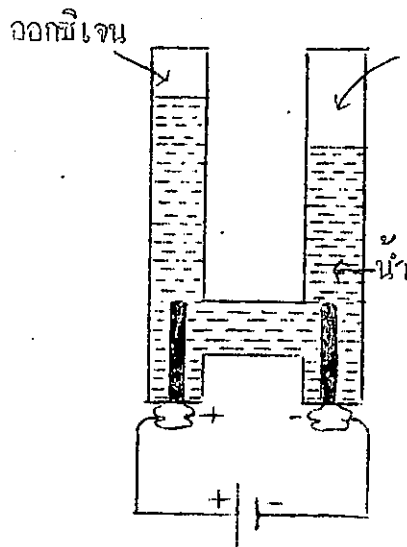
พลังงานเคมีสามารถแปลงรูปเป็นกระแสไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้หลายแบบ เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ Fuel cell สำหรับในตอนนี้เราจะเรียนกันในเรื่อง Fuel cell ก่อน

๓๕. ก่อนจะมาทำความเข้าใจในเรื่องฟิวเอล เซล (Fuel cell) ก็จะขอทบทวนขบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis) เสียก่อน

น้ำ มีสูตรทางเคมีว่า H_2O ประกอบด้วยธาตุ ๒ ชนิดมารวมกัน คือ และ

ไฮโดรเจน
ออกซิเจน

๓๖. ในการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า เราใช้วิธีปล่อยไฟกระแสตรงลงไปในน้ำ



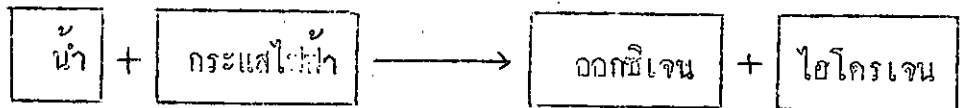
ก๊าซไฮโดรเจนในน้ำจะแยกมาจับที่ขั้วบวก และก๊าซออกซิเจนก็จะแยกมาจับที่ขั้วลบ

กระแสไฟที่เราใช้แยกน้ำด้วยไฟฟ้าต้องเป็นกระแสไฟ และได้ก๊าซออกซิเจนมาจับที่ขั้ว ก๊าซไฮโดรเจนมาจับที่ขั้ว ...

ทรง
ลบ
บวก

๓๗. นั่นคือเราต้องใส่พลังงานไฟฟ้าลงไปในน้ำแล้วได้การออกมาสองชนิด คือ ออกซิเจนและไฮโดรเจน

สมการต่อไปนี้เป็นแนวคิดของการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า
ดังในกรอบ ๓๖ ขอให้นักเรียนพิจารณาเปรียบเทียบกับกรอบที่ ๓๖
ให้



(กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)

๓๘. จากกรอบที่ ๓๗ ถ้าสมมติว่าเราลองทำขบวนการย้อนกลับ โดย
การที่เรานำเอาออกซิเจน และ ไฮโดรเจน มารวมกัน ผลที่ได้
ก็ควรจะเป็นน้ำ พร้อมทั้งกระแสไฟฟ้าออกมาด้วย นี่คือการ
ของฟิวเวลด เซล (Fuel cell) เป็นหลักการย้อนกลับของขบวนการ
Electrolysis

การทำงานของ Fuel cell เรานำเอา
และ มารวมกันทำให้ได้ และ
..... ซึ่งเป็นขบวนการย้อนกลับของขบวนการ
Electrolysis

ออกซิเจน, ไฮโดรเจน ๓๘. ดังนั้น หลักการของ Fuel cell เราก็สามารถนำมาเขียน
น้ำ, กระแสไฟฟ้า เป็นสมการของแนวคิดได้ และจะมีลักษณะคล้าย ๆ กับแนวคิด
ในกรอบที่ ๓๗ เพียงแต่หัวลูกศรย้อนกลับเท่านั้น ดังรูป



(กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)

๔๐. การแปลงรูปจากพลังงานรูปอื่นมาเป็นกระแสไฟฟ้า ยังมีอีกหลายวิธี เช่น การใช้เครื่องยนต์ที่ทำงานจากการเผาไหม้ของน้ำมัน ไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องยนต์ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปมี ๒ ชนิดคือ ธนิกเซลล์ และ ธิคกาซอลีน (เบนซิน)

(กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)

๔๑. การใช้เครื่องยนต์ที่ทำงานจากการเผาไหม้ของน้ำมันไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ นับว่าเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะใช้ง่ายและอันตรายที่ติดตามมามีน้อยหรือเกือบไม่มีเอาเลย แต่อย่างไรก็ตามน้ำมันของโลกไม่ได้มีจำนวนเพิ่มขึ้น มีแต่จะลดลงและคงจะหมดไปในที่สุด ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการชวนขาย หาวีซินผลิตกระแสไฟฟ้าจากวิธีอื่น ๆ ซึ่งวิธีที่จะมาแทนที่นั่นก็ไม่ควรจะ เลวกว่า เดิม เช่น ควรจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย มีอันตรายหรือทำให้สิ่งแวดล้อมกระทบกระเทือนน้อย ซึ่งก็กำลังอยู่ในระหว่างค้นคว้ากันต่อไป

(กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)

ขอแสดงความยินดีในความเพียรพยายามของท่านครั้งนี้
ถ้าท่านยังคงไว้ซึ่งความเพียรไปเช่นนี้เรื่อย ๆ ผลสำเร็จก็จะอยู่ไม่ไกลจากตัวท่านเลย

๔๒. เราเคยเรียนผ่านกันมาแล้วว่าประจุไฟฟ้ามีอยู่ ๒ ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ และคุณสมบัติของประจุไฟฟ้า คือ ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะผลักกันและประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะดูดกัน

คุณสมบัติของประจุไฟฟ้าคือ ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะ ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะ

ผลักกัน

ดูดกัน

๔๓. ตัวอย่าง เช่น

A เป็น ประจุไฟฟ้าบวก

B เป็น ประจุไฟฟ้าลบ

C เป็น ประจุไฟฟ้า

ถ้าเรานำประจุมาอยู่ใกล้กัน ประจุไฟฟ้าที่ผลักกันคือ

A กับ C

ประจุไฟฟ้าที่ดูดกัน คือ A กับ B และ B กับ C

(กรอมนำไปลงการคำตอบ)

๔๔. ถ้า A เป็นประจุไฟฟ้าลบ

B เป็นประจุไฟฟ้าบวก

C เป็นประจุไฟฟ้าลบ

D เป็นประจุไฟฟ้าบวก

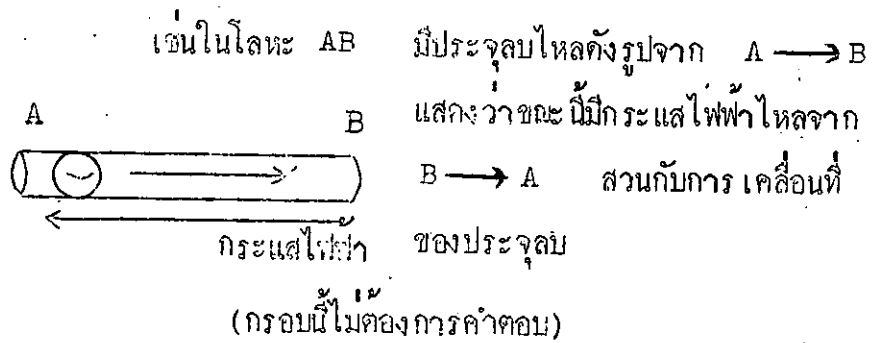
ประจุไฟฟ้าที่ผลักกันคือ

ประจุไฟฟ้าที่ดูดกันคือ

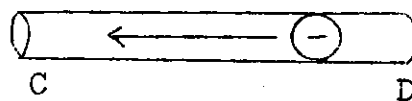
A กับ C, B กับ D

A กับ B, C กับ D

๔๕. กระแสไฟฟ้า เราสมมติให้เป็น การเคลื่อนที่ของ ประจุไฟฟ้าบวก โดยตกลงกันว่า ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า มีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของ ประจุลบ



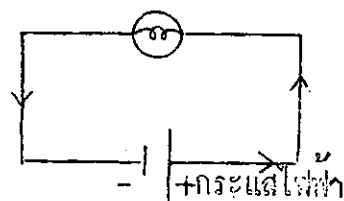
๔๖. ถ้าประจุลบเคลื่อนที่ดังรูป



กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่จาก ไปยัง

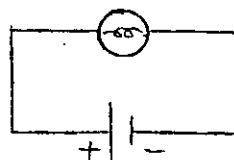
C ไปยัง D

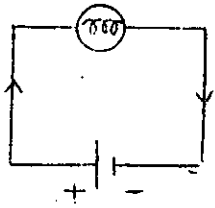
๔๗. กระแสไฟฟ้านำมาซึ่งการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบวก



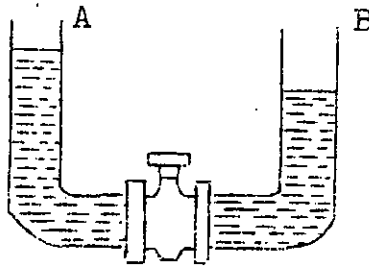
ในวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะไหลออกจากขั้วบวก ผ่านวงจรภายนอก ผ่านตัวนำที่ต่อระหว่างขั้วของแหล่งกำเนิดกระแสไฟ ไปยังขั้วลบ ดังรูป

ท่านจงเขียนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า จากรูป วงจรไฟฟ้าที่กำหนดให้





๔๘. การไหลของกระแสไฟฟ้า เราอาจนำมา เปรียบเทียบได้กับการไหลของกระแสน้ำ ที่ไหลจากที่มีระดับสูงกว่า ไปยังที่มีระดับต่ำกว่าเสมอ



จากภาพ ระดับน้ำในหลอด A สูงกว่าหลอด B ถ้าเราเปิดก๊อกให้น้ำไหลติดต่อกันได้ น้ำจะไหลจากท่อ A มายังท่อ B ทันที

๔๙. การไหลของกระแสไฟฟ้าคล้ายกับการไหลของน้ำตรงที่ว่ากระแสไฟฟ้าจะไหลจากที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า ไปยังที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า

นั่นคือศักย์ไฟฟ้า เปรียบเทียบได้กับระดับของน้ำนั่นเอง เช่น มีกระแสไฟฟ้าไหลจาก A ไปยัง B

A ————— กระแสไฟฟ้า ————— B

แสดงว่าจุด A มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าจุด B

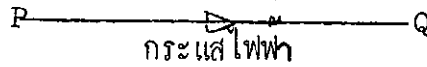
ศักย์ไฟฟ้า เปรียบเทียบได้กับ ของน้ำ

กระแสไฟฟ้าไหลจากที่มี สูงกว่าไปยังที่มี ต่ำกว่า

ระดับ
ศักย์ไฟฟ้า
ศักย์ไฟฟ้า

๕๐. เราได้ข้อสรุปมาจากกรอบที่แล้วว่า กระแสไฟฟ้าไหลจากที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า ไปยังที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า

สมมติมีกระแสไฟฟ้าไหลระหว่างจุดสองจุดดังรูป (จาก P ไป Q)



จุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า คือ

จุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า คือ

P, Q

๕๑. เราเคยผ่านมากในต่อแค้นของบทเรียนว่า ประจุลบมีทิศทางการเคลื่อนที่สวนกับทิศทางของกระแสไฟฟ้า

แต่กระแสไฟฟ้ามีทิศทางการไหลจากที่ที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง ไปยังที่ที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า

ดังนั้น ประจุลบจะต้องมีทิศทางการไหลจากที่ที่มี ไปยังที่ที่มี

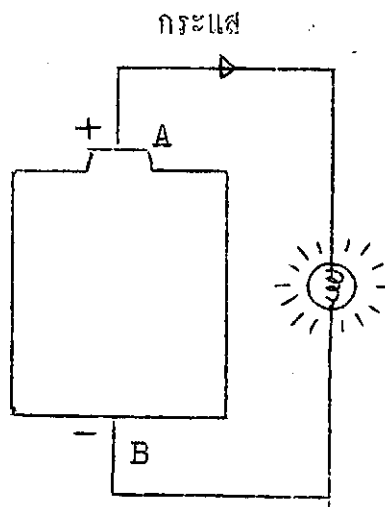
ศักย์ไฟฟ้าต่ำ
ศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า

๕๒. สมมติเกิดฟ้าผ่าขึ้นและเกิดการถ่ายเทประจุลบขึ้นคือ ประจุลบวิ่งจากก้อนเมฆลงสู่พื้นดิน แสดงว่าขณะนั้นก้อนเมฆมีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าพื้นดิน

ในทางตรงกันข้ามถ้าขณะเกิดฟ้าผ่านั้น ประจุลบถ่ายเทจากพื้นดินไปสู่ก้อนเมฆ ก็จะแสดงว่าก้อนเมฆมีศักย์ไฟฟ้า กว่าพื้นดิน

สูงกว่า

๕๓. ถ้าเราต่อหลอดไฟเข้ากับถ่านไฟฉาย หลอดไฟก็จะสว่างได้แสดงว่า เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร



กระแสไฟฟ้าจะไหลจาก
ขั้วบวก (A) ออกสู่สว่างจ
ภายนอกผ่านหลอดไฟไปเข้า
ขั้วลบ (B)

กระแสไฟไหลจาก A
ไปยัง B แสดงว่า จุด A
มีศักย์ไฟฟ้า
กว่าจุด B

สูงกว่า

๕๔. กระแสน้ำจะหยุดไหลก็ต่อเมื่อระดับน้ำเท่ากัน ทำนองเดียวกัน
กระแสไฟฟ้าจะหยุดไหลก็ต่อเมื่อ ศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดเท่ากัน
หรือความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดเท่ากับศูนย์

กระแสไฟฟ้าจะหยุดไหลเมื่อ

.....

ศักย์ไฟฟ้าระหว่าง
จุดสองจุดเท่ากัน

๕๕. หน่วยของศักย์ไฟฟ้าคือ โวลต์ (Volt)

เช่นจุด A มีศักย์ไฟฟ้า ๒ โวลต์

A ————— B จุด B มีศักย์ไฟฟ้า ๔ โวลต์

ความต่างศักย์ระหว่างจุด A และ B = ๔ - ๒ โวลต์

= ๒ โวลต์

ความต่าง ศักย์ไม่เท่ากับศูนย์ ดังนั้นจะ เกิดกระแสไฟฟ้าไหล
ระหว่าง AB โดยกระแสจะไหลจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง คือ B
ไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า คือ A

(กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)

๕๖. ถ้าจุด A มีศักย์ไฟฟ้า ๒ โวลต์ จุด B มีศักย์ไฟฟ้า - ๔
โวลต์

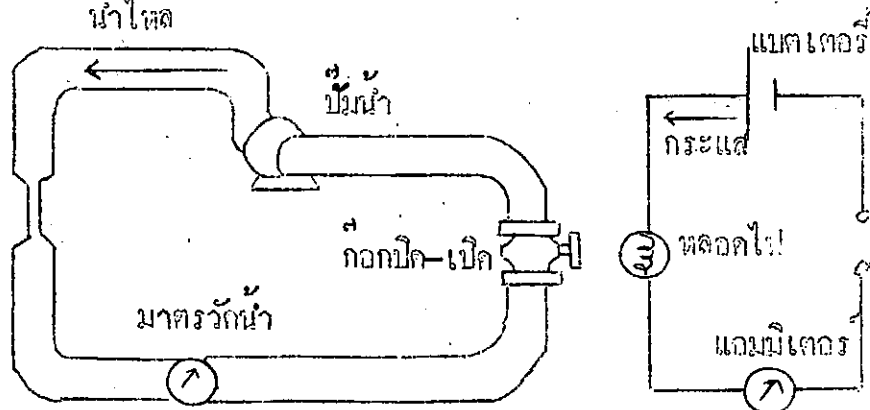
$$\text{ความต่าง ศักย์ระหว่างจุด A และ B} = 2 - (-4) = 2 + 4 = \dots\dots\dots$$

ความต่าง ศักย์ไม่เท่ากับศูนย์ แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลใน
วงจร

กระแสไฟฟ้าจะ ไหลจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงคือ
ไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าคือ

A ไปยัง B

๕๗. ขอให้ให้นักเรียนพิจารณาจากรูปทั้งสองนี้เปรียบเทียบกัน
น้ำไหล

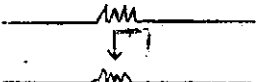
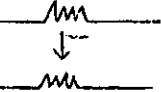


๕๔. หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวมีดังนี้

การปั้มน้ำ	วงจรไฟฟ้า
<u>ปั้มน้ำ</u> - จ่ายพลังงานให้กระแสน้ำเคลื่อนที่	<u>แบตเตอรี่</u> - จ่ายพลังงานให้กระแสไฟเคลื่อนที่
<u>ท่อที่ตีบ</u> - ทำให้กระแสน้ำเดินไม่สะดวก	<u>หลอดไฟ</u> - คำนวณการเดินของกระแสไฟ
<u>มาตรวัดน้ำ</u> - วัดปริมาณน้ำไหลผ่าน	<u>แอมมิเตอร์</u> - วัดปริมาณกระแสไฟในวงจร
<u>ก๊อกปิดเปิด</u> - ปิดเปิดให้น้ำไหล	<u>สวิตช์</u> - ปิดเปิดกระแสไฟในวงจร

๕๕. นักเรียนลองพิจารณาการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวว่ามีส่วนคล้ายคลึงกันอย่างไร และอะไรบางอย่างที่การทำงานคล้ายกัน

ปั้มน้ำ มีการทำงานคล้ายกับ
ท่อที่ตีบ มีการทำงานคล้ายกับ
มาตรวัดน้ำ ทำงานคล้ายกับ
ก๊อกปิดเปิด ทำงานคล้ายกับ

แบตเตอรี่ หลอดไฟ แอมมิเตอร์ สวิตช์	๒๐. หน่วยของกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์ (Ampere) สัญลักษณ์แทนกระแสไฟฟ้าคือ I หรือ i หน่วยของกระแสไฟฟ้าคือ สัญลักษณ์ของกระแสไฟฟ้า คือ
แอมแปร์ I, i	๒๑. ต่อไปเราจะมารู้จักกับหน่วยและสัญลักษณ์ของความต้านทาน ความต้านทานมีหน่วยเป็น โอห์ม หรือเขียนเป็น Ω สัญลักษณ์ ของความต้านทาน  หมายถึง ความต้านทานที่มีค่าคงที่  หมายถึง ความต้านทานที่แปรค่าได้ (กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)
	๒๒. หน่วยของความต้านทาน คือ จงเขียนสัญลักษณ์ของความต้านทาน ความต้านทานที่มีค่าคงที่ ความต้านทานที่แปรค่าได้
โอห์ม, 	๒๓. ความต้านทานในที่นี้หมายถึง ความต้านทานต่อการไหลของกระแส ไฟฟ้า วัตถุใดมีความต้านทานมาก กระแสไฟฟ้าไหลไม่ค่อยสะดวก กระแสไฟฟ้าเดินได้สะดวกในวัตถุที่มีความต้านทานน้อย ๆ เช่น A มีความต้านทาน ๕๐ โอห์ม B มีความต้าน ทาน ๑๐๐๐ โอห์ม กระแสไฟฟ้าจะเดินผ่าน A ได้สะดวกกว่า B

๒๕. ถ้ากำหนดให้วัตถุ A, B, C มีความต้านทานดังนี้

A มีความต้านทาน ๑๐๐ โอห์ม

B มีความต้านทาน ๑๕๐ โอห์ม

C มีความต้านทาน ๕๐ โอห์ม

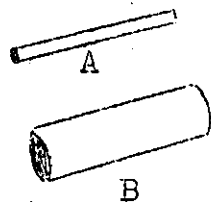
กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ใต้อะลวกที่สุด
และไหลผ่าน ใต้อะลวกที่สุด

C

B

๒๕. จากการทดลองพบว่า วัตถุที่มี พ.ท. หน้าตัดใหญ่ จะมีความต้านทานน้อยกว่า วัตถุที่มี พ.ท. หน้าตัดเล็กกว่า (ความยาวเท่ากัน)

เช่น A, B เป็นวัตถุชนิดเดียวกัน, ยาวเท่ากัน

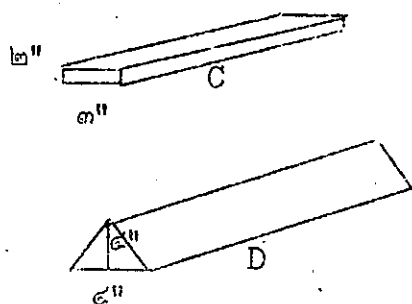


(ส่วนแฉะเงาคือ พ.ท. หน้าตัด)

B มี พ.ท. หน้าตัดใหญ่กว่า A ดังนั้น

B จะมีความต้านทานน้อยกว่า A

๒๖. จงพิจารณาว่า C, D ในรูป อะไรมีความต้านทานมากกว่ากัน



$$(\text{พ.ท. } \triangle = \frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง})$$

$$\text{พ.ท. } \square = \text{ฐาน} \times \text{สูง}$$

พ.ท. หน้าตัดของ C =

..... ตารางนิ้ว

พ.ท. หน้าตัดของ D =

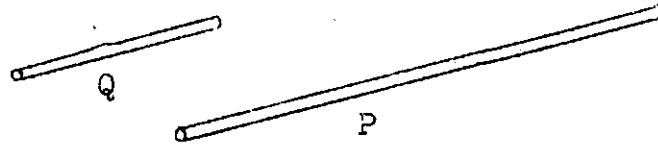
..... ตารางนิ้ว

..... มีความต้านทานมากกว่า

๖
๘
C,D

๖๗. นอกจากนี้ยังทดลองพบอีกว่า วัตถุที่ยาวกว่าจะมีความต้านทาน
มากกว่า วัตถุที่สั้นกว่า

ดังตัวอย่าง P, Q เป็นวัตถุชนิดเดียวกัน พ.ท. หน้า
ตัดเท่ากัน แต่ยาวไม่เท่ากัน คือ P ยาวกว่า Q



ดังนั้น มีความต้านมากกว่า

P, Q

๖๘. ในกรณีของวัตถุที่เป็นชนิดเดียวกัน แต่ความยาวไม่เท่ากัน
และ พ.ท. หน้าตัดไม่เท่ากัน ด้วยนี้ เรามีวิธีเปรียบเทียบกัน
โดยการหาอัตราส่วนระหว่าง ความยาวของวัตถุต่อ พ.ท. หน้าตัด
แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน

เช่น วัตถุ A มี พ.ท. หน้าตัด = ๔ ตารางนิ้ว ยาว ๘ นิ้ว

$$\frac{\text{ความยาว}}{\text{พ.ท. หน้าตัด}} = \frac{8}{4} = \dots\dots\dots$$

๒

๖๙. ถ้า B มี พ.ท. หน้าตัด ๙ ตารางนิ้ว ยาว ๒๑ นิ้ว

$$\therefore \frac{\text{ความยาว}}{\text{พ.ท. หน้าตัด}} = \frac{21}{9} = \dots\dots\dots$$

๓

๓๐. อัตราส่วนของความยาวต่อ พ.ท. หน้าตัดของ A = ๒

B = ๓

ดังนั้น เราก็คงสรุปได้ว่า B มีความต้านทานมากกว่า A
 เพราะอัตราส่วนของความยาวต่อ พ.ท. หน้าตัดของ B มากกว่า A

๓๑. ท่านควรคำนึงว่า เราจะเปรียบเทียบกันแบบนี้ได้ก็ต่อเมื่อวัตถุ
 ทั้งสองเป็นวัตถุชนิดเดียวกันเท่านั้น ถ้าเป็นวัตถุคนละชนิดจะเปรียบเทียบ
 กันไม่ได้

ถ้า P มี พ.ส. หน้าตัด ๘ ตารางนิ้ว ยาว ๓๐ นิ้ว

$\frac{\text{ความยาว}}{\text{พ.ท. หน้าตัด}} = \dots\dots\dots$

Q มี พ.ท. หน้าตัด ๓ ตารางนิ้ว ยาว ๑๑ นิ้ว

$\frac{\text{ความยาว}}{\text{พ.ท. หน้าตัด}} = \dots\dots\dots$

๓. ๓๕

๓. ๒๙

๓๒. จากกรอบที่ ๓๑ เราจะสรุปได้ว่า

..... มีความต้านทานมากกว่า

เพราะอัตราส่วนของ ต่อ

ของ มากกว่า

P, Q

ความยาว

พ.ท. หน้าตัด

P

Q

๗๓. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความต้านทานอีกอย่างคือ ชนิดของวัตถุ

วัตถุแต่ละชนิดจะมีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าไม่เท่ากัน
วัตถุต่อไปนี้ในตารางได้เรียงลำดับความต้านทานไว้แล้วตั้งแต่น้อย
ไปหามาก

โลหะ (ยาว ๑๐๐ เมตร หน้า ๒.๕ มิลลิเมตร)	ความต้านทานไฟฟ้า (Ω)
เงิน	๐.๓๑๐
ทองแดง	๐.๓๒๘
ทอง	๐.๔๖๔
อลูมิเนียม	๐.๕๓๘
สังกะสี	๑.๐๕๐
นิกเกิล	๑.๔๘๐
เหล็ก	๑.๕๐๐
ตะกั่ว	๒.๑๕๐

๗๔. นักเรียนลองเรียงลำดับความต้านทานของวัตถุต่อไปนี้ตามลำดับ
จากน้อยไปมาก

นิกเกิล, อลูมิเนียม, ตะกั่ว, ทอง, ทองแดง, เงิน

.....

เงิน, ทอง แพง
ทอง, อลูมิเนียม
นิเกิล, คีมุก

๘๕. สายไฟที่ใช้ตามบ้านโดยมาก เราใช้สายทองแดง เพราะจัดอยู่ในจำพวกที่มีความต้านทานน้อยและราคาถูก

สำหรับสายไฟซึ่งพวกตามเสาโครงเหล็กสูง ๆ เป็นสายไฟแรงสูง และสายไฟพวกนี้ต้องมีน้ำหนักเบา เพื่อไม่ให้เสาต้องรับน้ำหนักมากเกินไป โดยทั่วไปจึงใช้อลูมิเนียมทำสายไฟประเภทนี้ เพราะมีน้ำหนักเบากว่าทองแดง

๘๖. สายไฟที่ใช้เดินตามบ้าน ทำด้วยโลหะประเภท
เพราะมีความต้านทาน และราคา

สายไฟซึ่งพวกตามเสาโครงเหล็กสูง ๆ ทำด้วยโลหะ
ประเภท เพราะมีน้ำหนัก

ทองแดง, น้อย
ถูก
อลูมิเนียม, เบา

๘๗. องค์ประกอบประการสุดท้ายที่มีผลต่อความต้านทานของวัตถุ คือ อุณหภูมิ

จากการทดลองพบว่า

วัตถุพวกโลหะบริสุทธิ์ เช่น เงิน ทองแดง ทอง ฯลฯ ความ
ต้านทานจะเพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่ม เมื่ออุณหภูมิลด ความ
ต้านทานจะลด

ฉนวน เช่น โปลิสีน ยาง ฯลฯ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มความต้านทาน
จะลด

โลหะผสม เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน ความต้านทานจะไม่ค่อยเปลี่ยน

	๓๘. จากกรอบที่ ๓๗ เราสรุปได้ว่า พวกที่<u>อุณหภูมิเปลี่ยนแล้ว</u> ความ<u>ต้านทานเปลี่ยนด้วย</u> คือ และ พวกที่<u>อุณหภูมิเปลี่ยนแล้ว</u>ความ<u>ต้านทานไม่เปลี่ยน</u> คือ
โลหะบริสุทธิ์, ฉนวน โลหะผสม	๓๙. ฉนวนมีการ เปลี่ยนแปลงความต้านทานต่างจากโลหะบริสุทธิ์ คือ ฉนวนเมื่ออุณหภูมิเพิ่มความต้านทานจะ แต่โลหะบริสุทธิ์ เมื่ออุณหภูมิเพิ่ม ความต้านทานจะ
ลค เพิ่ม	๔๐. เราทดลองสรุปอิทธิพลที่มีต่อความต้านทานของวัตถุตั้งแตกรอบที่ ๒๕ มาถึงกรอบที่ ๓๗ เราจะได้ว่าสิ่งที่มีอิทธิพลต่อความต้านทาน คือ ๑. <u>พ. ท. หนา</u> ถ้ามากความต้านทานก็<u>น้อย</u> ถ้า<u>น้อย</u> . ความต้านทานก็<u>มาก</u> ๒. <u>ความยาว</u> ถ้ามาก ความต้านทานก็<u>มาก</u> ถ้า<u>น้อย</u> ความต้านทานก็<u>น้อย</u> ๓. <u>ชนิดของวัตถุ</u> แล้วแลชนิดของวัตถุ ๔. <u>อุณหภูมิ</u>

๔๑. นักเรียนลองสรุปอีกครั้งถึงอิทธิพลที่มีต่อความต้านทานของวัตถุ

๑.
๒.
๓.
๔.

๑. พ.ท. หน้าตัด
๒. ความยาว
๓. ชนิดของวัตถุ
๔. อุณหภูมิ

เอาละท่านมีความเชี่ยวชาญในการเรียนแบบนี้ขึ้นพอสมควรแล้วใช่ไหม ท่านคงจะรู้สึกว่ามันง่ายเลย ท่านสามารถทำได้สบาย ต่อไปท่านก็จะรู้สึกว่ามันง่ายขึ้นตามลำดับ จนท่านแปลกใจในความสามารถของตัวเองทีเดียว.

๔๒. ครั้งที่แล้วเราได้เรียนกันในเรื่อง เกี่ยวกับการแปลงรูปพลังงานต่าง ๆ มาเป็นกระแสไฟฟ้า

ในชั่วโมงนี้เราจะเรียนกันในเรื่องการแปลงรูปจากพลังงานเคมีมาเป็นกระแสไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ ที่เรียกว่า เซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย หรือ Voltaic cell

(กรอบนี้ไม่ต้อง การคำตอบ)

๔๓. ก่อนที่จะเรียนกันว่า การแปลงรูปของพลังงานเคมีเป็นกระแสไฟฟ้านั้น มีลักษณะเป็นอย่างไร เราควรจะต้องรู้จักศัพท์บางตัวในการอธิบายปฏิกิริยาทางเคมีเสียก่อน

คำแรกที่เราควรจะต้องรู้จักคือ

อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ เช่น

สารละลายของ H_2SO_4 (dil) (กรดกำมะถันเจือจาง)

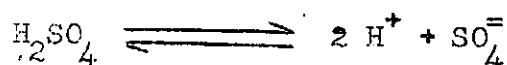
สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ เราเรียกว่า

อิเล็กโทรไลต์
(Electrolyte)

๔๔. และที่เราควรจะต้องรู้ก็คือ

H_2SO_4 (dil) เป็นสารละลายของกรดกำมะถันเจือจาง
เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวเป็นไอออน (Ion)

Ionization คือขบวนการแตกตัวออกเป็นประจุไฟฟ้า หรือเป็นไอออน (Ion) เช่นในกรณีของ H_2SO_4 (dil) เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวดังนี้

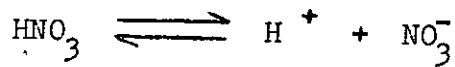


หรือ กรดกำมะถันเจือจาง $\rightleftharpoons$ ไฮโดรเจน (ประจุบวก)

อนุมูลซัลเฟต (ประจุลบ)

(เครื่องหมาย $\rightleftharpoons$ หมายความว่าปฏิกิริยามีทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับ)

๔๕. ตัวอย่างของการเกิด Ionization อื่น ๆ เช่น กรดของกรดดินประสิว



กรดดินประสิว $\rightleftharpoons$ ไฮโดรเจน (ประจุบวก) + อนุมูลไนเตรต (ประจุลบ)



$2\text{H}^+, \text{SO}_4^{2-}$

๔๗. Ionization คือ ขบวนการแตกตัวออกเป็น $\dots\dots\dots$
หรือ $\dots\dots\dots$ (ย้อนกลับไปดูในกรอบที่ ๔๕)

ประจุไฟฟ้า
ไอออน

๔๘. เซลไฟฟ้าอย่างง่ายหรือ Voltaic cell ที่เรากำลังเรียนจะเป็นเพียงแบบหนึ่งเท่านั้น

ลักษณะของเซลล์ไฟฟ้า คือ ใช้สารละลายของ $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{dil})$ เป็นอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) และใช้โลหะสองชนิด คือ ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ทำขั้วไฟฟ้า

เราให้สารละลายของ ทำหน้าที่เป็น

Electrolyte

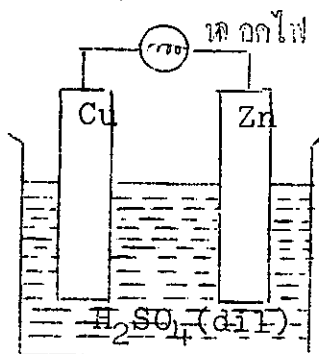
โลหะที่ใช้ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าคือ และ

.....

H_2SO_4 (dil)

Cu, Zn

๔๘. ลักษณะของ เซลไฟฟ้าอย่างง่ายควรจะมีรูปร่างดังรูป



แผ่นโลหะทั้งสอง จุ่มอยู่ใน
สารละลายของ H_2SO_4
(dil) ต่อสายไฟต่อไป
ยัง เครื่องใช้ไฟฟ้าภายนอก
อาจ เป็นหลอดไฟหรืออย่าง
อื่นก็ได้

๔๙. เมื่อเราต่อสายไฟโยงระหว่างทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) จะปรากฏว่าหลอดไฟสว่างขึ้น แสดงว่ามีกระแสไฟไหล การที่เกิดกระแสไฟในวงจรแสดงว่า เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างสังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) หรือสังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) มีประจุไฟฟ้าแตกต่างกัน

การเกิดกระแสไฟในวงจรแสดงว่า Zn และ Cu มี
ประจุ แตกต่างกัน หรือเกิดความต่างศักย์
ขึ้นระหว่าง.....กับ.....

ประจุไฟฟ้า
ห้องแคต
สัณกะสี

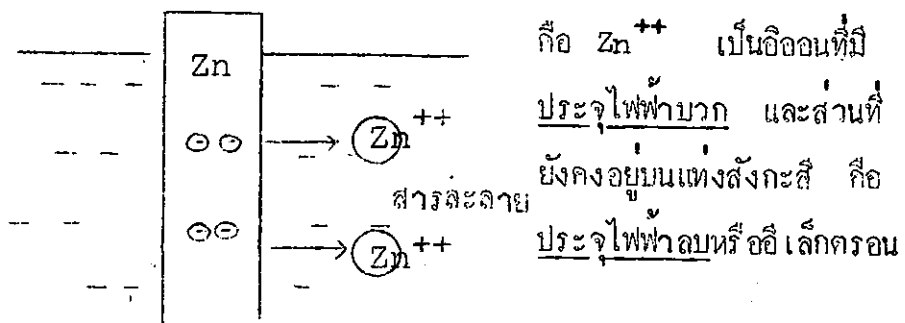
๕๑. เราควรทราบสถานการณ์ที่เกิดขึ้นที่ผิวของโลหะที่จุ่มในสารละลาย
ก่อนต่อสายไฟเชื่อมโยงถึงกัน

อะตอมของโลหะทุกชนิด มีความโน้มเอียงที่จะให้อิเล็กตรอน
แล้วเปลี่ยนเป็นไอออนบวกเสมอ แต่ความสามารถที่จะให้อิเล็กตรอนมี
มีมากน้อยไม่เท่ากัน

เมื่ออะตอมของโลหะ ให้อิเล็กตรอนแล้วอะตอมจะเปลี่ยน
เป็น

ไอออนบวก

๕๒. เมื่อเราจุ่มสังกะสี (Zn) ลงไปในสารละลาย อะตอมบาง
อะตอมบนผิวสังกะสีจะหลุดออกมา และทิ้งอิเล็กตรอน (ประจุไฟฟ้าลบ)
ไว้บนแท่งสังกะสีเกิดอะตอมที่หลุดออกมานั้น



สังกะสี (Zn) เมื่ออยู่ในสารละลาย ส่วนที่หลุดออกไป คือ
..... เป็นประจุไฟฟ้า และส่วนที่ยังคง
อยู่บนแท่งสังกะสี (Zn) เกิด คือ ประจุไฟฟ้า

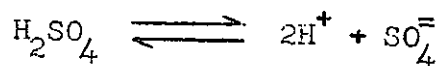
Zn^{++}
บวก
ลบ

๕๓. ขอให้นักเรียนจำไว้ให้ได้ว่า เมื่อจุ่มสังกะสีลงในสารละลาย
ส่วนที่หลุดออกมา คือ ประจุบวก หึ่งส่วนที่เป็นประจุลบไว้

ต่อมาเราจะพิจารณาส่วนที่เป็นสารละลาย หรือ Electrolyte
บาง

Electrolyte ที่เราใช้ คือ สารละลายของ H_2SO_4
(dil) ซึ่งจะแตกตัวเมื่ออยู่ในน้ำ

๔๔. การแตกตัวของ H_2SO_4 จะแตกตัวออกเป็นสองส่วนคือ
ประจุบวกและประจุลบ หรือเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ดังนี้

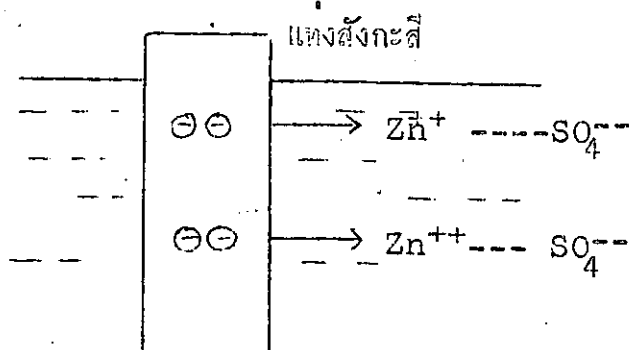


โดยมี H^+ เป็น ไอออนบวก และ อนุมูลซัลเฟต (SO_4^{--})
เป็นไอออนลบ

เมื่อ $H_2SO_4(dil)$ แตกตัว ส่วนที่เป็นไอออนบวกคือ
และส่วนที่เป็นไอออนลบ คือ

H^+, SO_4^{--}

๔๕. ไอออนบวกของสังกะสี (Zn^{++}) ที่หลุดออกมาจะทำปฏิกิริยา
กับอนุมูลซัลเฟต (SO_4^{--}) ซึ่งมีประจุลบ เพราะมันมีประจุตรงกันข้าม
กัน เมื่อทำปฏิกิริยากันแล้วจะได้ $ZnSO_4$ (ซิงค์ซัลเฟต) ซึ่ง
เป็นกลาง



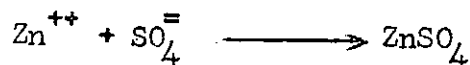
เมื่อจุ่มสังกะสีลงใน Electrolyte ส่วนที่หลุดออกไป
คือ มีประจุ และส่วนนี้จะไปทำปฏิกิริยา
กับ ได้เป็น

 Zn^{++}

บวก

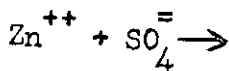
 SO_4^{--}
 ZnSO_4

๕๖. ปฏิกิริยาการรวมตัวระหว่างไอออนบวกของสังกะสี (Zn^{++})
และอนุมูลซัลเฟต (SO_4^{--}) จะเป็นดังนี้



ท่านลอง เขียนปฏิกิริยาการรวมตัวระหว่างไอออนบวกของ
สังกะสี (Zn^{++}) กับอนุมูลซัลเฟต (SO_4^{--}) ซึ่งมีไอออนลบ

.....


 ZnSO_4

๕๗. เป็นอันว่าเราได้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อจุ่มสังกะสี (Zn) ลงไปใน
สารละลายครบแล้ว การเกิดปฏิกิริยาสรุปได้ดังนี้

๑. สารละลายของ H_2SO_4 (dil) แตกตัวออกเป็น
ประจุบวกและประจุลบ

๒. สังกะสีไอออนบวก (Zn^{++}) หลุดออกมาจากแท่ง
สังกะสีและทิ้งประจุลบไว้ในแท่งสังกะสีเดิม

๓. สังกะสีไอออนบวก (Zn^{++}) มาทำปฏิกิริยากับ SO_4^{--}
ซึ่งแตกตัวมาจาก H_2SO_4 (dil) ทำปฏิกิริยาแล้วได้ ZnSO_4
(ซิงค์ซัลเฟต)

๘๘. นักเรียนลองสรุปปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอีกครั้ง

๑. สารละลาย $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{dil})$ จะแตกตัวออกเป็น

..... และ

๒. สังกะสี (Zn) เมื่อจุ่มลงไปในการละลาย ส่วนที่หลุดออกไปคือ และส่วนที่ยังอยู่คือ

๓. Zn^{++} ทำปฏิกิริยากับ SO_4^{--} แล้วได้เป็น

.....

อื้ออวนมากและ

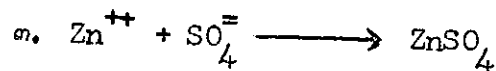
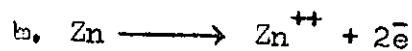
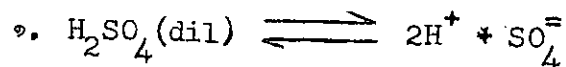
อื้ออวนลบ

ประจุลบ

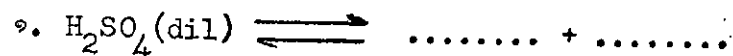
Zn^{++}

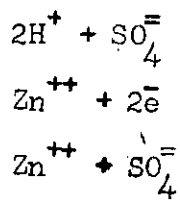
ZnSO_4

๘๙. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เราสามารถจะเขียนเป็นสมการได้ตามลำดับดังนี้



๙๐๐. ท่านลองพิจารณาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่แผ่นสังกะสีแล้วเขียนสมการสรุปปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นตามลำดับ



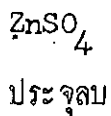


๑๐๑. เป็นอันว่าหลังจากทำปฏิกิริยาไปสักพัก สิ่งที่ได้มา คือ
ที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และขณะเดียวกัน ประจุลบก็จะถูกทิ้งไว้ในแท่ง
สังกะสี (Zn) เพิ่มขึ้น

หลังจากปฏิกิริยาผ่านไปสิ่งที่ได้เพิ่มมาคือ

๑.

๒. ในแผ่น Zn



๑๐๒. ต่อไปเราจะพิจารณาที่แผ่นทองแดง (Cu) บ้าง
ทองแดง (Cu) เป็นโลหะ และได้เคยกล่าวมาแล้วว่า
โลหะทุกชนิด เมื่อใส่ลงไปในสารละลายก็จะมีแนวโน้มที่จะให้ประจุบวก
โดยทิ้งประจุลบไว้ แต่ความสามารถในการให้ประจุบวกไม่เท่ากันใน
โลหะแต่ละชนิด

โลหะทุกชนิด เมื่อจุ่มลงในสารละลายย่อมมีแนวโน้มที่จะให้
ประจุ โดยทิ้งประจุ ไว้ แต่
ความสามารถในการให้ในปลายแต่ละชนิด

บวก, ลบ
ไม่เท่ากัน

๑๐๓. เนื่องจากทองแดงเป็นโลหะ ดังนั้นเมื่อเราจุ่มทองแดงลงไป
ในสารละลายของ $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{dil})$ ทองแดงก็ย่อมจะให้ไอออน
บวกหลุดออกมา และทิ้งประจุลบไว้เช่นเดียวกับสังกะสี (Zn)
แต่ความสามารถในการให้อิออนบวกของทองแดง (Cu) น้อยกว่าสังกะสี
มาก

ความสามารถในการให้อิออนบวกของทองแดง (Cu) เท่า
จากสังกะสี (Zn) คือ ความสามารถในการให้อิออนบวกของ
..... น้อยกว่า

ทองแดง, สังกะสี

๑๐๔. เพื่อความสะดวก เราตีประมาณว่า ๆ ว่า ทองแดงไม่ให้
อิออนบวกออกมาเลย เมื่อเทียบกับสังกะสี

เมื่อเราประมาณว่าทองแดง (Cu) ไม่ให้อิออนบวกหลุด
ออกมาก็ย่อมหมายถึงว่า ประจุลบและประจุบวกในแท่งทองแดงยังจับคู่
แบบเดิม ไม่แยกออกจากกันแบบสังกะสี

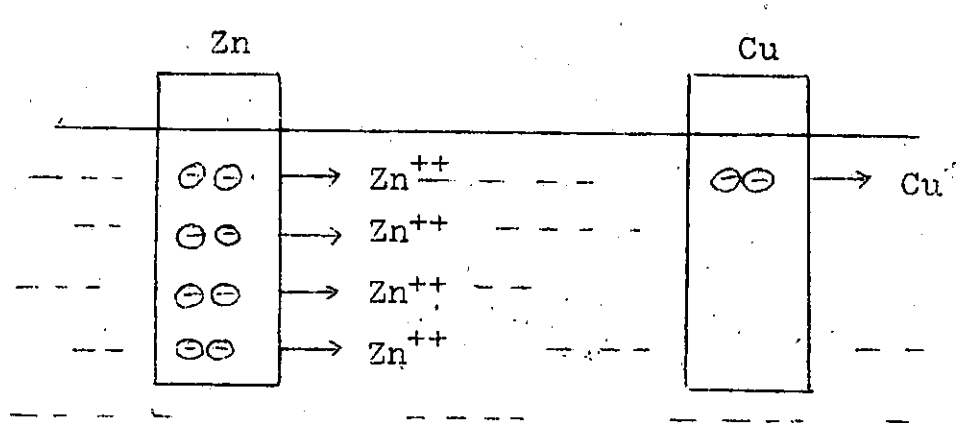
เมื่อจุ่มทองแดงลงในสารละลาย ประจุลบและประจุบวก
มีการเปลี่ยนแปลงแยกจากกันหรือไม่

ไม่แยกจากกัน

๑๐๕. ถูกแล้ว เราประมาณว่ามันไม่เปลี่ยนแปลง ไม่แยกจากกันเมื่อ
เทียบกับสังกะสี ดังนั้นในแท่งทองแดงจึงไม่มีประจุลบที่ถูกทิ้งไว้เท่า
แท่งสังกะสี จึงตารางเปรียบเทียบ

สังกะสี	ทองแดง
เมื่อจุ่มลงในสารละลายจะมีอิออนบวก (Zn^{++}) แยกออกมาและ <u>เหลือประจุลบไว้ในแท่งสังกะสีเป็นจำนวนมาก</u>	เมื่อจุ่มลงในสารละลายอิออนบวกของทองแดง (Cu^{++}) จะแยกออกมาน้อยมาก และทำให้ <u>เหลือประจุลบทิ้งไว้น้อยกว่าสังกะสี</u>

๑๐๖. รูปภาพเปรียบเทียบความคิด เมื่อจุ่มสังกะสีและทองแดงลงไป
ในสารละลายของ $H_2SO_4(dil)$



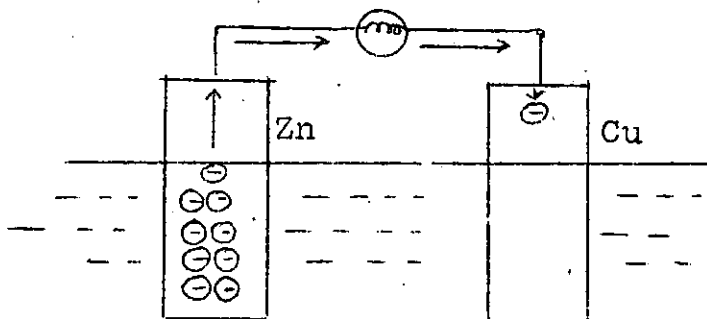
ปริมาณที่ Zn^{++} แยกออกมาจาก Zn มีมากกว่าที่
 Cu^{++} แยกออกมาจาก Cu มาก

๑๐๓. ดังนั้นถ้าเราเปรียบเทียบกันแล้ว ในแผ่น Zn จะมีประจุลบมากกว่าแผ่น Cu ประจุลบเหล่านี้คือประจุลบที่ถูกทิ้งไว้ เมื่อ Zn^{++} แยกออกไปนั่นเอง

ปริมาณประจุลบที่ถูกทิ้งไว้ในแผ่นโลหะทั้งสองนั้นมีไม่เท่ากัน
 โดยประจุลบถูกทิ้งไว้ใน มากกว่า

Zn, Cu

๑๐๔. ดังนั้น ถ้าเราต่อสายไฟระหว่างทองแดงกับสังกะสี ประจุลบจากสังกะสีก็จะไหลถ่ายเทไปยังทองแดง โดยผ่านทางสายไฟ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นทันที



ถ้าเราต่อสายไฟระหว่างสังกะสีกับทองแดง ประจุลบจะวิ่ง
จาก ไปยัง

สังกะสี
ทองแดง

๑๐๘. ประจุลบวิ่งออกจากสังกะสี ผ่านหลอดไฟไปยังทองแดง สังกะสี
จึงเป็นขั้วลบ ส่วนทองแดงเป็นขั้วบวกของวงจร

เซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย ขั้วลบ คือ (โลหะ)

ขั้วบวกคือ (โลหะ)

Zn, Cu

๑๑๐. เมื่อมาถึงขั้นนี้ เราได้กระแสไฟฟ้าในวงจร เซลล์ไฟฟ้าทำงาน
แล้วตามความต้องการ

กระแสไฟฟ้าจะไหลตรงกันข้ามกับประจุลบ จากกรอบที่ ๑๐๘
เราได้ว่าประจุลบไหลจากสังกะสีไปทองแดง

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าไหลจาก ไปยัง

Cu, Zn

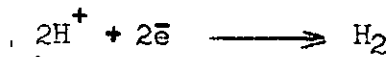
๑๑๑. เมื่อประจุลบไหลถ่ายเทจากสังกะสีไปทองแดงนั้นเอง ไฮโดรเจน
อ็อกไซด์ (H^+) ก็จะมาจับประจุลบที่แท่งทองแดงต่อไป เพราะ
ประจุตรงข้ามกัน

ประจุลบในแท่งทองแดงที่ไหลถ่ายเทมาจากสังกะสีนั้น จะมี
..... มารับไปเพราะมีประจุตรงข้ามกัน

H^+

๑๑๒. ไฮโดรเจนอ็อกไซด์ (H^+) เมื่อมารวมกับประจุลบที่แท่งทอง
แดง มันก็จะเปลี่ยนสภาพจากอ็อกไซด์หรือจากสภาพประจุไฟฟ้าไปเป็นกลาง

ทันที ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้เป็น



ไฮโดรเจนประจุไฟฟ้าบวก + ประจุลบ (อิเล็กตรอน) $\longrightarrow$
 ก๊าซไฮโดรเจน (เป็นกลาง)

ไฮโดรเจนอออนบวก (H^+) เมื่อรวมกับประจุลบที่แท่งทองแดง
 จะเปลี่ยนจาก ไปเป็น

อออนบวก
 กลาง

๑๑๓. ไฮโดรเจนที่เป็นกลาง (H_2) นี่ก็คือ ก๊าซไฮโดรเจน
 นั่นเอง ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นนี้จะจับเป็นฟอง โดยรอบแท่งทองแดง
 ปรากฏการณ์ที่ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) มาจับเป็นฟอง
 เกาะโดยรอบแท่งทองแดงนี้เราเรียกว่า ปรากฏการณ์ โพลาริเซชัน
 (Polarisation)

Polarisation หมายถึง ปรากฏการณ์ที่
 มาจับเป็นฟองเกาะโดยรอบ

ก๊าซไฮโดรเจน
 (H_2)
 แท่งทองแดง

๑๑๔. เมื่อก๊าซไฮโดรเจน (H_2) มาจับโดยรอบแท่งทองแดงทำให้
 เกิดปรากฏการณ์ Polarisation เสียแล้วเช่นนี้ ย่อมมีผลกระท
 เทือนต่อเซลล์ไฟฟ้าทันที

นั่นคือ เมื่อเกิดฟองก๊าซหุ้มรอบแท่งทองแดงเสียแล้วทำให้
 ขั้วขวางไฮโดรเจนอออนบวก (H^+) ซึ่งจะมารับประจุลบที่แท่ง
ทองแดงที่มาจากหลังก็ไม่สามารถเข้าไปถึงแท่งทองแดงได้

ผลจาก Polarisation ทำให้ H^+ ไม่สามารถ
 มารับประจุ ที่

ลบ. แท่งทอง แดง	๑๑๕. เมื่อประจุลบที่แท่งทองแดงไม่มี H^+ มารับ หรือไม่มีทางระบายออกเช่นนี้ จำนวนประจุลบในแท่งทองแดงก็จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดจะมีจำนวนใกล้เคียงกับประจุลบในแท่งสังกะสี ประจุลบในแท่งทองแดงจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับปริมาณประจุลบในสังกะสีเพราะ ไม่มี มากอรับประจุลบออกไปจากแท่งทองแดง
H^+	๑๑๖. เมื่อประจุลบในแท่งทองแดงมีปริมาณใกล้เคียงกับประจุลบในแท่งสังกะสีแล้ว ปริมาณประจุลบจากสังกะสีที่จะไหลถ่ายเทไปยังแท่งทองแดงก็จะเริ่มลดน้อย ทำให้กระแสไฟไหลน้อยลง ผลของ Polarisation ทำให้ปริมาณกระแสไฟลดลง เพราะประจุลบในแท่งทองแดงและสังกะสีมีปริมาณ
ใกล้เคียงกัน	๑๑๗. เมื่อกระแสไฟลดลง เช่นนี้เราก็ต้องแก้ไขเสียให้ดีขึ้น การแก้ไขเราอาจทำง่าย ๆ โดยการนำแท่งทองแดงมาแช่ ฟองก๊าซ H_2 ออกให้สะอาด กระแสไฟก็จะไหลดีขึ้น เราจะแก้การเกิด Polarisation ใน Voltaic cell นี้โดยการ
แช่ฟองก๊าซ H_2 บนแท่งทองแดงให้หมด	๑๑๘. ในเซลล์ไฟฟ้าแบบอื่น ๆ การแก้ไขปรากฏการณ์ Polarisation อาจจะไม่สามารถทำได้ด้วยวิธีการง่าย ๆ ดังกล่าว ดังนั้นเราจึงต้องใช้วิธีเติมสารบางอย่างเข้าไปให้ทำหน้าที่ขจัดฟองก๊าซ H_2 ที่เกิดขึ้น สารที่เติมเข้าไปนี้เราเรียกว่า ดีโพลาไรเซอร์ (Depolariser)

สาร Depolariser มีหน้าที่ ชัก
 ที่เกิดขึ้นที่แท่ง

ฟองก๊าซ H_2
 ทองแดง

๑๑๘. ในการชักฟองก๊าซ H_2 นี้ ใ้หลักที่ว่า ให้สาร Depolariser
 นี้ ไปรวมตัวกับ H_2 ทำให้เกิดน้ำ (H_2O)

สาร Depolariser เมื่อรวมตัวกับ H_2 ผลที่ได้คือ

H_2O

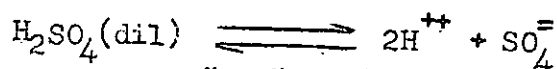
๑๒๐. ตัวอย่างของสาร Depolariser เช่น มังกานีสไดออกไซด์
 (MnO_2) จะเห็นว่าจะต้องประกบด้วย Oxygen เพื่อที่จะ
 ไปรวมกับ ก๊าซ H_2 แล้วจะได้เกิดเป็นน้ำ (H_2O) ตามต้องการ
 ดังนั้น โดยทั่วไปส่วนประกอบที่สำคัญของสาร Depolariser
 คือ สารที่ประกบด้วย

Oxygen

๑๒๑. ถูกแล้ว Oxygen ขณะนี้ท่านก็ได้อ่านลำดับขั้นของขบวนการ
 เกิดปฏิกิริยาเคมีของเซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย ที่จ่ายกระแสไฟออกมาได้เก่ง
 มาก นับว่าท่านมีความสามารถ และมีความพยายามอย่างน่าชมเชย
 ขอแสดงความยินดีด้วย ขอให้ท่านพยายามต่อไปอีกนิดหนึ่ง

ตอนนี้เราก็จะทำการสรุปลำดับของปฏิกิริยาทั้งหมดที่เกิดขึ้น
 ดังนี้

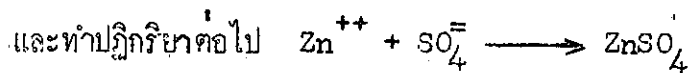
สำหรับ $H_2SO_4(dil)$



ปฏิกิริยามีทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับ

สำหรับ Zn

Zn เมื่อข้มลงในสารละลาย $H_2SO_4(dil)$ ส่วนที่เป็น
ไอออนบวกจะหลุดออกมา ทั้งส่วนประจุลบไว้ ประจุที่ทิ้งไว้นี้จะทำให้
เกิดกระแสไฟฟ้าต่อไป

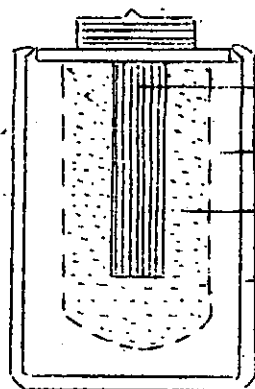


สำหรับ Cu เราประมาณว่าไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อเทียบกับ Zn

เมื่อต่อสายไฟจาก Zn มายัง Cu ประจุลบที่ถูกทิ้ง
ไว้ใน Zn ก็จะวิ่งจาก Zn มายัง Cu ทันที

๑๒๒. เซลล์ไฟฟ้าอย่างง่ายที่เราศึกษามา ทำนองไม่คุ้นเคยเพราะนำ
มาใช้ไม่สะดวก จึงไม่แพร่หลาย แต่ท่านคงจะคุ้นเคยดีกับถ่านไฟฉาย
ซึ่งก็คือเซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย ที่ดัดแปลงให้ใช้สะดวกขึ้น

ส่วนประกอบภายในของถ่านไฟฉายทั่ว ๆ ไป เป็นดังรูป



แท่งถ่าน

ฉนวนโมเนียคลอไรด์

มันกานีสไดออกไซด์ และผงถ่าน

กล่องสังกะสี

๑๒๓. ถ่านไฟฉายดังรูป มี แท่งถ่าน เป็นขั้วบวก สังกะสี เป็นขั้วลบ
ทำหน้าที่เช่นเดียวกับทองแดงและสังกะสีที่กล่าวมาแล้ว

แอมโมเนียมคลอไรด์ เป็น Electrolyte ที่ถูกทำให้
มีลักษณะข้นเหนียว เพื่อความสะดวกไม่ให้เกิดการหกเลอะเทอะ มีคุณสมบัติ
ในการทำปฏิกิริยาเคมีทำนองเดียวกับ $H_2SO_4(dil)$ ที่
กล่าวมาแล้ว

มังกานีสไดออกไซด์ เป็นสาร Depolariser ทำหน้าที่
ป้องกันการเกิด Polarisation

๑๒๔. Electrolyte ที่ใช้ในถ่านไฟฉาย คือ
มีลักษณะ เพื่อความสะดวกไม่ให้เกิดการหกเลอะเทอะ
Depolariser ในถ่านไฟฉายเราใช้สาร

แอมโมเนียม -
คลอไรด์
ข้นเหนียว
มังกานีสได-
ออกไซด์

๑๒๕. สำหรับปฏิกิริยา การจ่ายกระแสไฟฟ้าจากถ่านไฟฉายนั้นใช้หลัก
การทำนองเดียวกับเซลล์ไฟฟ้าอย่างง่ายทุกประการ

ถ่านไฟฉายเมื่อใช้ไปนาน ๆ กัดลงสังกะสีจะบวม กร่อน
ทะลุ น้ำยาไหลออกมา และเสื่อมคุณภาพ ใช้ต่อไปไม่ได้ อย่างไร
ก็ตาม ไม่ควรจะใช้ถ่านไฟฉายจนมีน้ำยาไหลออกมา เพราะอาจเป็น
อันตรายต่อเครื่องใช้ไฟฟ้า และน้ำยาที่ไหลออกมาอาจทำให้เกิดสนิม
ผู้กร่อนได้ง่าย ดังนั้นเราจึงควรหมั่นตรวจดูเสมอ และเปลี่ยนเมื่อ
เห็นว่ามีการะแสไฟน้อยแล้ว

ขอแสดงความยินดีในความสำเร็จครั้งนี้ กราบขอไปหวังว่าท่านคงจะ
ใช้ความพยายามและความตั้งใจเช่นครั้งนี้ ความสำเร็จในอนาคตอยู่ไม่ห่างตัว
ท่านเท่าไรแล้ว.

๑๒๖. การใช้เครื่องมือแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานกระแสไฟฟ้า
ที่เราจะเรียนกันต่อไป คือ เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว หรือเรียก
กันว่าแบตเตอรี่ (Battery)

เซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย (Voltaic cell) เมื่อจ่าย
กระแสไฟฟ้า (Discharge) ไปแล้ว กระแสไฟจะลดลงเรื่อย ๆ
และไม่สามารถจะเพิ่มกระแสไฟให้สูงขึ้นอีกได้ ต้องทิ้งไปในที่สุด
ข้อเสียของ Voltaic cell คือ เมื่อจ่ายกระแสไฟ
(Discharge) แล้ว จะน้อยลงเรื่อย ๆ และ
ไม่สามารถเพิ่ม ให้สูงขึ้นได้อีก

กระแสไฟ
กระแสไฟ

๑๒๗. Discharge หมายถึง การจ่าย
ของเซลล์ไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า

๑๒๘. ที่กล่าวมาเป็นข้อบกพร่องของ Voltaic cell แต่เซลล์
สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วหรือแบตเตอรี่ไม่เป็นเช่นนั้น นั่นคือเมื่อนำแบตเตอรี่
ไปจ่ายไฟ (Discharge) หมด ๆ จนกระแสไฟลดลงมากแล้ว เรา
สามารถเพิ่มกระแสไฟ โดยการประจุ (Charge) ไฟเข้าไปใน
แบตเตอรี่ได้อีก

หลักการของแบตเตอรี่ คือ เมื่อจ่ายไฟ (Discharge) จน
กระแสไฟลดลงแล้วเราสามารถเพิ่ม โดยการ
..... เข้าไปในแบตเตอรี่

เพิ่มกระแสไฟ ประจุไฟ (charge)	๑๒๙. ข้อแตกต่างระหว่าง Voltaic cell และ แบตเตอรี่ คือ Voltaic cell เมื่อ Discharge จนกระแส ไฟลดลงแล้วเราไม่สามารถ แบตเตอรี่เมื่อ Discharge จนกระแสไฟลดลงแล้วเรา สามารถ
เราไม่สามารถเพิ่ม กระแสไฟได้อีก เราสามารถเพิ่ม กระแสไฟได้อีก	๑๓๐. Charge ไฟหมายถึงการประ เข้าไป ในแบตเตอรี่
การประจุไฟ เข้าไปใน แบตเตอรี่	๑๓๑. เก่งทีเดียวที่ท่านตอบได้ถูกต้องขอชมเชย เอาละท่านลองพิจารณาจากคุณสมบัติของแบตเตอรี่และ Voltaic cell ในกรอบที่ ๑๒๙ เปรียบเทียบกัน ท่านคิดว่า อะไรจะนิยามการใช้งานได้นานกว่ากัน
แบตเตอรี่	๑๓๒. ถูกแล้ว แบตเตอรี่ ที่นี้ลองตอบต่อไปอีกนัยหนึ่งว่า ท่านคิดว่า แบตเตอรี่มีอายุการทำงานมากกว่า Voltaic cell เพราะ เหตุใด แบตเตอรี่มีอายุการทำงานมากกว่า Voltaic cell เพราะเราสามารถเพิ่ม ได้ทุกครั้งที่กระแสไฟ ลดลง แต่ Voltaic cell เราไม่สามารถทำเช่นนั้นได้

กระแสไฟ

๑๓๓. สำหรับส่วนประกอบของ แบตเตอรี่ เป็นดังนี้

 $H_2SO_4(dil)$ เป็น Electrolyteตะกั่ว (lead, Pb) และ เลดไดออกไซด์ (PbO_2) ทำหน้าที่
เป็นขั้วทั้งสอง ของแบตเตอรี่

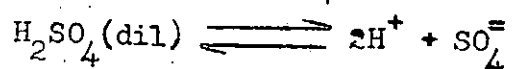
ในแบตเตอรี่

Electrolyte คือ

โลหะที่ใช้ทำขั้ว คือ และ

 $H_2SO_4(dil)$ Pb, PbO_2

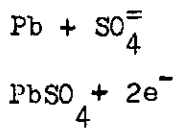
๑๓๔. ปฏิกริยาเคมีของแบตเตอรี่ เป็นดังนี้

สารละลายของ $H_2SO_4(dil)$ เกิด Ionization ดังนี้ท่านจงเขียนสมการการเกิด Ionization ของ H_2SO_4
(dil) ในน้ำ

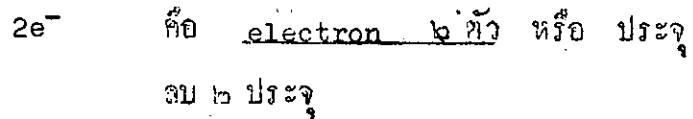
.....

 $H_2SO_4(dil) \rightleftharpoons$ $2H^+ + SO_4^{=}$ ๑๓๕. ปฏิกริยาลำดับต่อไป คือ อนุมูลซัลเฟต ($SO_4^{=}$) มาทำปฏิกิริยา
กับตะกั่ว (Pb) ดังสมการท่านจงเขียนปฏิกิริยาเคมีเมื่ออนุมูลซัลเฟต ($SO_4^{=}$) ทำ
ปฏิกิริยาเคมีที่แท่งตะกั่ว (Pb)

.....



๑๓๖. พิจารณาสมการในกรอบที่ ๑๓๕ ผลจากปฏิกิริยาเคมีเราได้



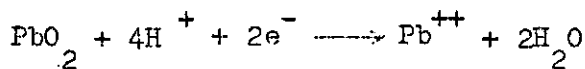
จากกรอบที่ ๑๓๕ ผลจากปฏิกิริยาที่แท่งตะกั่วทำให้ได้.....

.....และ.....ที่แท่งตะกั่ว

เลด ซัลเฟต
(PbSO_4)

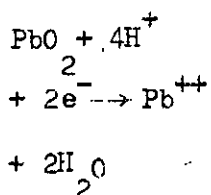
ประจุลบ หรือ
electron

๑๓๗. ขอให้ท่านรำลึกไว้ว่า ที่แท่งตะกั่ว เราได้ ประจุลบ กับ PbSO_4
ต่อมาเราพิจารณาในกรณีของ เลดไดออกไซด์ (PbO_2)
บ้าง ปฏิกิริยาแบ่งเป็น ๒ ตอน ตอนแรกเป็นดังนี้



จงเขียนปฏิกิริยาเคมี ตอนแรก สำหรับ PbO_2

.....



๑๓๘. จากกรอบที่ ๑๓๗ พิจารณาผลของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นที่ เลดไดออกไซด์ (PbO_2)

ผลของสมการ (ด้านขวามือ) เราได้ Pb^{++} คือตะกั่วที่มี
ประจุบวก และ $2\text{H}_2\text{O}$ คือน้ำ

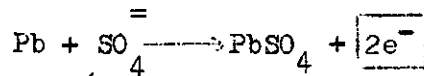
ผลของปฏิกิริยาเคมีสำหรับ PbO_2 ได้.....

.....และ.....

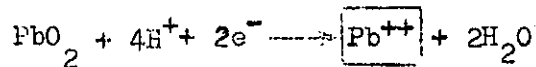
Pb^{++} H_2O

๑๓๙. กราฟนี้ท่านเองพิจารณา ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่แท่งโลหะพร้อม ๆ กันทั้งสองแท่ง (พิจารณาคานขวามือ)

แท่งตะกั่ว (Pb) ปฏิกิริยาเป็น



ที่เลคไดออกไซด์ (PbO_2) ปฏิกิริยาตอนแรกเป็น



ผลของปฏิกิริยาเคมี (คานขวามือ) พิจารณาประจุไฟฟ้าอยู่ในกรวย
สี่เหลี่ยม

ที่แท่งตะกั่ว (Pb) เราได้ ประจุ.....

ที่แท่งเลคไดออกไซด์ (PbO_2) เราได้ประจุ.....

ลบ

บวก

๑๔๐. ถูกลอง ประจุลบกับประจุบวก เราได้ประจุที่ต่างกันออกมาแล้ว
ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะ.....กัน ตามคุณสมบัติที่
ทราบมาแล้ว

ถูก

๑๔๑. ถ้าเราต่อสายไฟโยงระหว่าง ตะกั่ว กับ เลคไดออกไซด์
เนื่องจาก ขั้วลบคือตะกั่ว (Pb) และ ขั้วบวกคือเลคไดออกไซด์ (PbO_2)
ดังนั้น ประจุลบจะวิ่งจาก.....ไปยัง.....

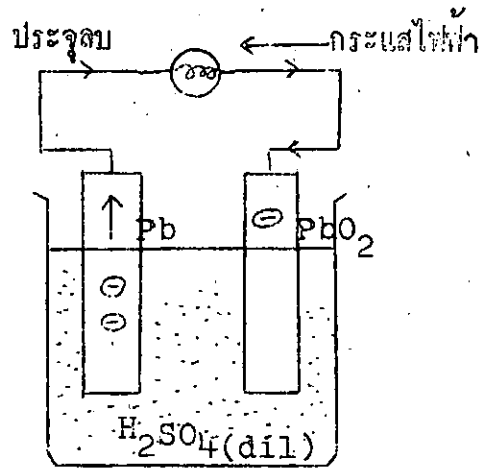
 Pb, PbO_2

๑๔๒. เก่งจริง

เราทราบว่าประจุลบมีทิศทางการไหลสวนกับกระแสไฟฟ้า
เมื่อประจุลบวิ่งจาก ไปยัง ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจะ
ไหลจาก ไปยัง สวน
ทางกัน

PbO₂, Pb

๑๔๓.



ถูกลำกระแสไฟฟ้าจะ
ไหลออกจาก PbO₂
ไปยัง Pb ดังนั้น

PbO₂ เป็น
ขั้วบวก ของกระแสไฟ
ฟ้า กระแสไหลออก
Pb เป็นขั้วลบ
ของเซลล์ไฟฟ้า กระแส
ไหลเข้า

กระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วใด ขั้วนั้นเป็นขั้ว
กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขั้วใด ขั้วนั้นเป็นขั้ว

บวก
ลบ

๑๔๔. ขั้วบวกของแบตเตอรี่ คือ (โลหะอะไร)
ขั้วลบของแบตเตอรี่ คือ (โลหะอะไร)

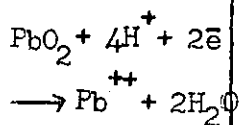
PbO₂
Pb

๑๔๕. เขาละบัดนี้ท่านพอจะรู้แล้วว่าทำไมแบตเตอรี่จึงจ่ายกระแสไฟฟ้า
ออกมาได้ และกระแสไฟฟ้าวิ่งจากอะไรไปยังอะไร

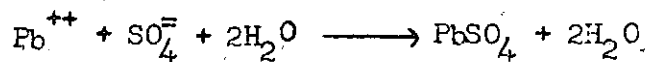
สิ่งที่เรายังกล่าวไม่หมด คือ ปฏิกิริยาเคมีสำหรับ PbO₂
เพราะที่กล่าวไปแล้วนั้นเป็นปฏิกิริยา เคมีตอนแรกเท่านั้น (ถ้าลืมนึกย้อนกลับ
ไปดูในกรอบที่ ๑๓๗)

จงเขียนปฏิกิริยาเคมีตอนแรกของ PbO₂

.....



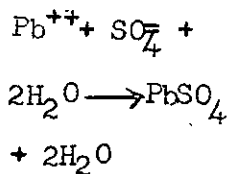
๑๔๖. ปฏิกิริยาเคมีขั้นต่อไป เรานำผลของปฏิกิริยาเคมีตอนแรกมาทำปฏิกิริยากับ SO_4^{--} ได้ผลดังนี้



นี่เป็นปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย

จงเขียนปฏิกิริยาเคมีสำหรับ PbO_2 ในขั้นสุดท้าย

.....



๑๔๗. สิ่งที่เราได้มาจากปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายนี้คือ

PbSO_4 คือ เลดซัลเฟต

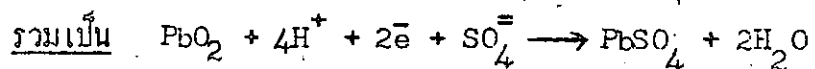
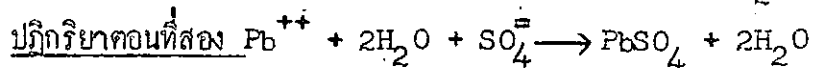
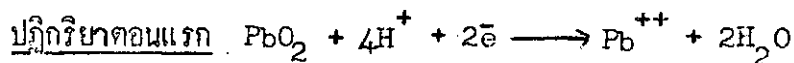
$2\text{H}_2\text{O}$ คือ น้ำ

ผลของปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายสำหรับ PbO_2 คือ

..... และ

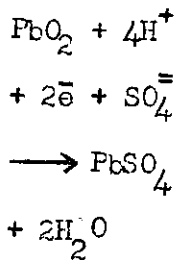
เลดซัลเฟต
น้ำ

๑๔๘. สรุปปฏิกิริยาเคมีสำหรับ PbO_2 ได้ดังนี้



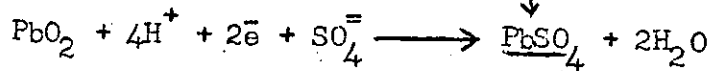
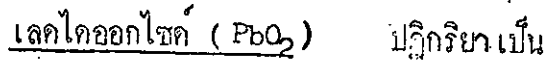
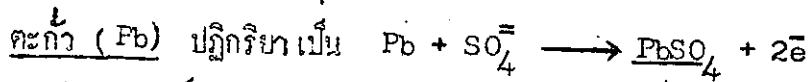
จงเขียนปฏิกิริยาเคมีรวมทั้งหมดสำหรับ PbO_2

.....



๑๔๘. ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้จากข้างบน ท่านอาจยังไม่เคยจินตนาการถึงสักว่ายากต่อการจำ แต่ท่านควรจะได้พยายามเขียนบ่อย ๆ จนชำนาญ แล้วท่านก็จะจำได้ง่ายขึ้น

ตอนนี้เราจะสรุปปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นทั้งสองข้าง



ผลของปฏิกิริยาเคมี (ก้านขวา) ได้สิ่งที่เหมือนกันคือ

.....



๑๔๙. ถูกแล้วได้ PbSO_4 ออกมาเหมือนกัน

นั่นคือ ถ้าเราให้แบตเตอรี่จ่ายไฟ (Discharge) ไปนาน ๆ ทั้งตะกั่ว (Pb) และเลดไดออกไซด์ ก็จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็น PbSO_4 เพิ่มมากขึ้นทุกที กระแสไฟจะลดลง

กระแสไฟจากแบตเตอรี่จะลดลงเมื่อที่ Pb และ PbO_2 เปลี่ยนเป็น เพิ่มขึ้น



๑๕๐. นอกจาก Pb และ PbO_2 จะเปลี่ยนเป็น PbSO_4 แล้ว ในปฏิกิริยาเคมีสำหรับ PbO_2 ยังได้ น้ำ (H_2O) ออกมาด้วย น้ำจะทำให้กรดกำมะถันเจือจาง (H_2SO_4)(dil) เจือจางมากขึ้น จนทำให้ปฏิกิริยาเคมีลดลง กระแสไฟลดลงอีกด้วย

สาเหตุอีกประการที่ทำให้กระแสไฟลดลงคือ ทำให้ H_2SO_4 (dil) เจือจางเกินไป

น้ำ

๑๕๒. สรุปแล้วกระแสไฟลดลงด้วยสาเหตุ ๒ ประการ คือ

๑. Pb และ PbO_2 เปลี่ยนเป็น $PbSO_4$
๒. น้ำจากปฏิกิริยาเคมีทำให้ $H_2SO_4(dil)$ เจือจางเกินไป

สาเหตุที่ทำให้กระแสไฟลดลงคือ

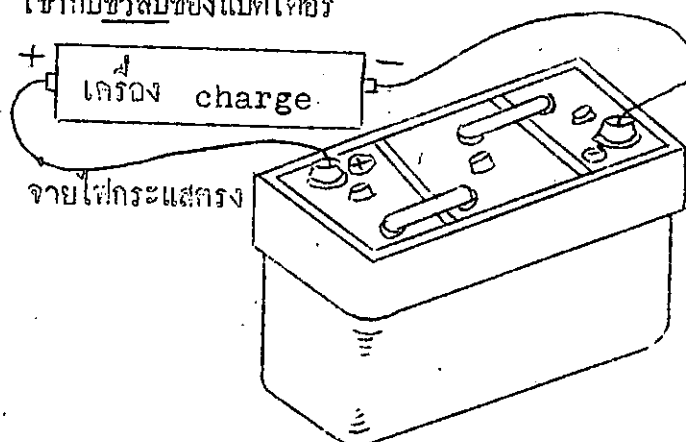
๑.
๒.

๑. Pb และ PbO_2
เปลี่ยนเป็น $PbSO_4$
๒. น้ำทำให้
 $H_2SO_4(dil)$
เจือจางเกินไป

๑๕๓. เมื่อกระแสไฟจากแบตเตอรี่ลดลงด้วยสาเหตุดังกล่าว เราก็คงนำไปประจุ (charge) ไฟใหม่ เพื่อเพิ่มกระแสไฟให้มากขึ้น
เราประจุ (charge) ไฟเข้าไปในแบตเตอรี่เพื่อ....
.....

เพิ่มกระแสไฟ

๑๕๔. การประจุไฟ (charge) หมายถึงการต่อไฟกระแสตรงจากภายนอกเข้าไปในแบตเตอรี่ โดยต่อขั้วบวกเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่



ในการ charge ไฟ เราต้องต่อขั้วบวกของเครื่อง
ชาร์จไฟเข้ากับขั้ว ของแบตเตอรี่ และขั้วลบของ
เครื่องชาร์จไฟเข้ากับขั้ว ของแบตเตอรี่

บวก
ลบ

๑๕๕. การชาร์จ (charge) ไฟ ผลที่ได้คือจะทำให้แบตเตอรี่กลับ
ไปสู่สภาพเดิม คือ

๑. PbSO_4 ที่ขั้วลบ จะเปลี่ยนเป็น Pb ตามเดิม
 PbSO_4 ที่ขั้วบวกจะเปลี่ยนเป็น PbO_2 ตามเดิม
๒. H_2SO_4 (dil) จะเพิ่มขึ้นจนมีความเข้มข้นพอที่

ผลของการ charge ไฟ คือ

๑. PbSO_4 ที่ขั้วลบเปลี่ยนเป็น และ
 PbSO_4 ที่ขั้วบวกเปลี่ยนเป็น
๒. H_2SO_4 (dil) จะ

๑. Pb
 PbO_2
๒. เพิ่มขึ้น

๑๕๖. เมื่อแบตเตอรี่ชาร์จไฟแล้ว กระแสไฟก็จะมากขึ้นจนใช้งานได้อีกครั้ง
 เซลไฟฟ้าแบบนี้ มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ เซลล์ละ ๒ โวลต์
 (แรงเคลื่อนไฟฟ้ามีความหมายคล้าย ๆ กับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่กล่าวถึง
 มาแล้วในตอนต้น)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าของ เซลไฟฟ้าแบบนี้ประมาณเซลล์ละ
 โวลต์

๒

๑๕๓. ถ้าเราต้องการทำให้เซลล์มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า ๖ โวลต์ เราก็นำ

เซลล์ ๓ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรม ($๒ \times ๓ = ๖$)

ถ้าเราต้องการทำให้เซลล์มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า ๑๒ โวลต์ เราก็นำเซลล์ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรม

๖

๑๕๔. ถ้าเราต้องการเซลล์ไฟฟ้าที่มีแรงเคลื่อน ๒๔ โวลต์ เราก็นำเซลล์ไฟฟ้า เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรม

๑๒

๑๕๕. ความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีไม่เท่ากัน ความจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์. ชั่วโมง หมายถึงจำนวนแอมแปร์คูณกับจำนวนชั่วโมงที่ใช้

เช่นแบตเตอรี่มีความจุ ๕๐ แอมแปร์. ชั่วโมงหมายความว่า

๑. แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟ ๕ แอมแปร์ ได้ ๒๐ ชั่วโมง

($๕ \times ๒๐ = ๕๐$) หรือ

๒. แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟ ๕ แอมแปร์ ได้ ๑๐ ชั่วโมง

($๕ \times ๑๐ = ๕๐$) หรือ

๓. แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟ ๑ แอมแปร์ ได้ ชั่วโมง

($๑ \times \dots = ๕๐$) หรือ

ฯลฯ

ในกรณีนี้ จำนวนแอมแปร์ $\times$ ชั่วโมง = ๕๐

แอมแปร์. ชั่วโมง เสมอ

๘๐

๘๐

๑๖๐. ถ้าแบตเตอรี่มีความจุ ๓๐ แอมแปร์ ชั่วโมง หมายความว่า
แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟ ๒ แอมแปร์ ได้ ชั่วโมง

๑๕

๑๖๑. การตรวจดูว่าแบตเตอรี่ สมควรจะชาร์จไฟได้หรือยังนั้นให้ดูที่
ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของ H_2SO_4 (dil) ถ้า ถ.พ. อยู่
ระหว่าง ๑.๒๗ ถึง ๑.๓๐ แสดงว่าใช้งานได้ แต่ถ้าต่ำกว่า ๑.๒๗
เมื่อใด แสดงว่าสมควรชาร์จไฟได้แล้ว

ถ.พ. ของ H_2SO_4 เมื่อใช้งานควรอยู่ระหว่าง
..... ถึง

ถ.พ. ของ H_2SO_4 ควรจะชาร์จไฟเมื่อ ถ.พ.
ต่ำกว่า

๑.๒๗ - ๑.๓๐

๑.๒๗

๑๖๒. การตรวจ ถ.พ. ของกรด เราใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ไฮโดรมิเตอร์
(Hydrometer)

Hydrometer คือ เครื่องมือสำหรับ

ตรวจ ถ.พ.

๑๖๓. เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว หรือแบตเตอรี่นี้ควรจะมีอายุการใช้งาน
ได้ตลอดไปถ้าดูตามทฤษฎี เพราะเราชาร์จ (charge) ไฟใหม่
ได้เสมอ แต่ตามความเป็นจริงมันจะหมดอายุเมื่อใช้งานไปได้ระยะหนึ่ง
สาเหตุมาจาก

๑. เปลือกแบตเตอรี่พุพองน้ำกรวด

๒. แผ่นตะกั่ว (Pb) และ PbO_2 พุพอง เพราะใช้มานาน

๓. ได้รับความกระเทือนเสมอ (ในรถยนต์)

๔. แผ่น Pb, PbO₂ แห่งเพราะไม่เติมน้ำกลั่น

ฯลฯ

ท่านลอง เขียนสาเหตุที่ทำให้แบตเตอรี่หมดอายุการใช้งาน

๑.

๒.

๓.

๔.

๑๖๔. แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์นั้น ระหว่างที่ใช้งานเขาจะจัดให้มันได้รับการประจุ (charge) ไฟอยู่ตลอดเวลาขณะที่ใช้งาน โดยได้กระแสมาจากเครื่องทำไฟ (generator) ในเครื่องยนต์

ระหว่างการใช้งานแบตเตอรี่จะได้รับการ

อยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ใช้งานได้นาน ๆ

ประจุ (charge)

๑๖๕. การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ก็ควรหมั่นตรวจดูบ่อย ๆ ระวังสนิมที่ขั้วแบตเตอรี่ (อาจใช้น้ำร้อน ๆ ถังสนิมออก) ตรวจดูระดับน้ำกรด และคอยเติมน้ำกลั่นลงไปถ้าระดับต่ำกว่าขีดที่กำหนดให้ และนำไปชาร์จ (charge) ไฟเมื่อกระแสไฟมีน้อยแล้ว

บัดนี้ท่านก็ได้เรียนรู้เรื่องราวของแบคเตอร์มาพอสมควร
ท่านน่าจะทำได้เป็นอย่างดี อันแสดงถึงความพยายาม ความตั้งใจจริงในการ
เรียนของท่าน

ขอให้ท่านมีความตั้งใจเช่นนี้ไปโดยตลอดแล้วผลสำเร็จก็จะ
ต้อง เป็นของท่านอย่างแน่นอน.

๑๒๖. การแปลงรูปพลังงานจากพลังงานเคมีเป็นกระแสไฟฟ้า เท่าที่เรา
เรียนผ่านกันมานับเป็นวิธีการหนึ่งของการใช้พลังงานไฟฟ้า

ต่อไปจะเป็นเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่สำคัญนั่นคือ ไดนาโม

ไดนาโม (Dynamo) เป็นเครื่องมือที่แปลงรูป
พลังงานกล (จากการหมุน) ให้เป็นกระแสไฟฟ้า

ไดนาโม (Dynamo) คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่แปลงรูป
พลังงานให้เป็น

กล
กระแสไฟฟ้า

๑๒๗. ส่วนประกอบที่สำคัญของไดนาโมคือ แม่เหล็กและขดลวด แม่เหล็ก
แท่งหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยขั้วแม่เหล็กสองชนิดคือ ขั้วเหนือ (N) และ
ขั้วใต้ (S) และมีคุณสมบัติว่า ขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ส่วนขั้วต่างกัน
จะดูดกัน

เช่น ขั้วเหนือ (N) จะผลักกับขั้วเหนือ(N)ซึ่งเหมือนกัน
แต่จะดูดกับขั้วใต้ (S) ซึ่งต่างกัน

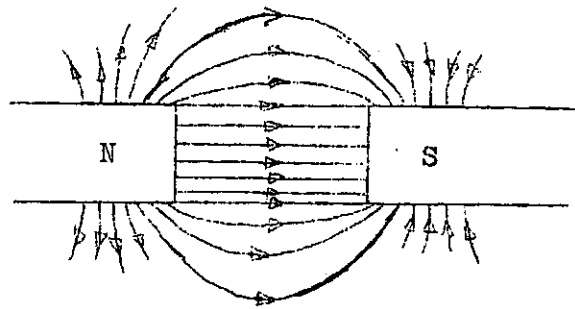
หรือ ขั้วใต้ (S) จะผลักกับ ขั้ว
ซึ่งเหมือนกัน แต่จะดูดกับขั้ว ซึ่งต่างกัน

ใต้
เหนือ

๑๒๘. คุณสมบัติอีกประการของ ขั้วแม่เหล็ก คือ จะส่งเส้นแรงแม่เหล็ก
ออกไปโดยรอบ เราสามารถเขียนลวดขดลวดเส้นแรงแม่เหล็กได้ โดย
กำหนดให้ หัวของลวดขดลวดออกจากขั้วเหนือ พุ่งเข้าหาขั้วใต้เสมอ
หัวของลวดขดลวดที่แทนเส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งเข้าหาขั้ว.....
.....เสมอ

ใต้

๑๒๙. ถ้าแท่งแม่เหล็ก ๒ แท่ง วางใกล้กันดังรูป ลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็ก เราจะแทนด้วยลูกศร ซึ่งหัวของลูกศรจะมีทิศทางพุ่งออกจากขั้วเหนือ และพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ดังรูป

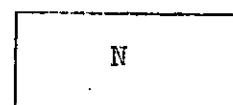
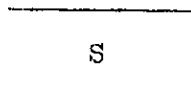


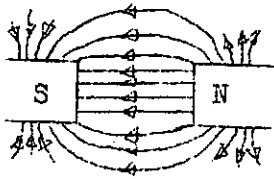
เส้นแรงแม่เหล็ก หรือหัวลูกศรในรูปมีทิศทางพุ่งออกจาก
ขั้ว และพุ่งเข้าหาขั้ว.....

เหนือ
ใต้

๑๓๐. จากรูปแท่งแม่เหล็ก ๒ แท่งที่กำหนดให้ คุณจะวาดรูปเส้นแรงแม่เหล็ก ระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองแท่ง

(โปรดสังเกตลักษณะการวาง ขั้วแม่เหล็กว่าขั้วใดเป็นขั้วเหนือ
ขั้วใดเป็นขั้วใต้ ก่อนจะเขียนเส้นแรงแม่เหล็ก)





๑๑๑. ถ้าเราจัดให้มีการ เคลื่อนที่ผ่านกันระหว่าง เส้นแรงแม่เหล็กกับขดลวด
ดังนี้

๑. เคลื่อนที่ขดลวดให้ผ่านไปบนเส้นแรงแม่เหล็ก หรือ
 ๒. เคลื่อนที่เส้นแรงแม่เหล็ก ผ่านขดลวดแล้วจะ เกิดกระแส
ไฟฟ้าขึ้น เรียกว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เกิดขึ้น เมื่อ

๑. เคลื่อนที่..... ผ่าน หรือ
๒. เคลื่อนที่..... ผ่าน

ขดลวด, เส้นแรงแม่เหล็ก

๑๑๒. จะเห็นว่า องค์ประกอบที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำคือ
ต้องมี

๑. เส้นแรงแม่เหล็ก
 ๒. ขดลวด และ
 ๓. มีการเคลื่อนที่ผ่านกันระหว่าง เส้นแรงแม่เหล็กและขดลวด
- จะขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไม่ได้

องค์ประกอบที่ทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ คือ

๑.
๒.
๓. มีการเคลื่อนที่ผ่านกันระหว่างและ.....

๑. เส้นแรงแม่เหล็ก
๒. ขดลวด
๓. เส้นแรงแม่เหล็ก, ขดลวด

๑๑๓. การจะพิจารณาว่ากระแสเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีทิศทางอย่างไรไปทาง
ใดนั้น อาจใช้กฎมือขวามาพิจารณาทางเดินของกระแสเหนี่ยวนำได้
ใจความของกฎมือขวา คือ
ถ้ากางนิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วหัวแม่มือของมือขวาให้ตั้งฉาก
กันและกัน ให้นิ้วหัวแม่มือแสดงทิศทาง การเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วชี้แสดง
ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก นิ้วกลางจะแสดงทิศทางที่กระแสเหนี่ยวนำไหลในวงจร

๑๗๔. จากกฎมือขวา

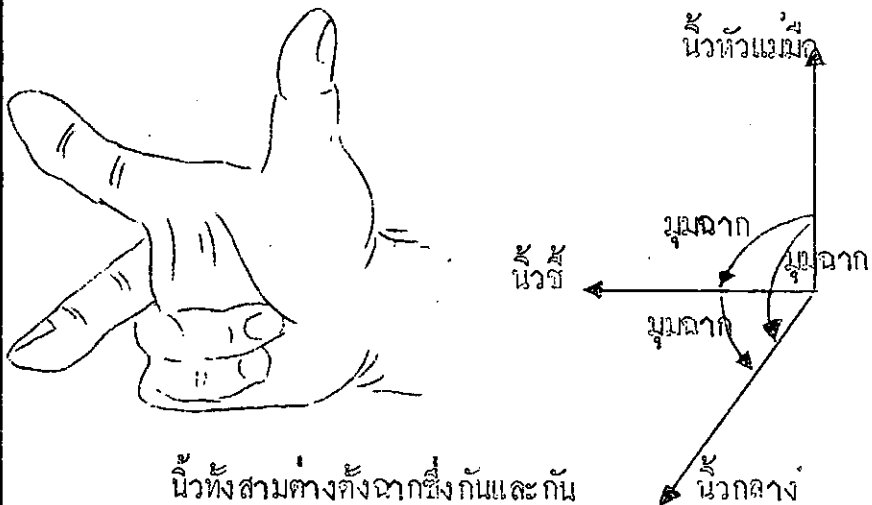
นิ้วหัวแม่มือ แสดงทิศทาง

นิ้วชี้ นิ้วชี้ทิศทางของ

นิ้วกลาง แสดงทิศทาง

การเคลื่อนที่ของ
ตัวนำเส้นแรงแม่เหล็กกระแส
เหนี่ยวนำ

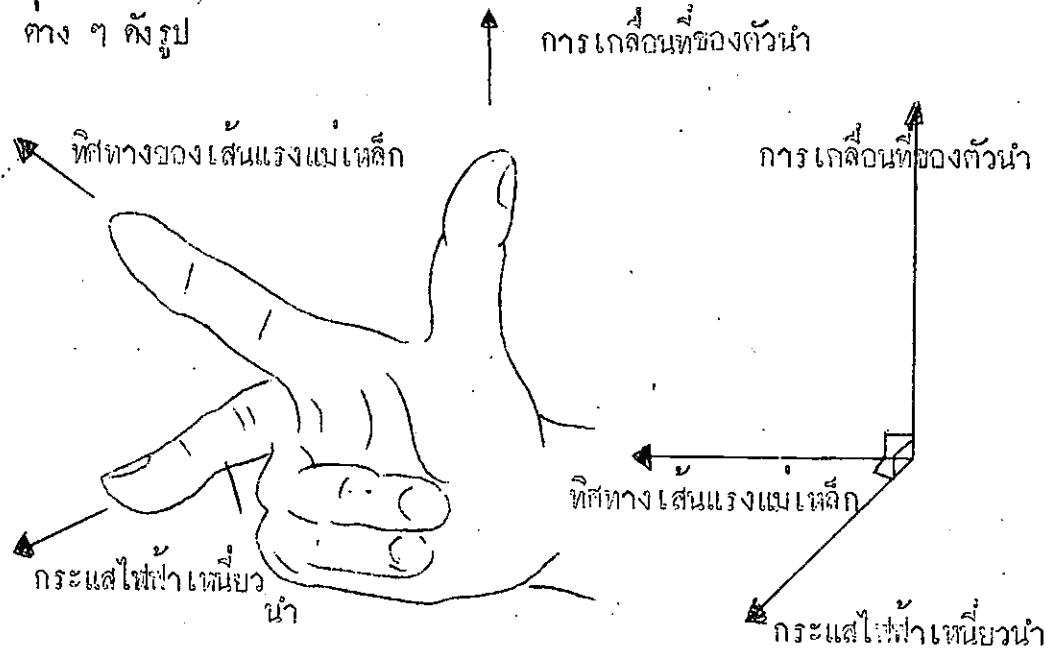
๑๗๕. ท่านลองกางนิ้วทั้งสามของมือขวาให้ตั้งฉากกันดังรูป



นิ้วทั้งสามต่างตั้งฉากซึ่งกันและกัน
ก่อนที่ท่านจะผ่านกรอบนี้ไป ท่านควรจะทำมือตามแบบรูป
ให้ได้ (ขอให้ระวังนิ้วกลางให้ดี นิ้วกลาง ต้องตั้งฉากกับนิ้วหัวแม่มือด้วย)

๑๗๖. เมื่อท่านผ่านมากกรอบนี้ก็แสดงว่าท่านทำมือได้ตามรูปแล้ว ง่ายมาก
ใช้ใหม่สำหรับผู้ที่ยังไม่เคยๆ ไม่ได้ทำมือตาม หรือยังทำไม่ได้โปรด
ย้อนกลับแล้วกางนิ้วมือดังรูปให้ได้เสียก่อน

๑๓๗. นิ้วทั้งสามของมือขวา เมื่อกางค้ำฉากกัน แต่ละนิ้วจะแทนทิศทาง
ทาง ๆ ดังรูป

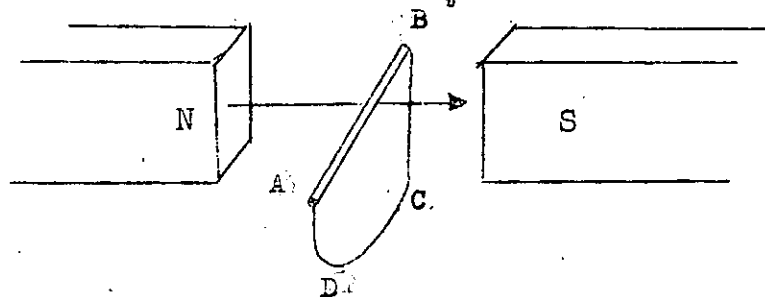


๑๓๘. นิ้วหัวแม่มือ แสดงทิศทางของ
นิ้วชี้ ชี้ทิศทางของ
นิ้วกลาง แสดงทิศทางของ

การเคลื่อนที่ของ
ตัวนำทิศทางของ
เส้นแรงแม่เหล็ก
กระแสเหนี่ยวนำ

๑๓๙. เรามาพิจารณาเมื่อลวดตัวนำเคลื่อนที่ผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก

ตามรูป ขั้วแม่เหล็ก N, S วางดังรูป ABCD เป็น
ลวดตัวนำขดเป็นวง ☐ วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กทั้งสอง

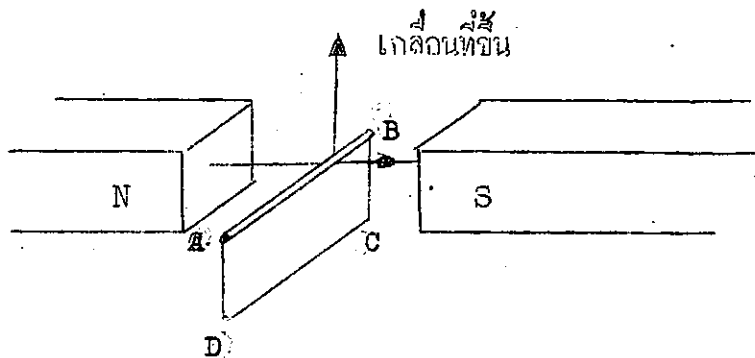


เส้นแรงแม่เหล็กพุ่งจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ผ่านลวดตัวนำ

ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก เราแทนได้ด้วยทิศทางการขึ้น
ของนิ้ว

ข้อ ๔๐

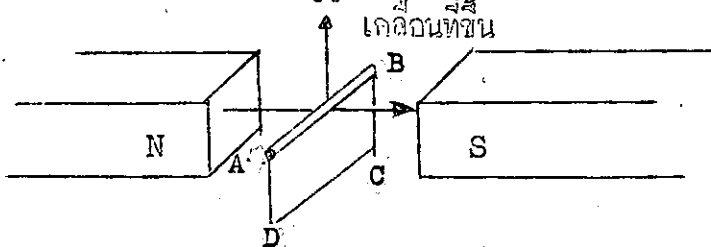
๔๐. ถ้ามารเคลื่อนที่ลวดตัวนำให้มีทิศทางขึ้นไปข้างบนตรง ๆ ดังรูป



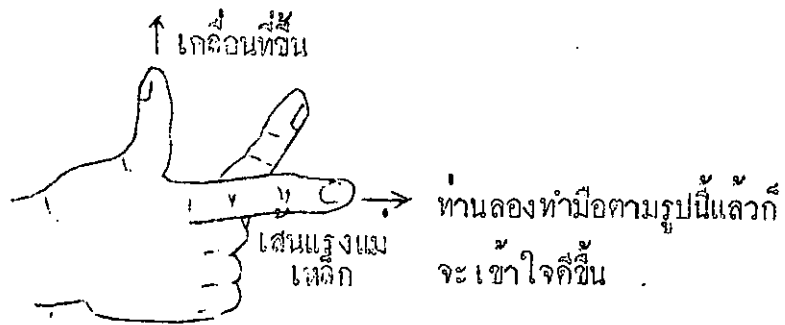
ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ เราแทนทิศทางได้ด้วยทิศทาง
ขึ้นของนิ้ว

หัวแม่มือ

๔๑. ขอให้ท่านพิจารณารูป การทำมือตามแนวทาง ๆ



ลวดตัวนำเคลื่อนที่ขึ้น นิ้วหัวแม่มือจึงชี้
ขึ้นบน เส้นแรงแม่เหล็กพุ่งจาก N ไป S
นิ้วชี้ก็ชี้ไปยังขั้วใต้ (S)



๑๔๒. จากรูปในกรอบที่ ๑๔๑

เมื่อนิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้น

นิ้วชี้ ชี้จาก N ไปยัง S แล้ว

นิ้วกลางก็จะชี้ไปตามแนวคัตนำ AB คือ ชี้จาก A ไปยัง

B

นิ้วกลางชี้จาก ไปยัง

A → B

๑๔๓. เนื่องจากนิ้วกลางจะชี้ทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำที่ไหลในวงจร เมื่อนิ้วกลางชี้จาก A ไปยัง B ดังนั้น กระแสเหนี่ยวนำจะไหลจาก ไปยัง ด้วย

A → B

๑๔๔. คราวนี้ท่านก็จะเห็นว่าถ้าเราทราบว่าลวดตัวนำเคลื่อนที่ไปทางใด และทราบทิศทางของ เส้นแรงแม่เหล็กแล้ว เราก็จะทราบทิศทางของ กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำทันที

ทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำแทนได้ด้วยทิศการชี้ของนิ้ว

กลาง

๑๔๕. ท่านพอจะเห็นแนวทางการหาทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำขึ้นมาบ้างแล้วใช่ไหม เอาละ เรามาลองทบทวนความรู้เดิมกันอีกที ก่อนที่จะก้าวหน้ากันต่อไป

นิ้วหัวแม่มือ แทนทิศทางของ

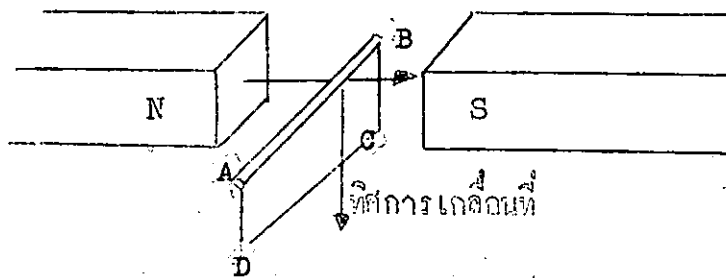
นิ้วชี้ ทิศทางของ

นิ้วกลาง ทิศทางของ

การเคลื่อนที่ของ
ตัวนำ เส้นแรง
แม่เหล็ก กระแส
ไฟฟ้า

๑๔๖. เกือบมาก ถ้าท่านตอบได้ถูกต้องหมด ตอนนี้ถึงตอนที่ท่านพร้อมจะเรียนต่อไปแล้วใช่ไหม

คราวนี้ถ้าเรามาศึกษาในกรณีลวดตัวนำเคลื่อนที่ลงมาบ้างว่ากระแสเหนี่ยวนำควรจะไหลไปทางใด



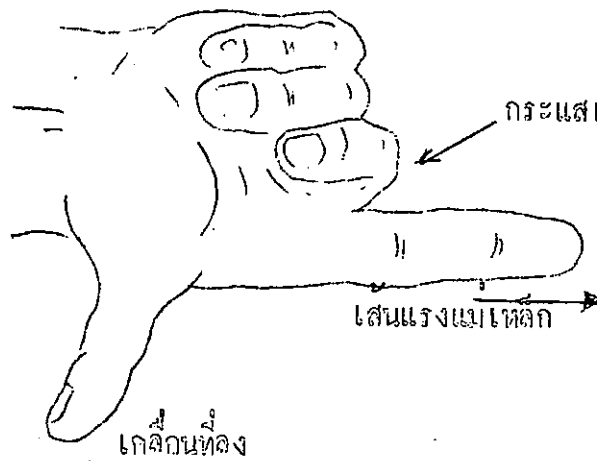
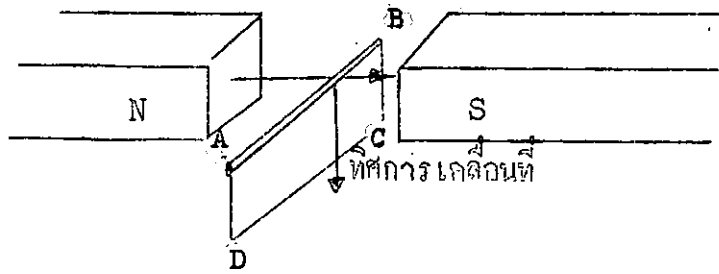
ทิศของเส้นแรงแม่เหล็ก เราแทนด้วยทิศทางชี้ของนิ้ว

ทิศการเคลื่อนที่ของตัวนำเราแทนด้วยทิศทางชี้ของนิ้ว

ชี้

หัวแม่มือ

๑๔๗. คราวนี้ท่านลองพิจารณาการกางมือขวาในกรณีลวดตัวนำเคลื่อนที่ลงตัดผ่านสนามแม่เหล็ก



ท่านลองทำมือตามรูปดู
ท่านอาจจะต้องบิดมือ
ซึ่งยากหน่อย แต่ลอง
ทำดูเถอะไม่เกินความ
สามารถของท่านหรอก

๑๔๔. จากกรอบที่ ๑๔๓

นิ้วหัวแม่มือชี้ลง เพราะตัวนำเคลื่อนที่ลง

นิ้วชี้ ชี้ตามทิศเดิม คือ จากซ้ายไปขวา

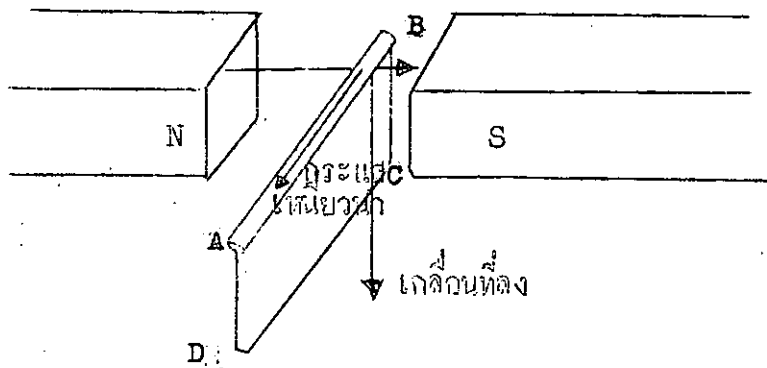
นิ้วกลาง ก็จะชี้เข้าหาตัวท่านเอง หรือตกเทียบกับลวดตัวนำ

ก็ชี้จาก $B \longrightarrow A$

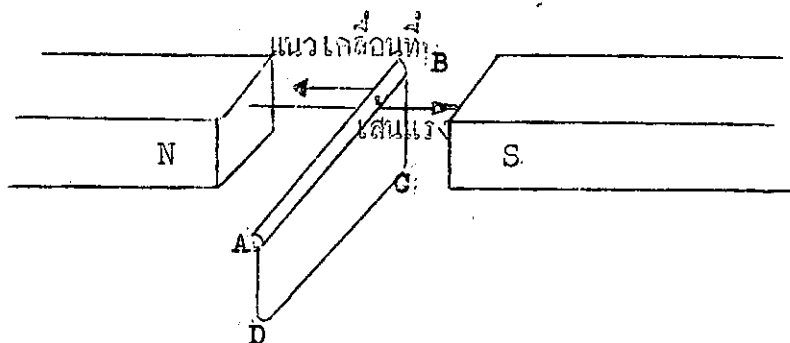
นิ้วกลางชี้ทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำ และนิ้วกลางชี้จาก B
ไปยัง A ดังนั้น กระแสเหนี่ยวนำจะไหลจาก ไปยัง

B ไปยัง A

๑๘๘. ถูกแล้ว เราจะได้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลจาก B $\longrightarrow$ A
 ลูกศรแสดงทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำจึงชี้จาก B $\longrightarrow$ A



๑๘๙. คราวนี้มาลองพิจารณาในกรณีที่สองบ้าง ถ้าสมมติให้ตัวนำเคลื่อนที่ขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก



ตามรูปตัวนำ เคลื่อนที่ขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก โดยเคลื่อนที่ไปหาขั้ว N ในกรณีนี้ลวดตัวนำไม่เคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กเลย กระแสเหนี่ยวนำจึงไม่เกิดขึ้น

กระแสเหนี่ยวนำจะ เกิดขึ้นเมื่อลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัด

เท่านั้น

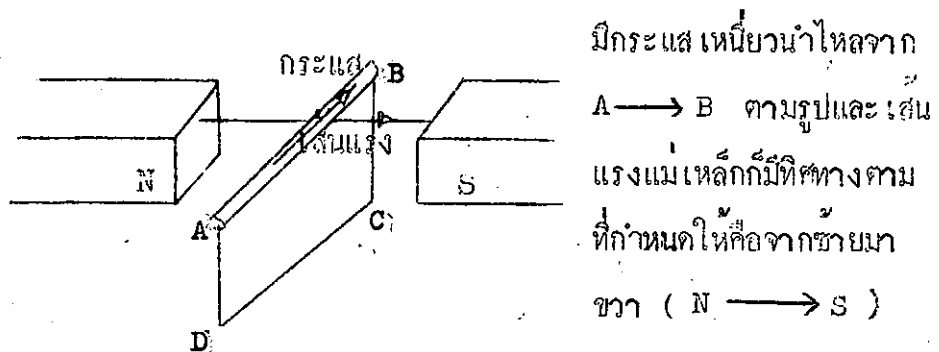
เส้นแรงแม่เหล็ก

๑๕๑. กระแสเหนี่ยวนำ จะไม่เกิดขึ้นถ้าลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศทาง
..... กับ เส้นแรงแม่เหล็ก

ขนาน

๑๕๒. เป็นอันว่าในการลวดตัวนำเคลื่อนที่ ขนาน กับ เส้นแรงแม่เหล็ก
จะไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้น ไม่ว่าจะเคลื่อนที่ส่วนทางหรือไปทางเคียว
กับเส้นแรงแม่เหล็กก็ตาม

๑๕๓. มาลองทดสอบดูความเข้าใจกันสัก ๓ กรณี
กรณีแรก



ท่านลองถามมือขวาให้

นิ้วชี้ชี้จาก N $\longrightarrow$ S และนิ้วกลางชี้จาก A ไปยัง B

นิ้วหัวแม่มือจะชี้ในทิศ

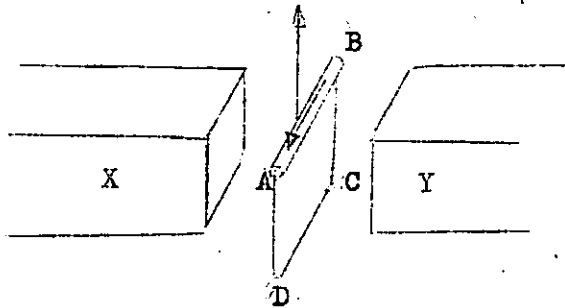
แสดงว่าตัวนำจะเคลื่อนที่ในทิศ ตามทิศของ

นิ้วหัวแม่มือ

ขึ้นบน
ขึ้นบน

๑๔๔. เก่งมาก ถ้าท่านตอบได้ถูกต้อง ถ้าท่านยังตอบไม่ถูก เห็นท่าท่าน
จะต้องกลับไปพบทวนอีกสักครั้งก่อนเป็นไร แล้วค่อยพิจารณากรณีอื่น ๆ ต่อไป

กรณีที่สอง



กรณีนี้เราไม่วิวว่า ชั่วแม่เหล็ก
ชั่วโคเป็นชั่วเหนือ ชั่วโค
เป็นชั่วใต้

แต่เราวิวว่า ถ้าเคลื่อน
ที่ขดลวดขึ้นบนแล้วจะ เกิด
กระแสเหนี่ยวนำไหลจาก

B มายัง A

ท่านลองกางมือขวาให้นิ้วทั้งสามตั้งฉากกัน ให้นิ้วกลางชี้
จากหน้ากระดาษเข้าหาตัวท่าน ($B \rightarrow A$) และ นิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้นบน ดังนั้น
จะได้ว่า นิ้วชี้จากชั่วแม่เหล็ก..... (X, Y)
ไปยังชั่ว แม่เหล็ก..... (X, Y)

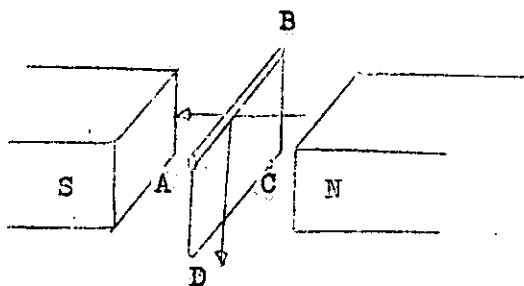
Y
X

๑๔๕. นิ้วชี้ไปยังชั่วโคชั่วนั้นเช่นชั่วใต้ ชี้ออกจากชั่วโคชั่วนั้น เป็นชั่วเหนือ

ดังนั้น การที่ นิ้วชี้ชี้ออกจาก Y ชี้เข้าหา X แสดงว่า
.....เป็นชั่วเหนือ และ.....เป็นชั่วใต้

Y
X

๑๔๖. กรณีสุดท้าย



ขดลวดตัวนำเคลื่อน
ที่ลงมาข้างล่างผ่าน
สนามแม่เหล็ก ดังรูป

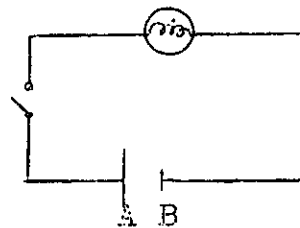
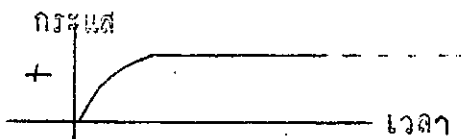
	กระแสเหนี่ยวนำจะไหลจาก ไปยัง
A, B	๑๕๗. เยี่ยมมาก นับว่าท่านมีความตั้งใจและความพยายามดีมาก ขอให้พยายามต่อไปอีกนิด จงจะสำเร็จแล้ว เป็นอันว่า เราได้รู้แล้วว่า เมื่อลวดตัวนำเคลื่อนผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก จะเกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้นและกระแสเหนี่ยวนำมีทิศทางอย่างไรและเราจะนำความรู้นี้ไปใช้ในการพิจารณาการทำงานของไดนาโมต่อไป
	๑๕๘. ต่อไปท่านควรจะได้รู้จักชนิดของกระแสไฟฟ้าเสียก่อน <u>กระแสไฟฟ้ามี ๒ ชนิด คือ</u> ๑. กระแสไฟตรง (Direct Current) เขียนย่อว่า D.C ๒. กระแสไฟสลับ (Alternating current) เขียนย่อว่า A.C กระแสไฟฟ้ามี ชนิดคือ
๒. ๑. กระแสไฟตรง ๒. กระแสไฟสลับ	๑๕๙. ลักษณะของกระแสไฟตรง (D.C.) คือ <u>มีทิศทางไหล</u> <u>ทางใดทางหนึ่งแน่นอนคงที่ ไม่ไหลกลับไปกลับมา</u> ทิศทางไหลของไฟกระแสตรง (D.C.) จะ

แน่นอนคงที่
ไม่ไหลกลับไปมา

๒๐๐. สำหรับไฟกระแสสลับ (A.C.) จะมีทิศทางการไหลกลับไปกลับมา
ทิศทางการไหลของกระแสไฟสลับจะ

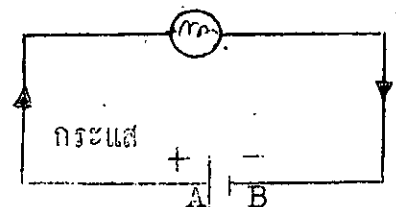
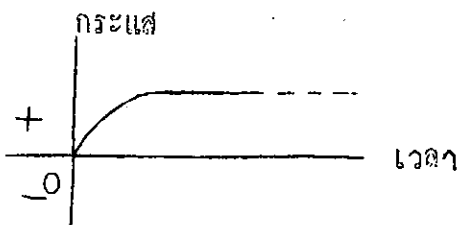
กลับไปกลับมา

๒๐๑. ถ้าเรานำกระแสไฟตรงมาเขียนกราฟ โดยเทียบระหว่างปริมาณ
กระแสกับเวลา จะได้กราฟที่ใกล้เคียงดังรูป



เมื่อกดสวิตช์ให้กระแสไฟ
เกิน กระแสไฟจะค่อย
เพิ่มขึ้นจากศูนย์ขึ้นไป
เรื่อย ๆ และจะคงที่
เช่นนั้นจนกว่าจะตัดวงจร

๒๐๒. จากกรอบที่ ๓๖ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะคงที่ ถ้า
เทียบกับวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะออกจากขั้วบวก คือ A ผ่าน
หลอดไฟ แล้วไปเข้าขั้วลบ คือ B เมื่อนำไปเขียนกราฟ ทิศทางของ
กระแสไฟฟ้าจะอยู่ด้านบนของกราฟ ไม่ลงมาอยู่ด้านล่าง เพราะ
ทิศของกระแสไฟไหลคงที่ไม่ไหลกลับทิศไปมา



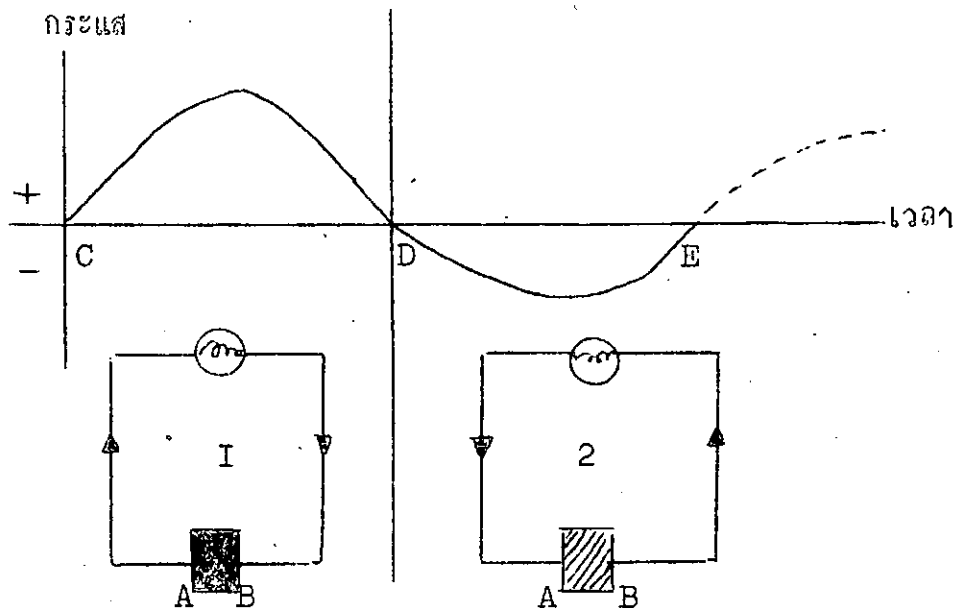
เราดูทิศทางของกระแสไฟฟ้าว่าไหลคงที่ไม่กลับทิศไปมา จาก
กราฟว่า ถ้ากระแสอยู่ด้านบน ของกราฟ ตลอดไป แสดงว่าทิศของ
กระแสไฟไหลคงที่

บวก

๒๓. ถ้ากราฟของกระแสไฟอยู่ อยู่ตำแหน่งบวกบ้างแล้วกลับมาอยู่ตำแหน่ง บ้าง เช่นนี้ จะจัดว่าเป็นกระแสไฟตรงหรือไม่

ไม่เป็น

๒๔. ที่นี่เรามาสองพิจารณาการ เขียนกราฟของกระแสไฟสลับบ้าง

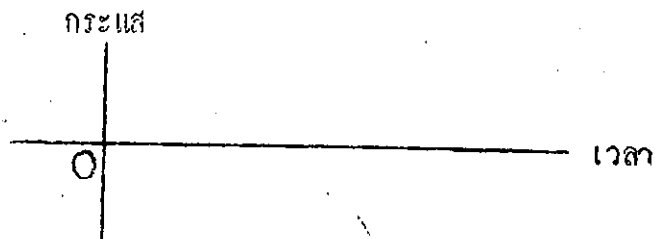


รูปที่ ๑ คือ ช่วงกระแสไฟจาก $C \rightarrow D$ กระแสไฟออก จาก A ผ่านหลอดไฟไปเข้า B เราให้ทิศทางนี้เป็นแกนบวกของ กราฟ

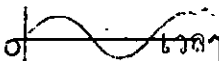
รูปที่ ๒ คือ ช่วงกระแสไฟจาก $D \rightarrow E$ กระแสไฟออก จาก B ผ่านหลอดไฟไปเข้า A ส่วนทางกับรูปที่ ๑ เราจึงให้ เป็น ทิศทางลบ และอยู่ ตำแหน่งล่าง ของกราฟ

๒๐๕. จากกราฟในรอบที่ ๓๘ ท่านจะเห็นว่ากระแสไฟไหลกับไป
กลับมา ไหลทำนองและจำนวนสลับกันไป

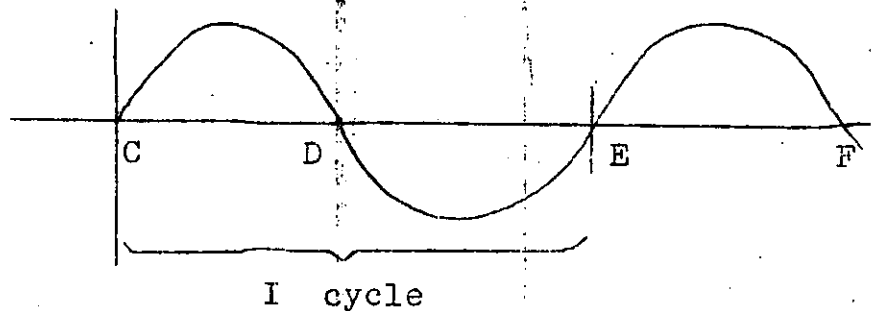
ท่านจงเขียนกราฟ ลักษณะของกระแสไฟสลับ



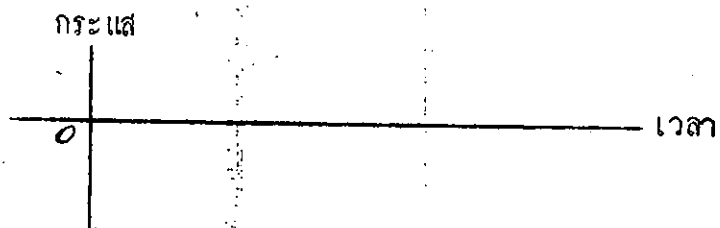
กระแส



๒๐๖. ช่วงระยะจาก C ถึง E เราเรียกว่ากระแสไหล ๑
รอบหรือกระแส ๑ cycle



๒๐๗. ท่านจงเขียนลักษณะกระแสไฟสลับเพียง ๑ cycle



เก่งมาก บัดนี้ท่านก็เสียพยายามมาพอสมควรแล้ว ขอแสดงความ
ยินดีในความสำเร็จครั้งนี้ของท่าน ขอให้ท่านมีความพยายามโดย
สม่ำเสมอเช่นนี้โดยตลอดเถิด.

๒๙. ต่อไปเราจะพิจารณาการทำงานของไดนาโมที่จ่ายกระแสไฟฟ้า
ซึ่งมีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า A.C. Generator

A.C. Generator หมายถึง.....

ไดนาโมที่จ่าย
กระแสไฟฟ้า

๒๙. ส่วนประกอบของ A.C. Generator มีที่สำคัญ ๔ อย่าง คือ

๑. แม่เหล็ก
๒. ขดลวด (Armature)
๓. แปรง (Brush)
๔. แหวนลื่น (Slip ring)

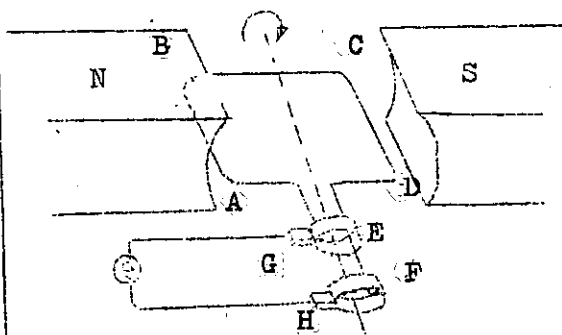
ส่วนประกอบของ A.C. Generator คือ

๑.
๒.
๓.
๔.

๑. แม่เหล็ก
๒. ขดลวด
๓. แปรง
๔. แหวนลื่น

๒๑๐. ลักษณะของ A.C. Generator

เป็นดังรูป



ABCD เป็นขดลวดรูปสี่เหลี่ยม
สมมติให้มีเพียงเส้นเดียว

E, F เป็นแหวนลื่นที่ติดกับ

แปรง G และ H ตาม

ลำดับ ขดลวดด้านซ้ายหรือ

ด้าน AB จะมาเชื่อมติดกับ

แหวน E

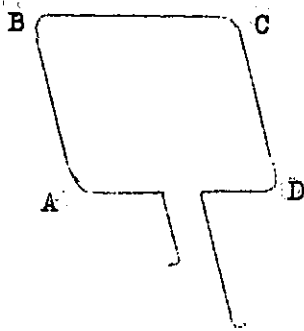
ขดลวดด้านขวาหรือด้าน CD จะลัดแหวน E มาเชื่อมติดกับแหวน F

จากรูป ส่วนที่เป็นแหวนลื่น คือ.....และ.....
 ส่วนที่เป็นแปรง คือ.....และ.....

E, F

G, H

๒๑๑. ลองแยกส่วนประกอบมาพิจารณาแต่ละส่วนดังนี้



ซดลวค ABCD รูป 

มีปลายยื่นออกมาเชื่อมคือ
กับวงแหวน



แหวนลื่นเป็นลักษณะรูปทรง
กระบอกจะเชื่อมติดกับซด
ลวค

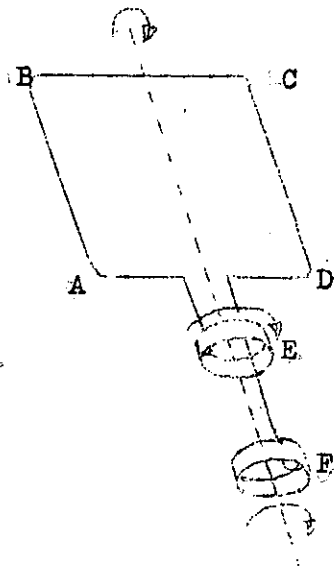


แปรง เป็นวัสดุที่สึกง่ายเช่น
ถ่านจะแตะกับวงแหวนทำ
หน้าที่รับกระแสดออกไปวงจร
ภายนอก การที่ทำให้มันสึก
ง่ายเพราะแปรงจะต้องเสียด
สีกับวงแหวนตลอดเวลาการ
ให้แปรงสึกแล้วเปลี่ยนจะ
สะดวกกว่าการ เปลี่ยนวง-
แหวน

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับกระแสดออกไปใช้งานในวงจรภายนอก
คือ.....

แปรง

๒๑๒. การเชื่อมต่อระหว่างซดลวคกับแหวนลื่นเป็น ดังรูป



ทิศทางของขดลวด เชื่อมติด

กับแท่น E

ทิศทางของขดลวดตลอดแท่น

มาเชื่อมติดกับแท่น F

ดังนั้น เราให้ขดลวดหมุน

โดยมีเส้นประเป็นแกน การ

หมุนดังรูป วงแหวน E

และ F ก็ย่อมระเหวไปตาม

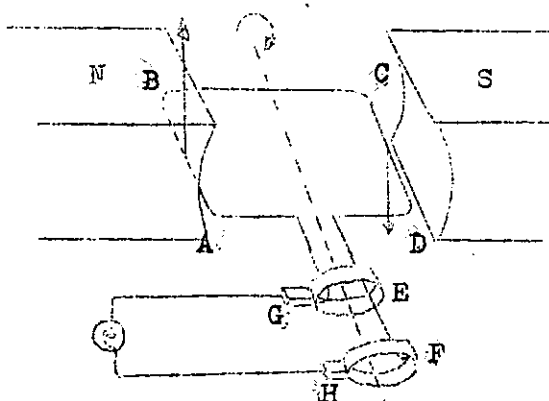
ขดลวดไปด้วย เพราะมันเชื่อม

ติดกัน

ถ้าขดลวดหมุน ส่วนที่หมุนตามขดลวด คือ

แท่น E และ F

๒๑๓. ขอให้ท่านพิจารณารูปอีกครั้ง



ถ้าเราให้ขดลวดหมุนดังรูป

คือ ตามเข็มนาฬิกา โดยมี

เส้นประเป็นแกนการหมุนแล้ว

ทิศทางของขดลวดจะเคลื่อนที่

ขึ้นขณะเดียวกัน ทิศทางของ

ขดลวดจะเคลื่อนที่ลง

ถ้าให้ขดลวดหมุนตามเข็

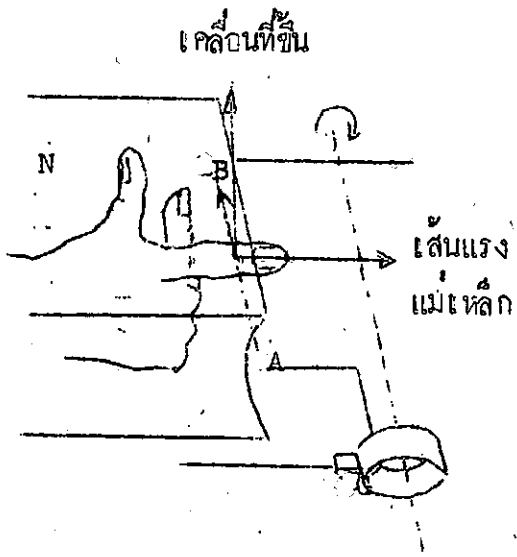
มนาฬิกา ด้านที่เคลื่อนที่ขึ้น

คือ.....และที่

เคลื่อนที่ลงคือ.....

ชี้ก้น
ชี้ก้น

๒๑๔. เรามาพิจารณาโดยเฉพาะชี้ก้น คือตำแหน่งที่เคลื่อนที่ขึ้น



เราจะใช้กฎมือขวาเพื่อ
พิจารณาทางเดินของ
กระแสเหนี่ยวนำ เมื่อตำแหน่ง AB
เคลื่อนที่ขึ้นตัดเส้นแรง
แม่เหล็ก ผ่านลวดทอง
มือขวาทรงรูป ให้นิ้วหัว
แม่มือชี้ขึ้นเพราะขดลวด
ตำแหน่งที่เคลื่อนที่ขึ้น ส่วนนิ้วชี้
จะชี้ไปยังขั้วใด

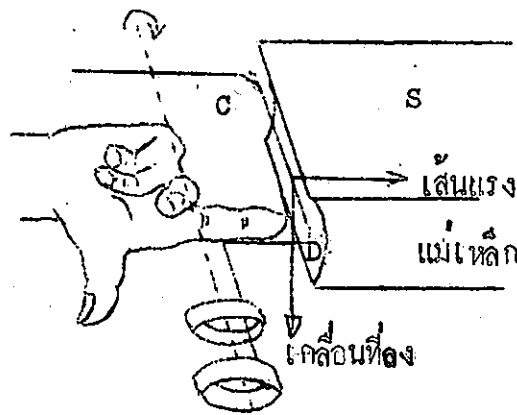
ดังนั้น จะได้ว่านิวกลางชี้จาก A → B

๒๑๕. เนื่องจากทิศการชี้ของนิวกลางจะแทนทิศของกระแสเหนี่ยวนำ
ถ้านิวกลางชี้จาก A → B แสดงว่า กระแสเหนี่ยวนำ
ไหลจาก ไปยัง

A ไปยัง B

๒๑๖. นั่นคือเราจะได้ผลออกมาว่า ขณะที่ชี้ก้นเคลื่อนที่ขึ้น จะเกิด
กระแสเหนี่ยวนำไหลจาก A → B

การนำมาพิจารณาอีกขวามือที่เคลื่อนที่ลงบ้าง

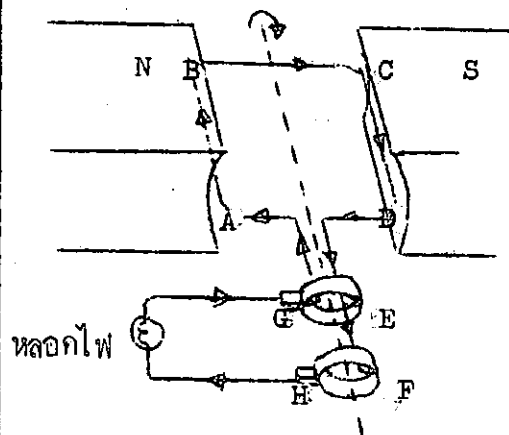


อีกขวามือ เคลื่อนที่ลง
นิ้วหัวแม่มือจึงชี้ลง ส่วนนิ้วชี้
จะชี้ไปยังซ้ายได้
ดังนั้นนิ้วกลางจะชี้เข้าหา
ตัวทวนหรือชี้จาก C → D

การที่นิ้วกลางชี้จาก C → D แสดงว่ากระแสเหนี่ยวนำ
 มีทิศทางจาก ไปยัง

C ไปยัง D

๒๑๓. จากกรอบที่ ๒๑๕ เราได้ว่ากระแสเหนี่ยวนำไหลจาก A → B
 จากกรอบที่ ๒๑๖ เราได้ว่ากระแสเหนี่ยวนำไหลจาก E → D
 รวมกระแสทั้งวงจร เป็นดังรูป



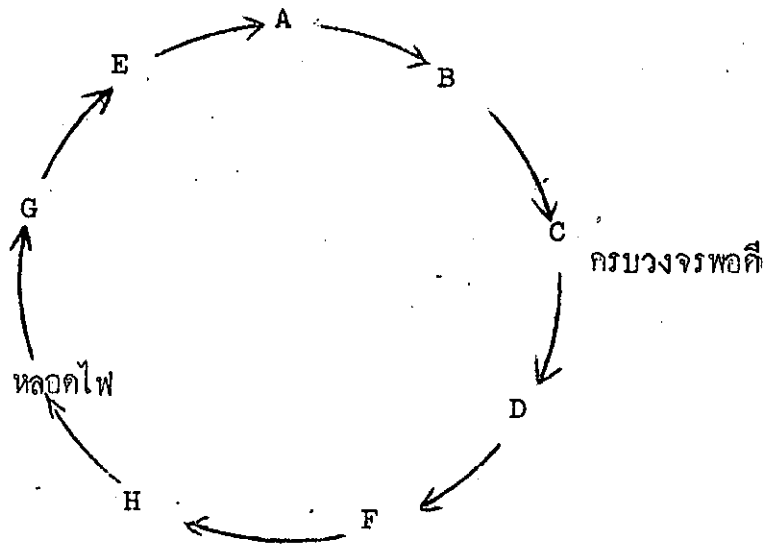
ถ้าเริ่มจาก A ลำดับการ
 ไหลของกระแสไฟเป็นดังนี้
 A → B → C → D
 → F → H →
 → ผ่านหลอดไฟ → G
 → E → A
 ครบหนึ่งรอบ

ท่านลองลำดับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจากรูปโดยเริ่มจาก A

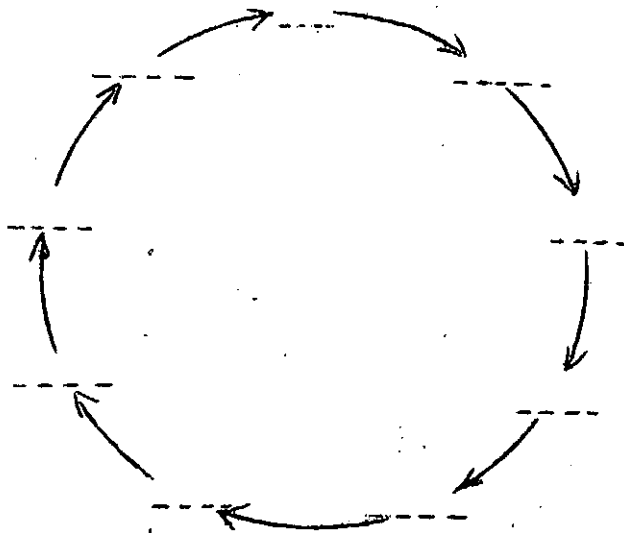
A →

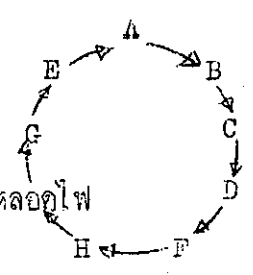
B → C → D →
→ F → H → หลอด
ไฟ → G → E → A

๒๑๘. เพื่อให้ง่ายขึ้น เราจะพิจารณาลำดับการไหลของกระแสเหนี่ยวนำเป็นวงกลมได้ดังนี้

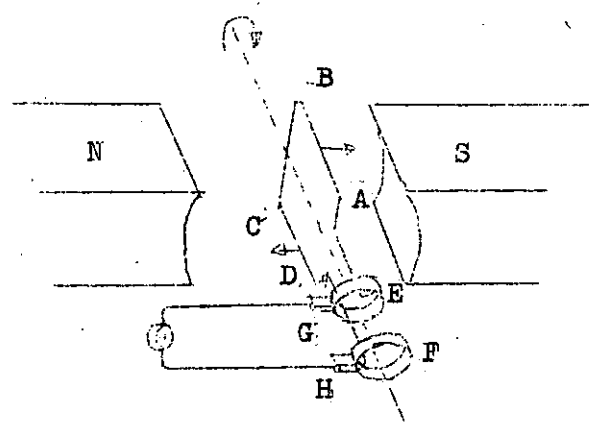


๒๑๙. ท่านลองลำดับทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำตามลำดับจากแผนภูมิวงกลมที่กำหนดให้ไว้โดยเริ่มจาก A





๒๖๖. ต่อมาเราพิจารณาเมื่อขดลวดหมุนต่อไปตามแนวทางเดิม ได้ ๕ รอบ ลักษณะการวางตัวของขดลวดจะเป็น ดังรูป



ตอนนี้ขดลวดวางตัวในแนว
ตั้ง ซีกซ้าย คือ AB
จะมายุคานบน ขณะเดียวกัน
ซีกขวา คือ CD
จะหมุนมาอยู่คานล่าง

เมื่อขดลวดหมุนมาได้ ๕ รอบ ขดลวดจะวางตัวในแนว.....
โดยที่ ซีกซ้าย จะหมุนมาอยู่คานบน ซีกขวา จะหมุนมาอยู่คานล่าง.....
.....

ตั้ง
บน
ล่าง

๒๖๗. เมื่อมาถึงตำแหน่งนี้โปรดสังเกตให้ดีกว่า ถ้าเราขยับขดลวดให้
หมุนต่อไป คานบนและคานล่างของขดลวดจะเคลื่อนที่ในแนวขนานกับเส้น
แรง แม่เหล็กทันที

เมื่อขดลวดวางตัวในแนวตั้ง ถ้าหมุนขดลวดต่อไป คานบน
และคานล่างของขดลวดจะเคลื่อนที่ในแนว.....กับเส้นแรง
แม่เหล็ก

ขนาน

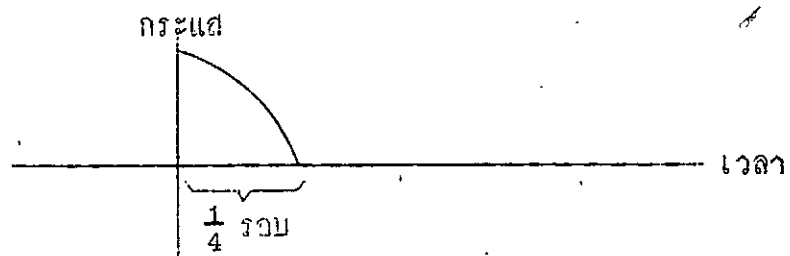
๒๒๒. ในบทก่อนเราเคยเล่ามาแล้วว่า ถ้าลวดตัวนำเคลื่อนที่ขนานกับ
เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำในลวดตัวนำนั้น

ดังนั้น ถ้าขณะที่ขดลวดวางตัวในแนวตั้ง เช่นนี้ เมื่อหมุน
ขดลวดจะ กระแสเหนี่ยวนำ

ไม่เกิด

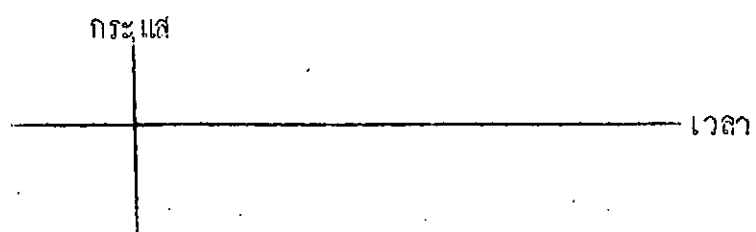
๒๒๓. เป็นอันว่าเมื่อขดลวดหมุนมาได้ $\frac{1}{2}$ รอบ จนขดลวดวางตัวใน
แนวตั้ง กระแสเหนี่ยวนำก็จะค่อย ๆ ลดลงมาเป็นศูนย์ไม่เกิดกระแสไหล
ในวงจร

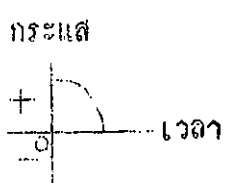
ลักษณะกราฟของกระแสไฟจะเป็นดังรูป



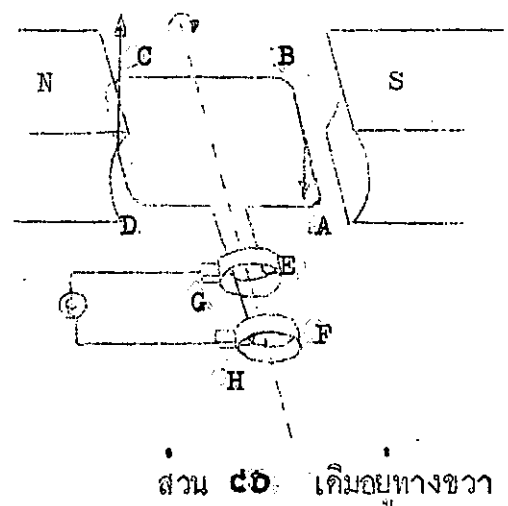
กระแสไฟจะค่อย ๆ ลดลงมาเป็นศูนย์เมื่อหมุนได้ $\frac{1}{2}$ รอบ

๒๒๔. จง เขียนกราฟลักษณะของ กระแสเหนี่ยวนำเมื่อขดลวดหมุนไปได้
 $\frac{1}{2}$ รอบ





๒๒๕. ต่อไปถ้าขดลวดหมุนต่อไปจนได้ $\frac{3}{4}$ รอบ ลักษณะการวางตัวของขดลวดจะเป็นดังรูป



ถ้าท่านยอมกลับไปเปรียบเทียบกับรูปในกรอบที่ ๒๑๗ จะเห็นว่าภาพกลับซ้ายเป็นขวา กลับขวาเป็นซ้ายกัน

ด้าน AB เริ่มอยู่ทางซ้าย แต่ตอนนี้หมุนกลับมายังทาง ด้านขวา ก็จะหมุนกลับมาทาง ซ้าย

๒๒๖. ขอให้ท่านพิจารณารูปภาพในกรอบที่ ๒๒๕ ถ้าขดลวดหมุนต่อไปในทิศทางเข็มนาฬิกาเช่นเดิม ด้านที่เคลื่อนที่ขึ้นคือด้านซ้ายหรือ cd และด้านที่จะเคลื่อนที่ลงคือ ด้านขวาหรือ AB ซึ่งตรงข้ามกับรูปในกรอบที่ ๒๑๓

เมื่อขดลวดหมุนมาอยู่ในแบบของรูปในกรอบที่ ๒๒๕ ถ้าเราให้หมุนต่อไป ด้านที่เคลื่อนที่ขึ้นคือ.....และด้านที่เคลื่อนที่ลงคือ.....

CD

AB

๒๒๓. พิจารณากันที่เคลื่อนที่ขึ้นคือคันชักหรือ

CD เราจะหาทิศทาง

ของกระแสเหนี่ยวนำ

ได้จากกฎมือขวาโดย

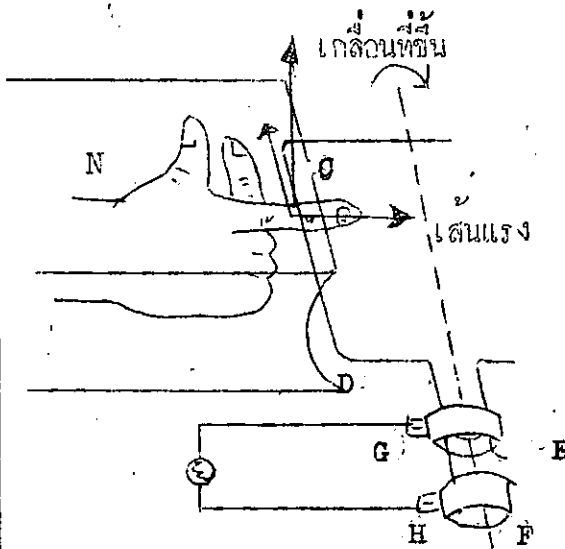
การทำมือตามรูป

จากรูป

กระแสเหนี่ยวนำจะไหล

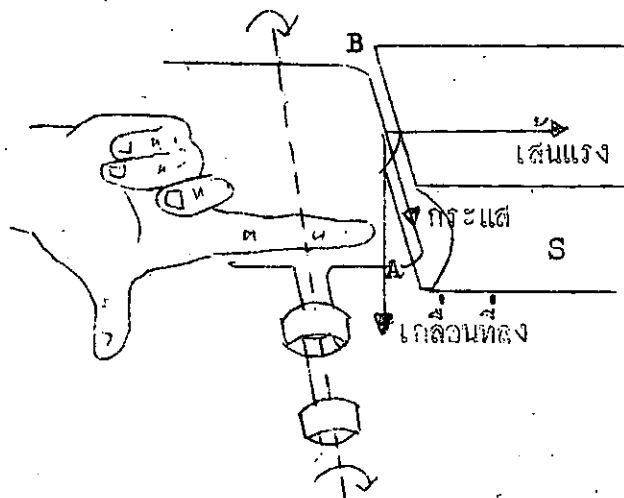
จาก ไปยัง

.....



D ไปยัง C

๒๒๔. ถูกต้องไหลจาก D ไปยัง C นับว่าท่านได้พยายามขึ้นพอสมควรแล้ว ต่อไปเราจะพิจารณากันขวามือ ซึ่งตอนนี้คือ AB บ้าง และคันขวามือหรือ AB นี้เคลื่อนที่ลง



ตามรูป กระแส

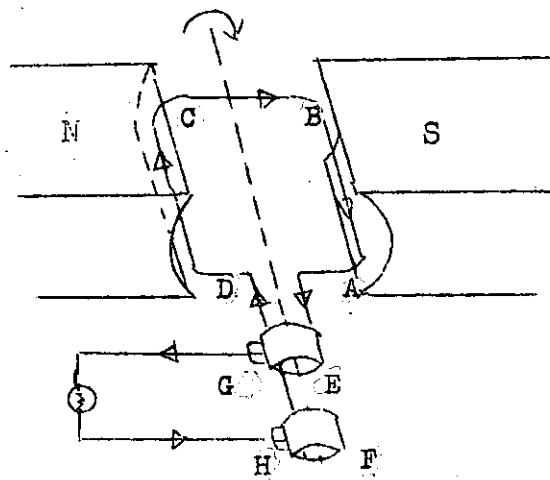
เหนี่ยวนำจะไหล

จาก

ไปยัง

B ไปยัง A

๒๒๘. จากกรอบที่ ๒๒๗ เราได้ว่ากระแสเหนี่ยวนำไหลจาก $D \rightarrow C$
และในกรอบที่ ๒๒๘ กระแสเหนี่ยวนำไหลจาก $B \rightarrow A$ เรารวม
ทั้งวงจรได้ดังนี้



ถ้าเริ่มจาก A

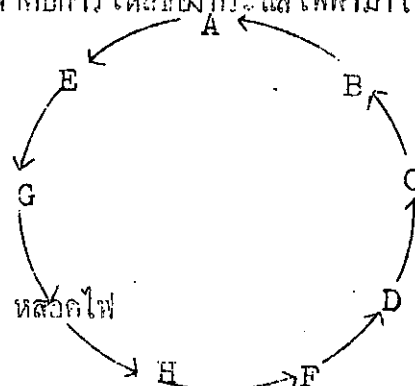
$A \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow$
 $\rightarrow$ หลอดไฟ $\rightarrow$
 $\rightarrow H \rightarrow F \rightarrow D$
 $\rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$

จงเขียนตัวอักษรแสดง
ลำดับการไหลของกระแส
เหนี่ยวนำในรูปเมื่อเริ่ม
จาก A

$A \rightarrow \dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

$A \rightarrow E \rightarrow G$
 $\rightarrow$ หลอดไฟ
 $\rightarrow H \rightarrow F$
 $\rightarrow D \rightarrow C$
 $\rightarrow B \rightarrow A$

๒๒๙. ถ้าเรานำลำดับการไหลของกระแสไฟฟ้ามาเขียนเป็นวงกลมจะ
ได้ดังรูป



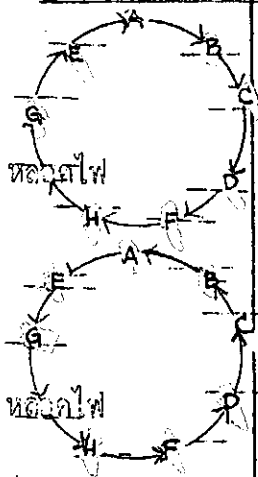
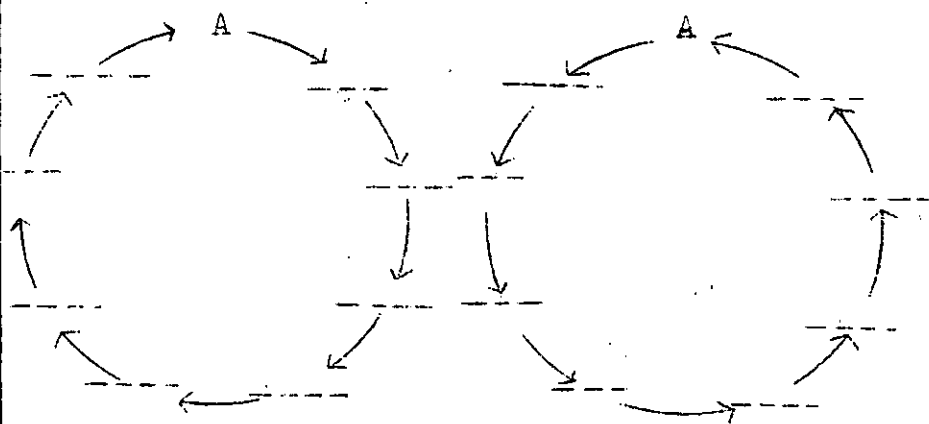
๒๓๑. ท่านลองย้อนกลับไปในรอบที่ ๒๑๒ แล้วเขียนลำดับของ กระแส
ในวงกลมที่อยู่ทางซ้ายมือ และ เปรียบเทียบกับรูปจากกรอบที่ ๒๓๐

จากกรอบที่ ๒๑๓

จากกรอบที่ ๒๓๐

ลำดับการไหลของกระแส เป็นดังนี้

ลำดับของการไหลของกระแส
เป็นดังนี้



๒๓๒. ขอให้ท่านสังเกตดูว่า ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับ
ระหว่างวงกลมสองวงในรอบที่ ๒๓๑ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะ...
.....(สวนทางกัน, ไปทางเดียวกัน)

ส่วนทางกัน

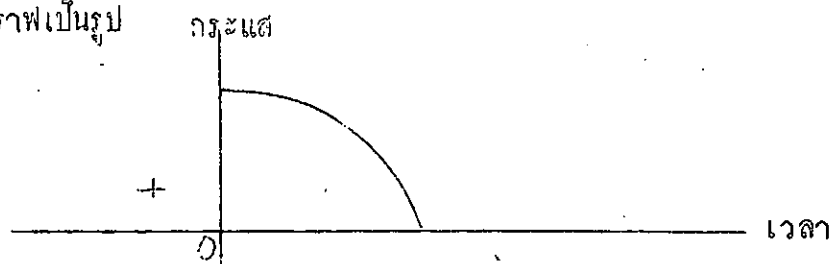
๒๓๓. ถูกแล้ว กระแสไฟเคลื่อนสวนทางกัน

กระแสไฟกลับมีคุณสมบัติว่า กระแสจะไหลสวนทางกลับ
 กันนั้น กระแสไฟที่ได้นี้คือ กระแสไฟ

สลับ

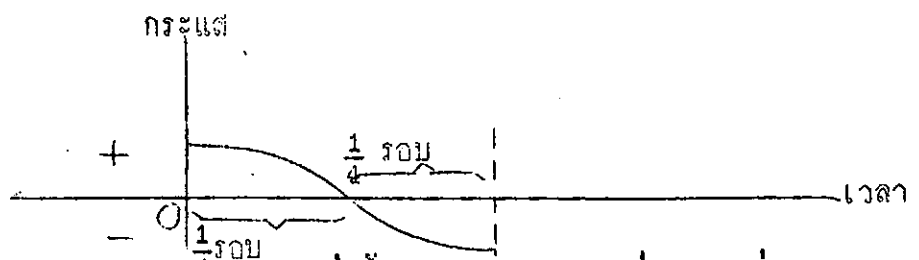
๒๓๔. ไขแล้ว กระแสไฟสลับ

จากกรอบที่ ๒๓๓ เราได้กระแสไฟในวงจรเมื่อนำมาเขียน
 กราฟเป็นรูป



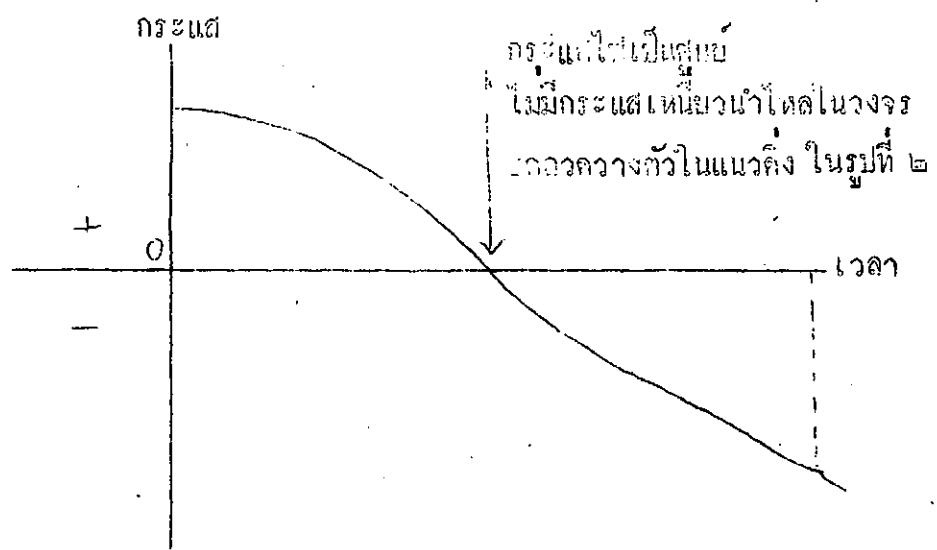
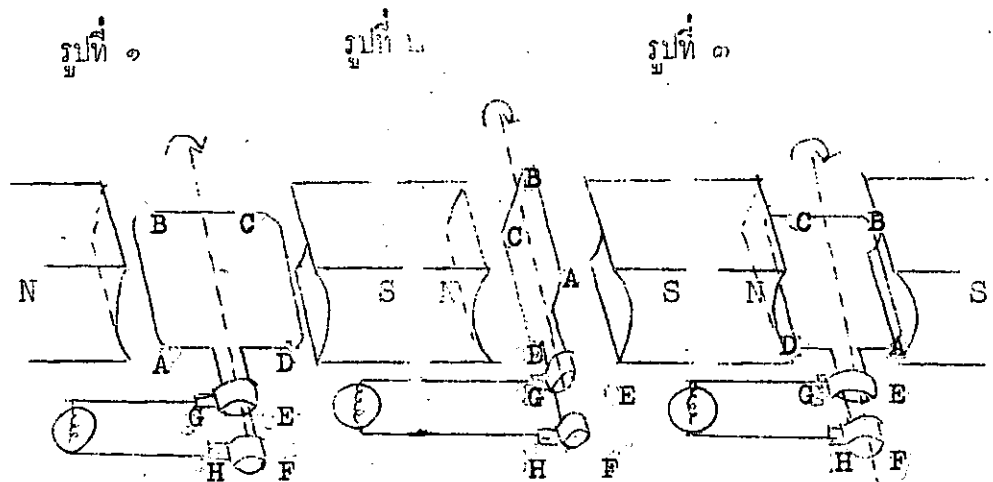
แต่กระแสไฟที่ได้จากกรอบที่ ๒๒๙ ที่ขดลวดหมุนต่อจากกรอบ
 ที่ ๒๒๓ มา มีทิศทาง สวนทางกัน

Exm ๕. กันนั้น กราฟของกระแสไฟจะต้องมีทิศทางการไหลตรงกันข้ามกัน
 คราวแรก เราให้มีทิศทางบวก กันนั้นคราวหลังถ้ามาจึงต้องมีเครื่องหมาย
 หมายถึง เมื่อนำกราฟการไหลของกระแสมาต่อกันจะได้รูป



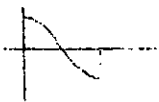
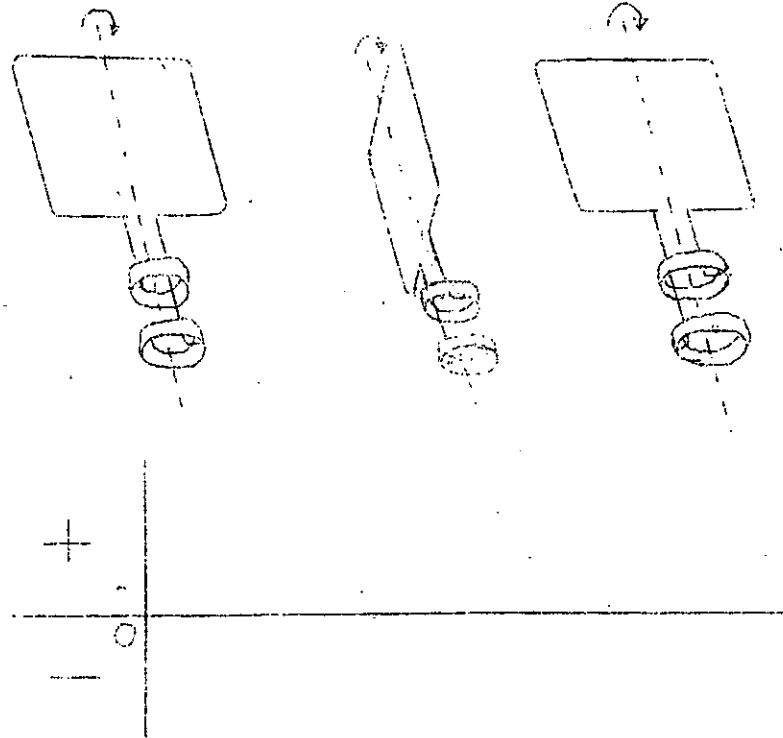
ลักษณะของกระแสไฟที่ได้ใน $\frac{2}{\pi}$ รอบหลัง จะค่อย ๆ เพิ่ม
 จากศูนย์จนถึงค่าสูงสุด แต่ทิศทางแตกต่างจากครั้งแรก

๒๓๖. ลำดับการ เกิดของกระแสไฟฟ้าในกรอบที่ ๒๓๕ เป็นดังนี้



รูปที่ ๑ เมื่อจลลวนหมุนไปกระแสจะมากที่สุดแล้วค่อย ๆ ลดลง
มาเป็นศูนย์ในรูปที่ ๒ เมื่อขลลวงทั่วในแนวตั้ง และเมื่อหมุนต่อไป
กระแสจะค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้นอีก แต่ทิศทางตรงข้ามกัน คือ เขียนกระแส
อยู่ทางด้านล่างของกราฟ

๒๓๓. ขอให้ท่านลอง เขียนลักษณะกราฟของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากรูป
เมื่อขดลวดวางตัวอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ กันดังรูป ต่อเนื่องกันในการ
หมุนตามเข็มนาฬิกา (ไม่เขียนแท่งแม่เหล็กไว้เพื่อให้ดูง่ายขึ้นแต่ความ
จริงยังต้องมีแท่งแม่เหล็กอยู่)



๒๓๔. จากรูปที่ ๑ ไปรูปที่ ๒ หมุนได้ $\frac{\pi}{2}$ รอบ จากรูปที่ ๒ ไปรูปที่ ๓
หมุนได้ $\frac{\pi}{2}$ รอบ

ดังนั้น จากรูปที่ ๑ ไปรูปที่ ๓ หมุนได้รอบ

$$\frac{2}{2} + \frac{2}{2} = \frac{4}{2}$$

๒๓๕. ท่านจะสังเกตได้ว่า ขดลวดหมุนไป $\frac{2}{2}$ รอบ กระแสไฟลดลง
มาเป็นศูนย์ ๑ ครั้ง ก็เมื่อตอนขดลวดหมุนมาอยู่ตำแหน่งที่ ๒

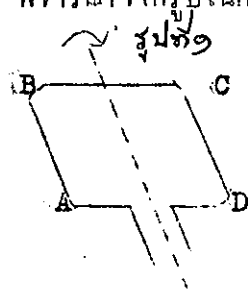
ขดลวดหมุน $\frac{2}{2}$ รอบ กระแสไฟลดลงมาเป็นศูนย์ ครั้ง

๑

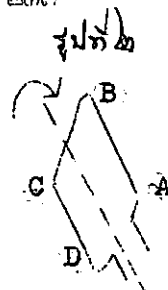
๒๓๖. บทเรียนนี้อาจจะดูยุ่งยากบ้าง แต่ก็ยังไม่เสียความสามารถ
 ของท่านไม่ว่าหรือ บัดนี้ท่านก็เข้ามาได้กว่าครึ่งแล้ว ขอให้พยายาม
 ไปอีกสักนิดเถิด

ขณะนี้ขดลวดหมุนมาโคจรรอบแล้ว ยังเหลืออีกครึ่งรอบ
 ก็จะหมุนได้ครบ ๑ รอบ เราจะมาพิจารณาครึ่งรอบที่เหลือนี้กันต่อไป

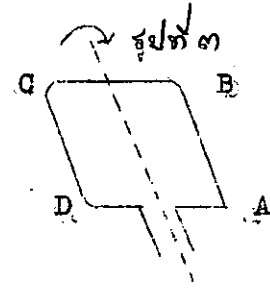
๒๓๗. พิจารณาจากรูปในกรอบที่ ๒๓๗



รูปที่ ๑



รูปที่ ๒



รูปที่ ๓

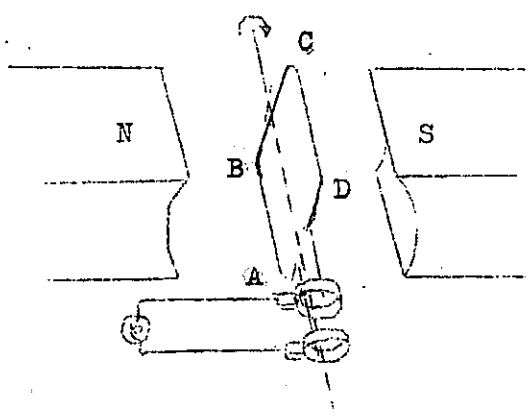
รูปสุดท้ายคือรูป ๓ ขดลวดวางตัวในแนวราบ ถ้าเราให้ขด
ลวดหมุนต่อไปอีก $\frac{2}{2}$ รอบ ขดลวดก็จะกลับมาวางตัวในแนวตั้งอีกครั้ง
แต่ตรงข้ามกับรูปที่ ๒ คือ ด้าน AB จะกลับมามาอยู่ด้านบนและ CD
จะกลับไปอยู่ด้านล่าง

จากรูปที่ ๓ ถ้าให้ขดลวดหมุนไปอีก $\frac{2}{2}$ รอบ ขดลวดจะ
 วางตัวในแนวตั้ง โดยมีด้าน อยู่ด้านบน และ
 อยู่ด้านล่าง

CD

AB

๒๔๒. รูปเมื่อขดลวดวางตัวในแนวตั้งอีกครั้ง รูปนี้ต่อเนื่องมาจากรูปที่ ๓



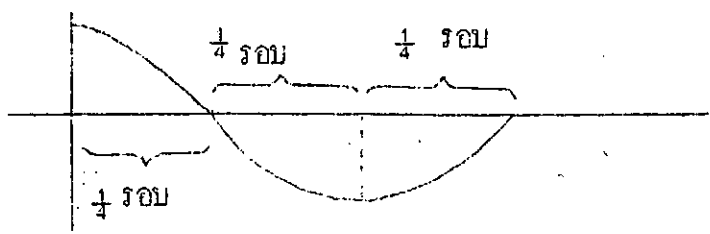
ในกรณีที่ ๒๔๑ เราผ่าน
มาครึ่งหนึ่งแล้วว่า เมื่อขด
ลวดวางตัวอยู่ในแนวตั้ง
ถ้าเราขยับหรือหมุนขดลวด
ไปก็จะมีกระแสเหนี่ยวนำ
เกิดขึ้น

ขณะขดลวดวางตัวในแนว
..... ตั้งรูป
ถ้าหมุนขดลวดต่อไปจะไม่
เกิดกระแสเหนี่ยวนำ

ตั้ง

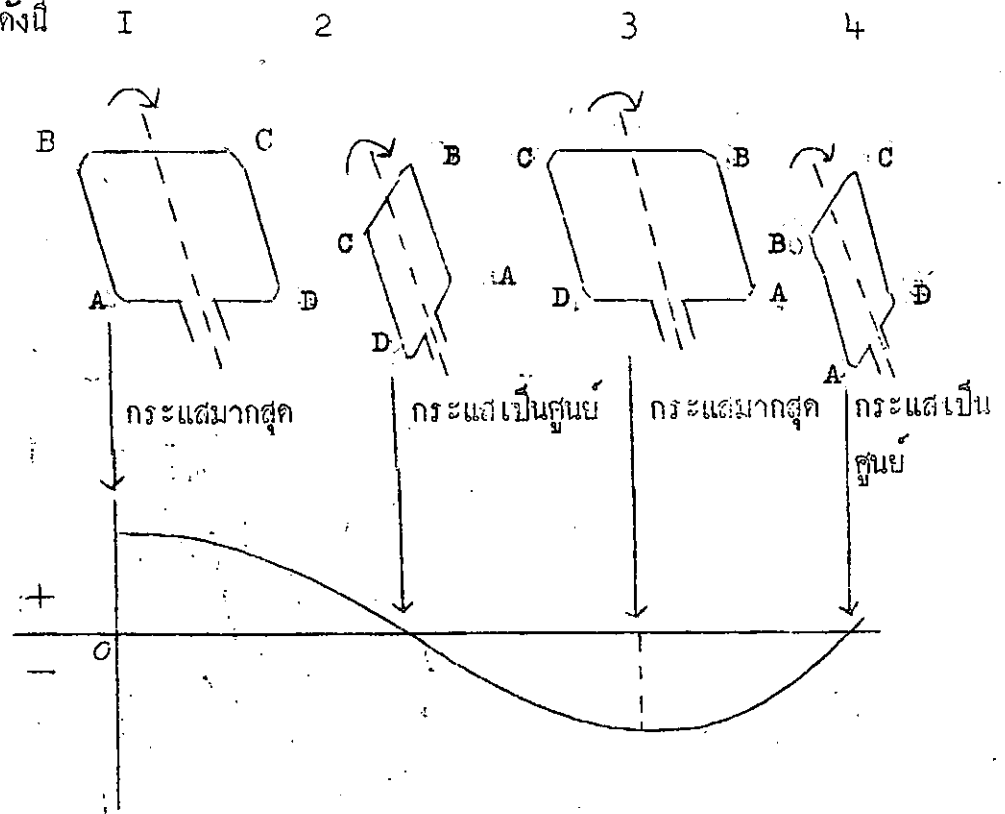
๒๔๓. ดังนั้นในตอนนี้ กระแสเหนี่ยวนำในวงจรก็จะเป็นศูนย์อีกเป็นครั้งที่ ๒ (เป็นศูนย์ครั้งแรกจากกรณีที่ ๒๔๐)

ลักษณะของกระแสเหนี่ยวนำจะค่อย ๆ ลดลงเป็นศูนย์ เมื่อ
ขดลวดวางตัวในแนวตั้ง ถ้าเราจะเขียนกราฟการเกิดกระแสไฟฟ้าที่
เนื่องจากกรณีที่ ๒๓๖ จะได้อกราฟของกระแสไฟฟ้า ดังรูป

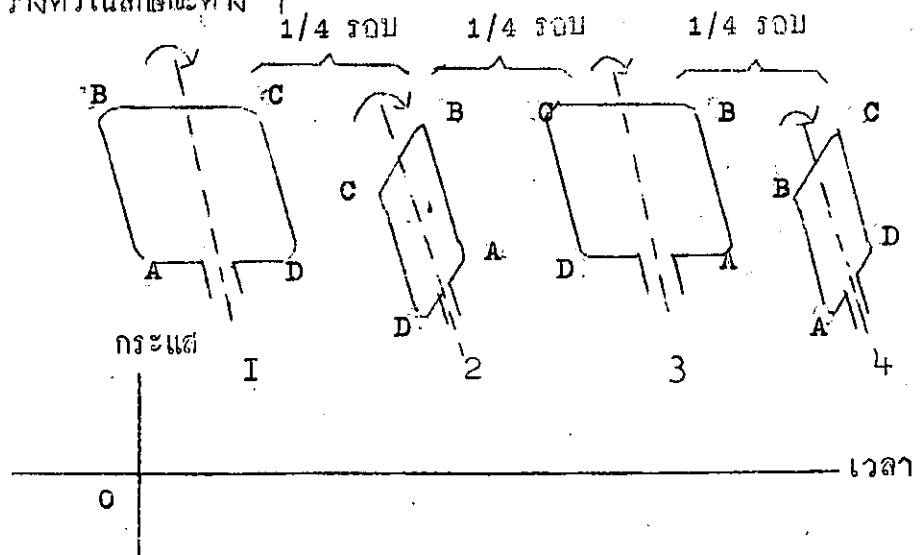


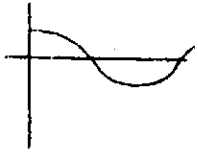
๒๔๔. เราจะเปรียบเทียบการวางตัวทรงขดลวดกับกระแสในวงจรได้

ดังนี้



๒๔๕. ขอให้ท่านเขียนกราฟลักษณะของกระแสเหนี่ยวนำที่ได้เพื่อขดลวดวางตัวในลักษณะต่าง ๆ





๒๔๖. ตอนนี้ชดลวคหมุนไป $\frac{3}{4}$ รอบแล้ว คือจากรูปที่ ๑ ถึงรูปที่ ๓ เป็น $\frac{3}{4}$ รอบ จากรูปที่ ๓ ไปรูปที่ ๔ อีก $\frac{1}{4}$ รอบ รวมเป็น $\frac{3}{4}$ รอบ

ดังนั้นชดลวคจะต้องหมุนอีก รอบ เพื่อให้
ครบ ๑ รอบพอดี

$\frac{1}{4}$

๒๔๗. ถูกแล้ว ต้องหมุนอีก $\frac{1}{4}$ รอบ จึงจะครบ ๑ รอบพอดี

จากรูปที่ ๔ ในกรอบที่ ๒๔๕ ชดลวควางตัวในแนวตั้ง AB

อยู่คั่นกลาง CD อยู่คั่น

บน ถ้าเราให้ชดลวค

หมุนต่อไปอีก $\frac{1}{4}$ รอบ

ชดลวคก็จะมาวางตัว

ตั้งรูป ขอให้ท่านกำหนด

ตัวอักษรแต่ละมุมให้ต่อ

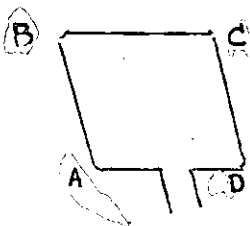
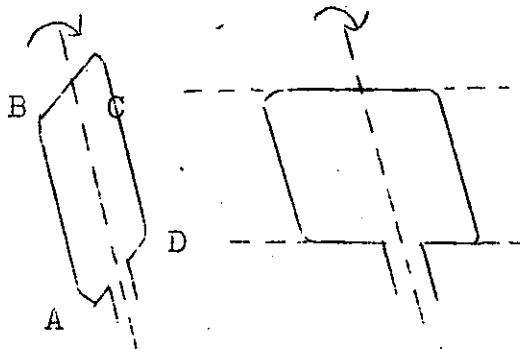
เนื่องจากรูปที่ ๔ เมื่อ

ชดลวควางตัวในแนว

ราบ ว่าชดลวคจะ

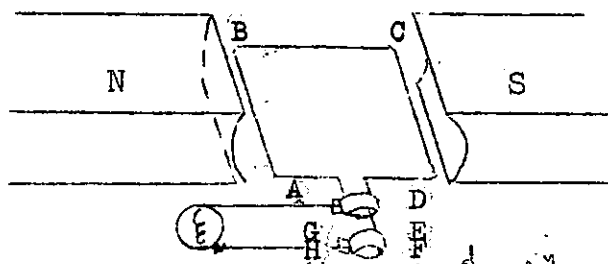
เป็นคันไคและชดลวค

ควรจะเป็นคันไค



๒๔๘. ถูกแล้ว ชดลวคก็เป็น AB ส่วนชดลวคก็เป็น CD ลักษณะ
การวางตัวของชดลวคในสนามแม่เหล็กจะเป็นตั้งรูป

ถ้ากลวงหมุนตามรูป
 ด้านที่เคลื่อนที่ขึ้น คือ
 AB และด้านที่เคลื่อน
 ที่ลง คือ CD



อาศัยกฎมือขวาหาทิศ
 ทางของกระแสเหนี่ยวนำ
 น้ำก็จะได้ว่า

เฉพาะด้าน AB กระแสเหนี่ยวนำไหลจาก ไปยัง...
 และด้าน CD กระแสเหนี่ยวนำไหลจาก ไปยัง

A ไปยัง B
 C ไปยัง D

๒๔๘. เก่งมาก ถ้าท่านตอบได้ถูกต้อง แต่ถ้าตอบไม่ถูกต้องท่านเห็นจะต้อง
 กลับไปพิจารณาในกรอบที่ ๒๑๔ - ๒๑๖ เสียก่อน

ขอให้ท่านลำดับการไหลของกระแสเหนี่ยวนำในวงจรโดยเริ่ม
 จาก A

A → B → C →

.....

A → B → C
 → D → F
 → H → หลอด
 ไฟ → G → E
 → A

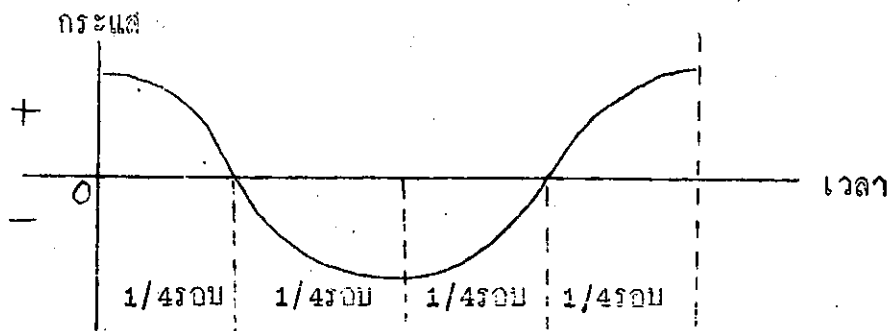
๒๔๙. เก่งจริง เอากระดาษนี้ท่านลอง เปรียบเทียบการไหลของกระแส
 เหนี่ยวนำจากกรอบที่ ๒๔๘ กับกรอบที่ ๒๑๗ ว่า ต่างกัน หรือ เหมือนกัน

.....

เหมือนกัน

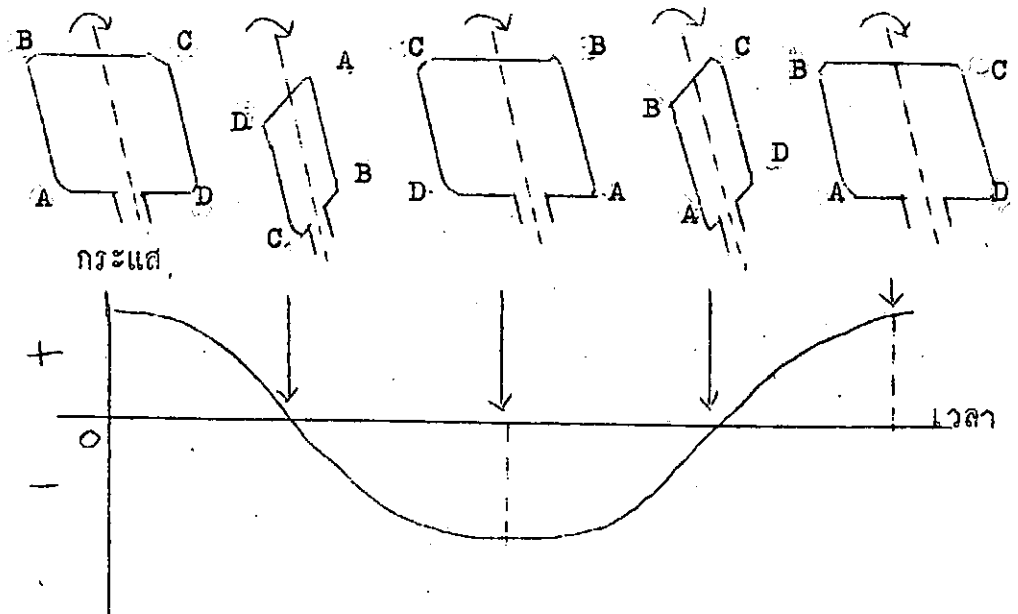
๒๕๑. ใช้แล้ว ทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำเหมือนกัน และทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำในทิศทางนี้ เราเคยให้ว่ามีทิศทางต้านบวกของกราฟ ดังนั้น ในตอนนี้ การไหลของกระแสก็ต้องมีทิศเหมือนกัน คือ ค้านบวก เช่นเดียวกับตอนแรก

กราฟการไหลของกระแสเหนี่ยวนำจะมีลักษณะดังรูป

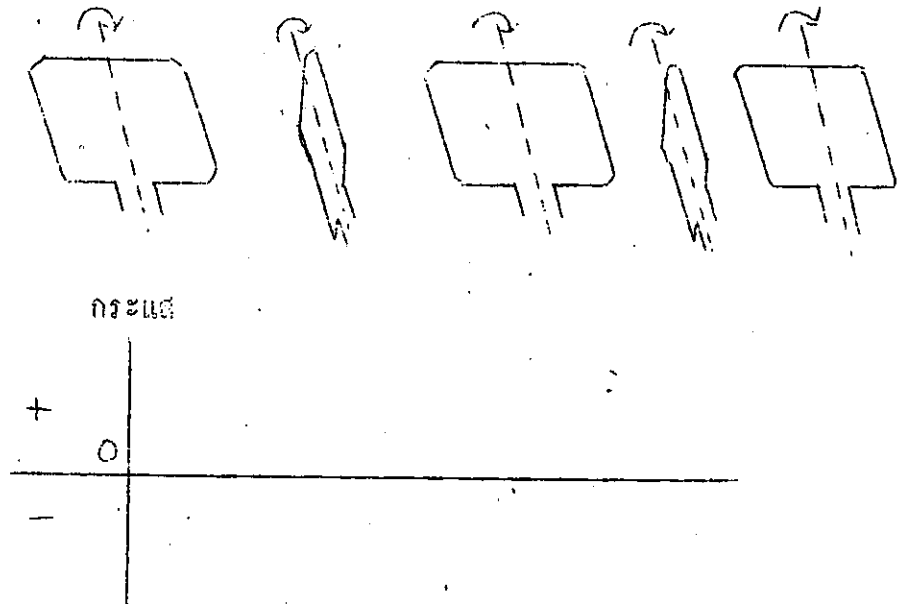


๒๕๒. เป็นอันว่าตอนนี้ขดลวดหมุนมาได้ครบ ๑ รอบ พอได้แล้ว

เราจะเปรียบเทียบการวางตัวของขดลวดกับกระแสในวงจรเมื่อขดลวดหมุนไปได้ ๑ รอบ ดังรูป

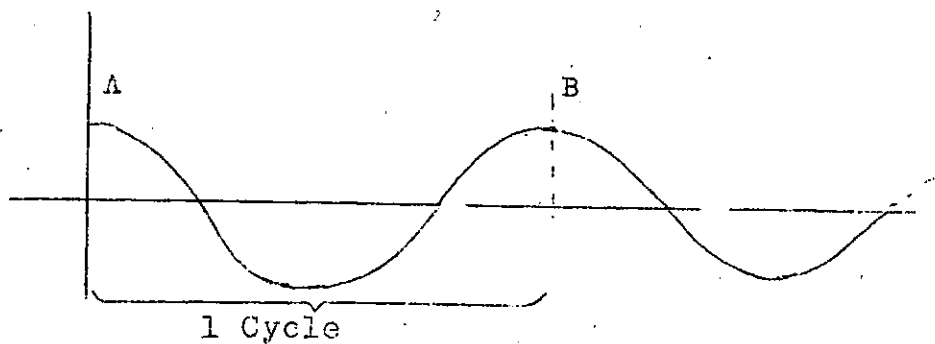


๒๕๓. ขอให้ท่านเขียนกราฟลักษณะของกระแสเหนี่ยวนำที่ได้เมื่อขดลวดวางตัวในลักษณะต่าง ๆ ลงในกราฟข้างล่างของรูปขดลวด (ดูตัวอย่างจากกรอบที่ ๒๕๒)



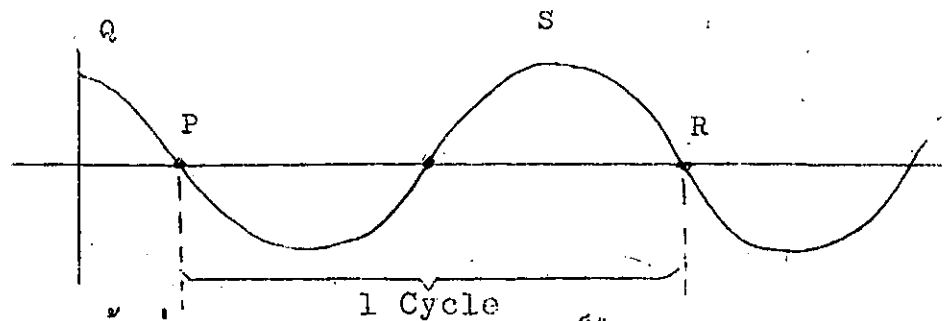
๒๕๔. พยายามอีกนิด จานสำเร็จแล้ว

ลักษณะกราฟของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้นั้นท่านจะสังเกตได้ว่ามีลักษณะคล้าย ๆ ลูกคลื่น ซึ่งถ้าปล่อยให้ขดลวดหมุนต่อไปลักษณะของกระแสไฟจะซ้ำรูปแบบไปตลอด



๒๕๕. จากตำแหน่งหนึ่ง ไปถึงอีกตำแหน่งอันเดียวกันดังไปในลูกคลื่น

เรียกว่า ๑ cycle (รอบ) เช่นจากรอบที่ ๒๕๔ A เป็นตำแหน่งยอกคลื่น B ก็เป็นตำแหน่งยอกคลื่น ช่วงระยะ AB เรียกว่า ๑ cycle

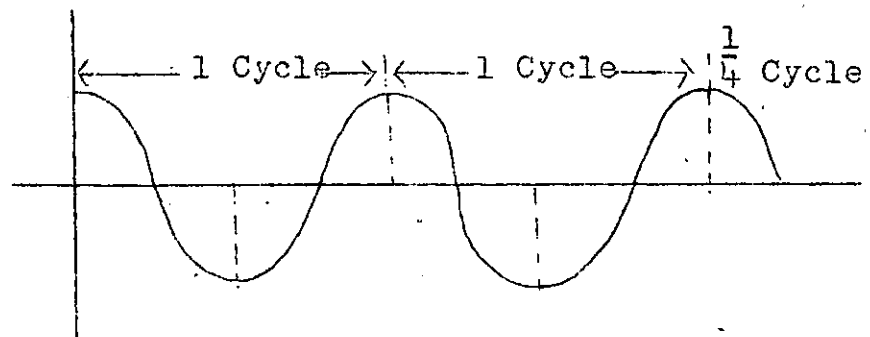


ถ้าเริ่มจาก P ระยะ ๑ cycle ก็คือ ระยะ PR

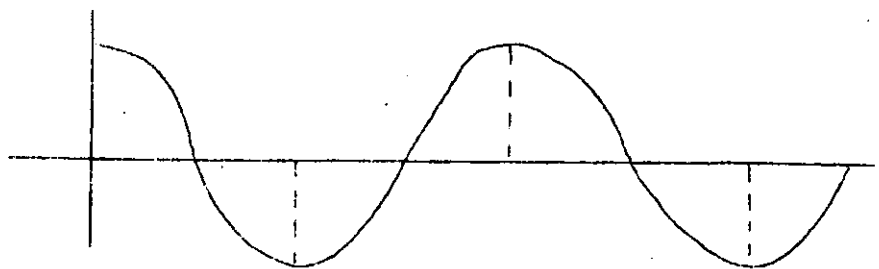
ถ้าเริ่มจาก Q ระยะ ๑ cycle ก็คือ ระยะ

QS

๒๕๖. ขอให้ท่านลองพิจารณากราฟดังรูป



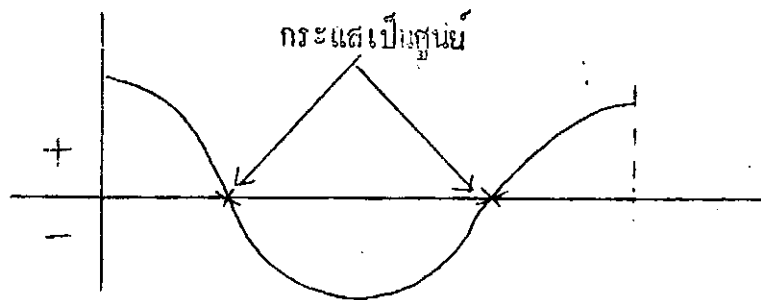
รูปนี้มีจำนวน cycle = $2\frac{1}{4}$ cycles



รูปนี้มีจำนวน cycle = cycles

๑๒

๒๕๓. กระแสไฟสลับ ๑ cycle กระแสไฟจะลดลงมา เป็น ศูนย์ ๒ ครั้ง



ถ้ากระแสไฟสลับ ๒ cycles กระแสไฟจะลดลงมา เป็นศูนย์ ครั้ง

๔๐

๒๕๔. กระแสเป็นศูนย์ คือ ช่วงที่ไม่มีการไหลในวงจร ถ้าเป็นหลอดไฟ หลอดไฟก็จะดับ

ดังนั้น ถ้าหลอดไฟใช้กระแสไฟสลับ ๒ cycles ต่อวินาที ในหนึ่งวินาทีหลอดไฟก็จะดับ ๔ ครั้ง

ถ้าหลอดไฟใช้กระแสไฟสลับ ๒ cycles ต่อวินาที ใน หนึ่งวินาทีหลอดไฟจะดับ ครั้ง

๘

๒๕๕. กระแสไฟฟ้าที่ไหลตามบ้านเป็นกระแสไฟฟ้าสลับชนิด ๕๐ cycles
ต่อวินาที

ดังนั้นหลอดไฟฟ้าที่ไหลตามบ้านในหนึ่งวินาทีจะกับ ครั้ง

๑๐๐

๒๖๐. ถูกแล้ว แต่ที่เราสงสัยเกิดไม่ออกเพราะมันคิด ๆ กับ ๆ เร็วมาก
นั่นเอง

เอาละ ถึงตอนนี้ก็คงขอชมเชยว่าท่านมีความสามารถจริง
และมีความอดทน พยายาม ในการเรียนเคีมาก สำหรับบทเรียนนี้ก็
จบแล้ว บทเรียนต่อไปยังมีเรื่องน่ารู้ที่น่าสนใจอีกมาก ขอให้ท่าน
พยายามเช่นนี้เถิด ความสำเร็จก็คงจะเป็นของท่านอย่างแน่นอน.

๒๒๑. เราก็คิดผ่านเรื่องราวของไดนาโมกระแสสลับหรือ A.C. Generator มาแล้ว ตอนนี้เราก็คจะมาทำความรู้จักกับไดนาโมกระแสตรงกันต่อไป

ไดนาโมกระแสตรง (D.C. Dynamo) หมายถึง Dynamo ที่จ่ายไฟกระแส

ทรง

๒๒๒. ขอย้อนกลับไปยังกฎมือขวาอีกครั้ง ตามกฎมือขวากล่าวว่า ถ้ากางนิ้วทั้งสามของมือขวาให้ตั้งฉากกัน คือ นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง แล้ว เราจะไควว่า

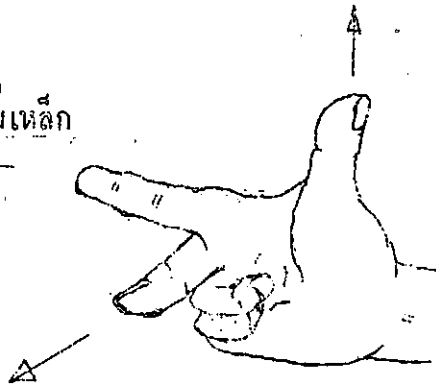
นิ้วชี้ จะแสดงทิศทางของ เส้นแรงแม่เหล็ก

นิ้วกลาง จะแสดงทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำ

นิ้วหัวแม่มือ จะแสดงทิศทางของการเคลื่อนที่ของตัวนำ
ทิศการเคลื่อนที่ของตัวนำ

ทิศของเส้นแรงแม่เหล็ก

ทิศของกระแสเหนี่ยวนำ



ตามกฎมือขวา ถ้ากางนิ้วมือขวาทั้งฉากกัน ๓ นิ้วแล้ว

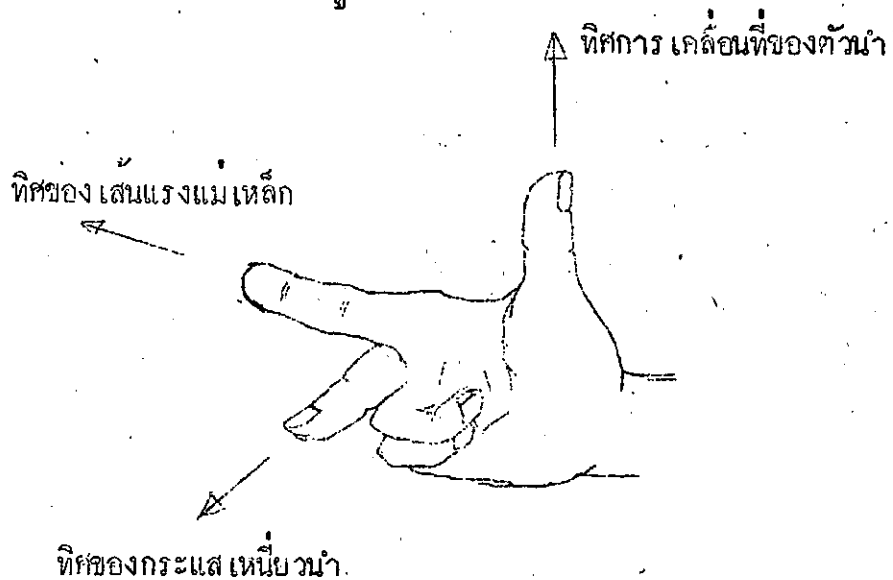
..... จะแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ

..... จะแสดงทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก

..... จะแสดงทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำ

นิ้วหัวแม่มือ
นิ้วชี้
นิ้วกลาง

๒๒๓. ท่านจะลองกางมือทบทวนตามรูปอีกครั้งก็จะเห็นว่าแต่ละนิ้วแทนทิศทางของอะไร ลองทำดูสิ



๒๒๔. ส่วนประกอบของไดนาโมกระแสตรงมีดังนี้

๑. แม่เหล็ก
๒. ขดลวด (Armature)
๓. แหวนแยก (Split ring)
๔. แปรง (Brush)

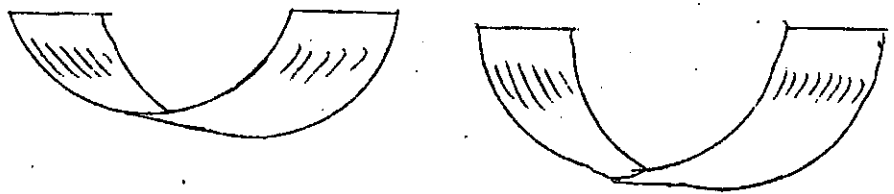
๒๒๕. ส่วนที่แตกต่างไปจากไดนาโมกระแสสลับ (A.C. Generator) คือ วงแหวน (ring)

A.C. Generator ใช้แหวนลื่น (Slip ring)
ไดนาโมกระแสตรงใช้แหวนแยก (Split ring)

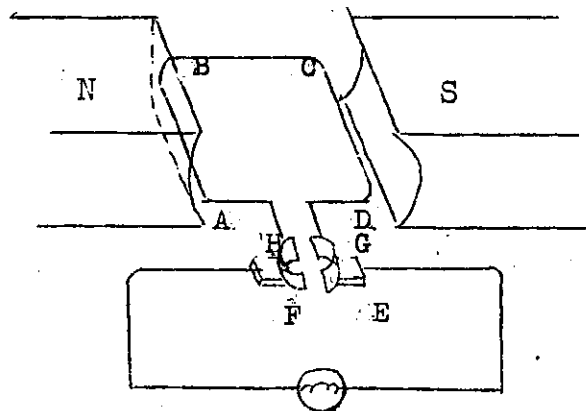
ข้อแตกต่างระหว่างไดนาโมกระแสตรงและ A.C. generator
คือ โดย A.C. generator ใช้แหวนลื่น แต่
ไดนาโมกระแสตรงใช้

วงแหวน
แหวนแยก

๒๒๖. ลักษณะของแหวนแยกควรจะเป็นดังนี้ คือ เป็นวงแหวนทรง
กระบอกผ่าซีกเป็นสองอันดังรูป

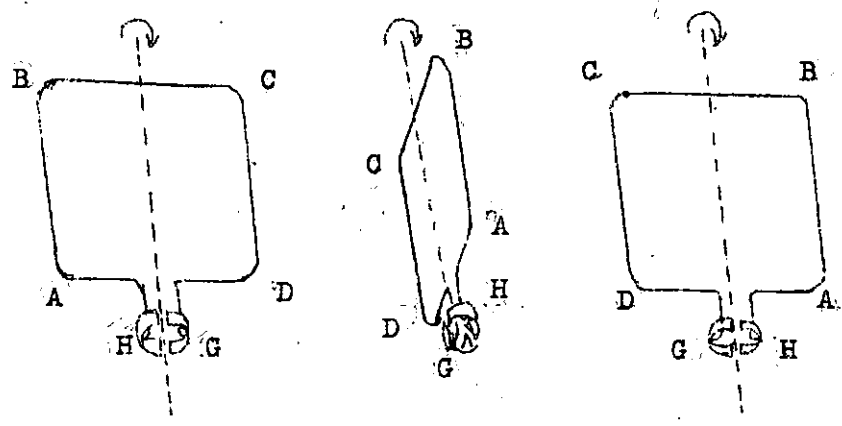


๒๒๗. รูปนี้เป็นรูปของไดนาโมกระแสตรง ตามทฤษฎี



H และ G คือ
แหวนแยก (Split
ring) ๒ อัน แหวน
H เชื่อมติดกับขดลวด
ด้านซ้ายหรือด้าน AB
แหวน G เชื่อมติดกับ
ขดลวดด้านขวาหรือ CD

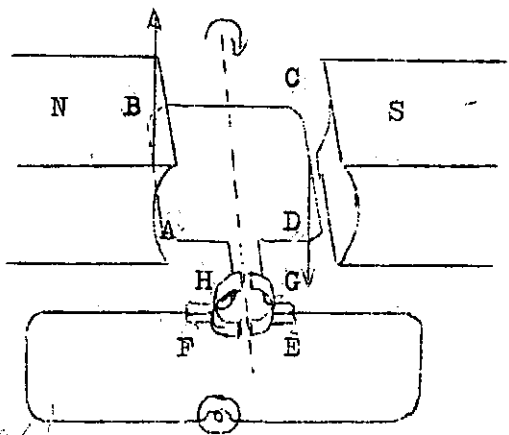
๒๕๕. การเชื่อมติดระหว่างแวนกับขดลวดทำให้มีเงื่อนไขว่า ถ้าขดลวดหมุน แวนจะหมุนตามขดลวดไปด้วย ดังรูป



ถ้าขดลวดหมุน สิ่งที่จะหมุนตามขดลวดไปด้วย คือ

แวน

๒๕๖.

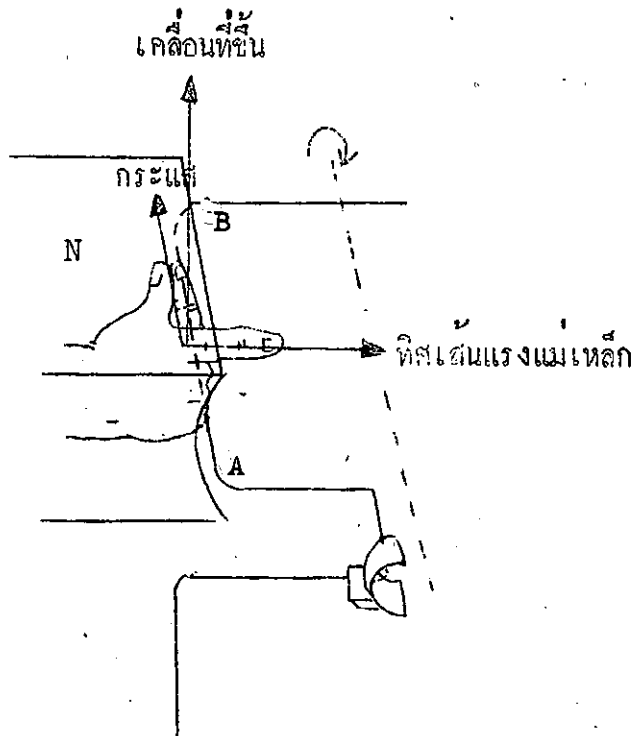


เรามาศึกษาการ
เกิดกระแสเหนี่ยวนำ
เมื่อขดลวดหมุน
ถ้าขดลวด
หมุนตามเข็มนาฬิกา
ดังรูปคานที่เคลื่อนที่
ขึ้น คือ.....
คานที่เคลื่อนที่ลง
คือ.....

AB

CD

๒๓๐. พิจารณาที่เคลื่อนที่ขึ้นคือก้านช้าย หรือ AB



เราสามารถใช้อัญ

มือขวาหาทิศทาง

ของกระแสเหนี่ยวนำ

นำได้ทั้งรูป

ขดลวดก้าน

AB เคลื่อนที่ขึ้น

นิ้วหัวแม่มือจึงชี้ขึ้น

เส้นแรง

แม่เหล็กพุ่งเข้าหา

ขั้วใดนิ้วชี้จึงชี้ไป

ยังขั้วใด

นิ้วกลางจะ

จาก A → B

นิ้วกลางจะชี้ทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำ เมื่อนิ้วกลางชี้

จาก A → B แสดงว่ากระแสเหนี่ยวนำไหลจาก

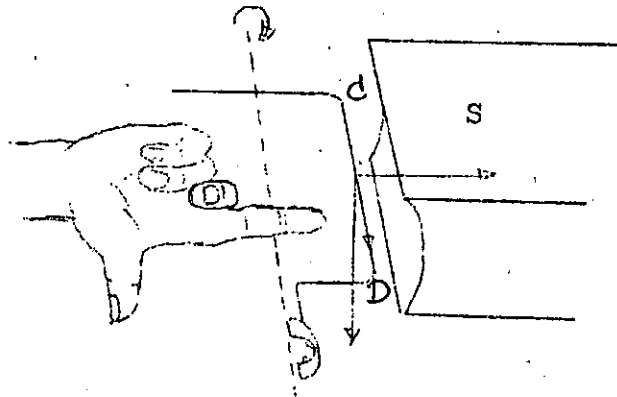
ไปยัง

A ไปยัง B

๒๓๑. นั่นคือทางก้านช้าย กระแสเหนี่ยวนำไหลจาก A → B

พิจารณาก้านช้ายซึ่งเป็นก้านที่เคลื่อนที่ลง

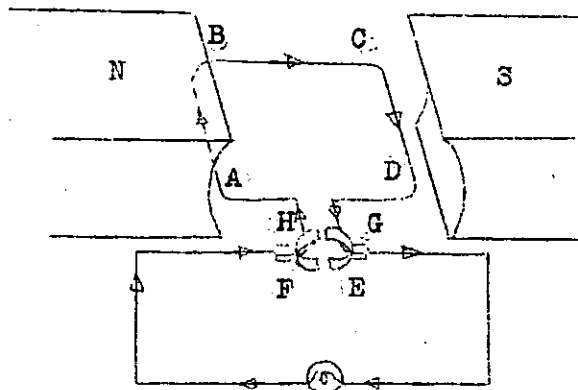
คันขวาเคลื่อนที่ลงนิ้วหัวแม่มือจึงชี้ลง นิ้วชี้ชี้เข้าหาขั้วใต้ นิ้วกลางจะชี้
จาก C ไปยัง D



นั่นคือกระแสเหนี่ยวนำไหลจาก.....ไปยัง.....

C ไปยัง D

๒๗๒.



จากกรอบที่ ๒๗๐

กระแสเหนี่ยวนำ

ไหลจาก A → B

จากกรอบที่ ๒๗๑

กระแสเหนี่ยวนำ

ไหลจาก C → D

รวมทิศทาง

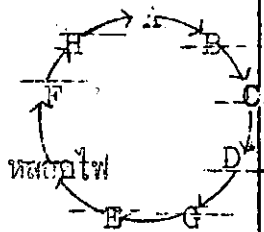
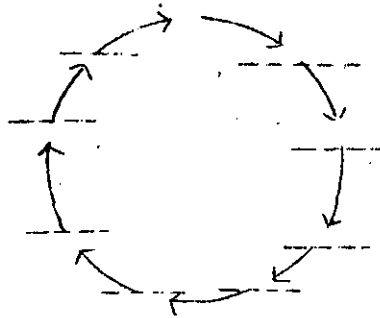
การไหลของกระแส

ทั้งวงจรโดยเริ่มจาก

A ดังนี้

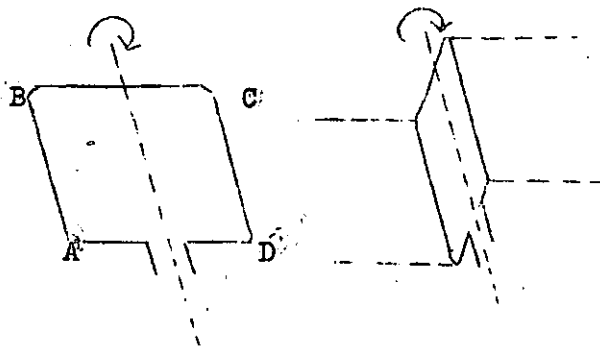
A → B → C → D → G → E → หลอดไฟ → F → H → A

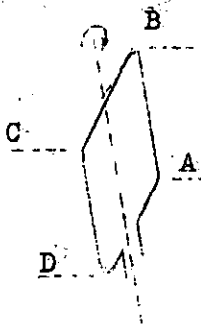
หาคณลณ เติมลำดับตัวอักษรในวงกลมที่ว่างไว้ตามทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร



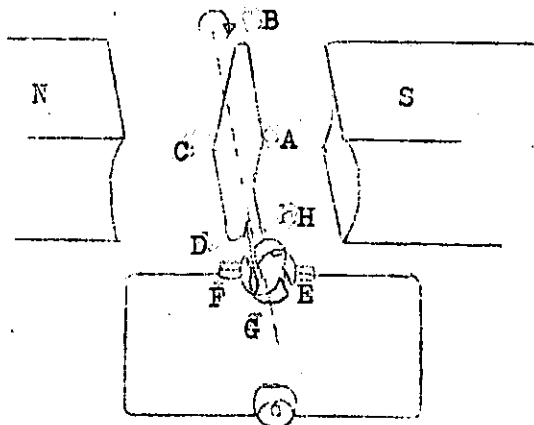
๒๓๓. ถ้าเราให้ขดลวดหมุนต่อไปอีก $\frac{1}{2}$ รอบ ขดลวดก็จะวางตัวอยู่ในแนวตั้ง (ทิศทางการหมุน คือ ตามเข็มนาฬิกา)

จงกำหนดตัวอักษร เมื่อขดลวดหมุนตัวมาอยู่ในแนวตั้ง





๒๓๔. พิจารณาเมื่อขดลวดหมุนจนมาอยู่ในแนวตั้ง

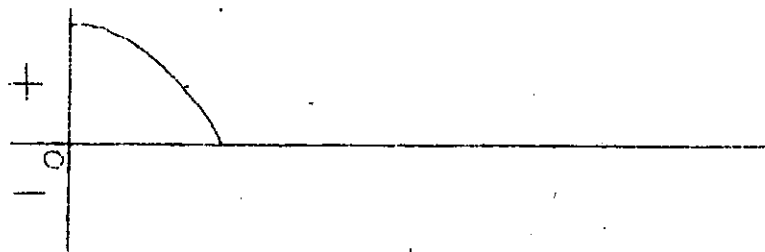


เมื่อขดลวดวางตัว
ในแนวตั้งดังรูป
ถ้าเราหมุนขดลวด.
ตามบนและตามล่าง
ของขดลวดก็จะเคลื่อน
ที่ขนานกับเส้นตรง
แม่เหล็ก ไม่ตัดผ่าน
เส้นแรงแม่เหล็ก
และไม่เกิดกระแส
เหนี่ยวนำในวงจร

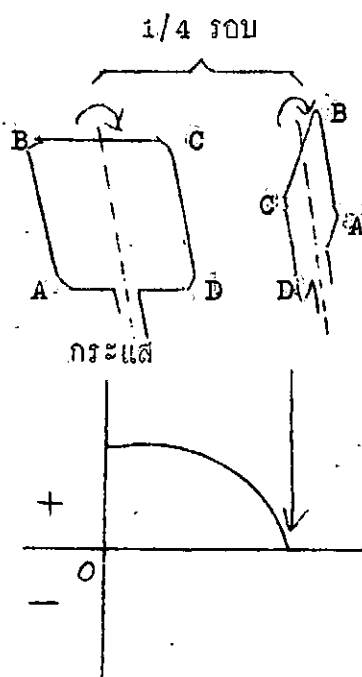
เมื่อขดลวดวางตัวในแนว.....ถ้าหมุนขดลวดต่อไป
จะไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำ

ตั้ง

๒๓๕. ถูกลักษณะเหนี่ยวนำเป็นศูนย์ไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำในวงจร
ลักษณะของกระแสเหนี่ยวนำจึงค่อย ๆ ลดลงมาเป็นศูนย์ เมื่อขดลวดหมุน
มาอยู่ในแนวตั้ง ลักษณะกราฟของกระแสไฟจะเป็นดังรูป

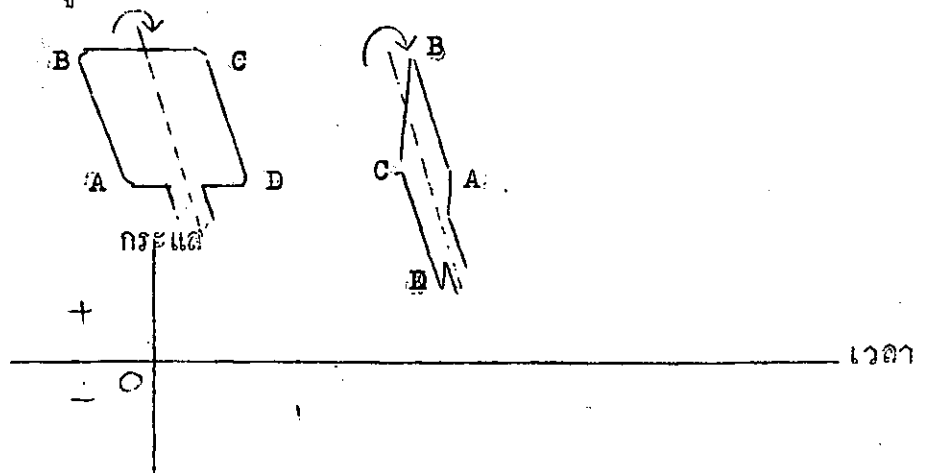


๒๗๖. เปรียบเทียบการวางตัวของขดลวด กับลักษณะของกระแสเหนี่ยวนำในวงจร เป็นดังนี้

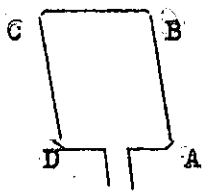
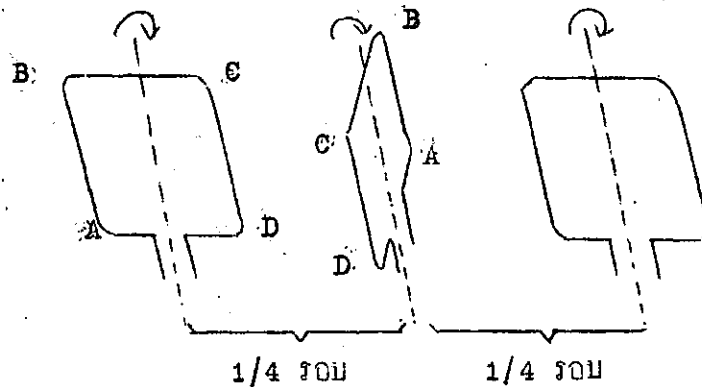


รูปแรกเมื่อขดลวดวางตัวในแนวราบ เมื่อหมุนตั้งรูปลูกศร กระแสเหนี่ยวนำจะสูงมาก แต่เมื่อหมุนต่อไป จนมาอยู่ ณ แนวตั้ง ตั้งรูปที่สอง กระแสเหนี่ยวนำก็จะค่อย ๆ ลดลงมาจนเป็นศูนย์

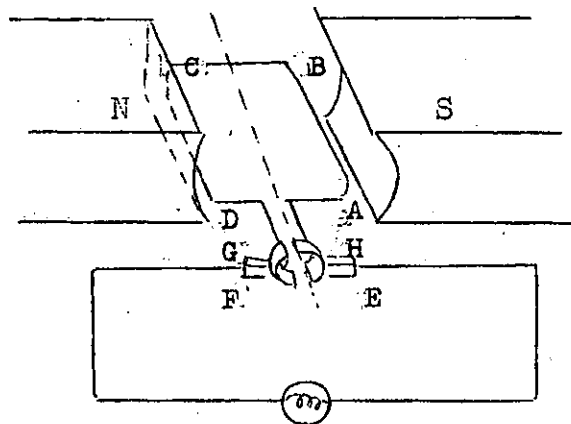
๒๗๗. จงเขียนลักษณะของกระแสเหนี่ยวนำที่ไหลในวงจร เมื่อขดลวดวางตัวในรูปต่าง ๆ ลงในกราฟข้างล่าง



๒๓๔. พิจารณาต่อไป เมื่อขดลวดหมุนต่อจากแนวตั้งจนมาอยู่ในแนวราบ
ขอให้ท่านกำหนดตัวอักษรที่ขดลวดเมื่อขดลวดหมุนมาอยู่ในแนวราบอีกครั้ง



๒๓๕. พิจารณาเมื่อขดลวดหมุนมาได้ $\frac{2}{2} + \frac{2}{2} = \frac{2}{2}$ รอบ หรือวาง
ตัวในแนวราบ



ขอให้ท่านสังเกต

ที่แฉก H และ G

ขณะนี้แฉก H อยู่

ทางขวามือ แฉก

G อยู่ทางซ้ายมือ

ย้อนกลับไปกรอบที่

๒๓๖ แฉก H

อยู่ทาง

แฉก G อยู่ทาง

..... ตรงข้ามกัน

ชายมือ

ขวามือ

๒๔๐. ที่เป็นดังนี้เพราะแรงแท่งหมุนตามเข็มนาฬิกาไปนั่นเอง คราวนี้ขอให้ท่านลองพิจารณาว่าถ้าให้ขลุ่ยหมุนต่อไปตามเข็มนาฬิกา คันใดที่เคลื่อนที่ขึ้นบน และคันใดที่เคลื่อนที่ลงล่าง

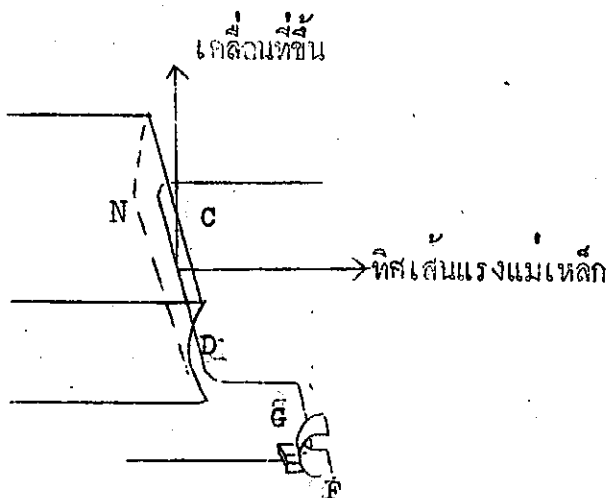
..... จะเคลื่อนที่ขึ้นบน

..... จะเคลื่อนที่ลงล่าง

CD หรือคันซ้าย

AB หรือคันขวา

๒๔๑.



พิจารณาคันซ้ายหรือ

CD ซึ่ง เป็นคันที่เคลื่อนที่ขึ้น

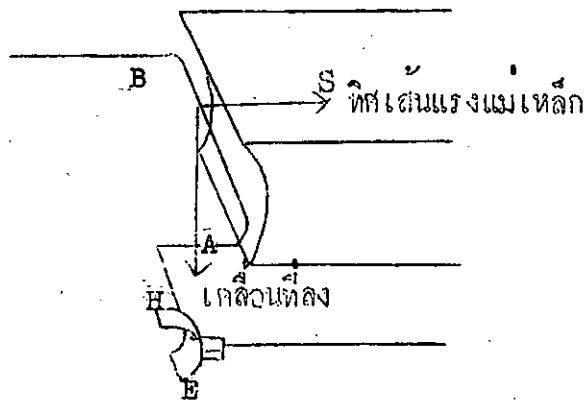
ขอให้ท่านลองถามมือ
ขวาว่ากระแสเหนี่ยวนำจะมีทิศทางอย่างไร
กระแสเหนี่ยวนำไหล
จาก ไปยัง
.....

D ไปยัง C

๒๔๒. ถูกแล้ว จาก $D \rightarrow C$ ท่านยัง เหนื่อยอยู่ตามเคย

คราวนี้ลองมาพิจารณาคันที่เคลื่อนที่ลงหรือคันขวา คือ AB

บาง

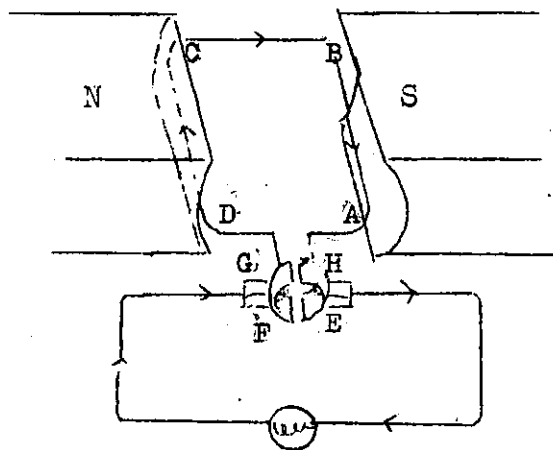


ท่านลองใช้กฎมือขวา
หาทิศทางของกระแส
เหนี่ยวนำ เมื่อคันนี้
เคลื่อนที่ลง และ เส้น
แรงแม่เหล็กพุ่งเข้าหา
ขั้วใด

กระแสเหนี่ยวนำจะ
ไหลจาก
ไปยัง

B → A

๒๔๓.



คันซ้ายกระแสเหนี่ยวนำ
นำไหลจาก D → C
คันขวา กระแสเหนี่ยวนำ
นำไหลจาก B → A
รวมทิศทางการไหล
ของกระแสเหนี่ยวนำ
ทั้งวงจร ดังรูป
ขอให้ท่านเรียงลำดับ
การไหลของกระแส
ในวงจร โดยเริ่ม
จาก A

A → H → E → หลอดไฟ →

.....

A → H → E

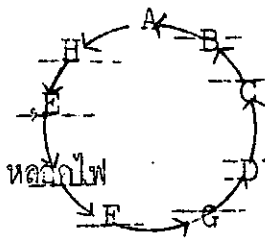
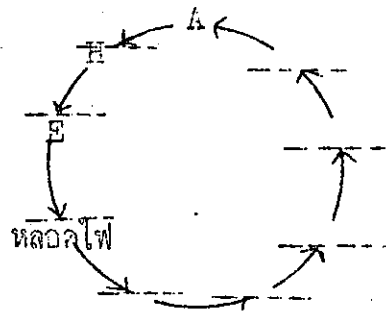
→ หลอดไฟ

→ F → G

→ D → C

→ B → A

๒๔๔. นำลำดับการไหลของกระแสเหนี่ยวนำมาเขียนในวงกลมได้ดังนี้



๒๔๕. คราวนี้ ขอให้ท่านตั้งใจสังเกตให้ดี การสังเกตคราวนี้ขอให้สังเกตเฉพาะวงจรภายนอก คือ ไม่สังเกตการไหลของกระแสในขดลวด แต่สังเกตการไหลของกระแสเฉพาะเมื่อออกจากแปรง E และแปรง F เท่านั้น

จากรูปในกรอบที่ ๒๔๓ กระแสออกจากแปรง E ผ่านหลอดไฟไปเข้าแปรง F (ลองดูรูปภาพประกอบ)

จากรูปภายในกรอบที่ ๒๔๔ กระแสเหนี่ยวนำมีทิศทางดังนี้

E → →

E → หลอดไฟ

→ F

๒๔๖. คราวนี้ท่านย้อนกลับไปกรอบที่ ๒๔๒ สังเกตการไหลของกระแสในวงจรภายนอก

กระแสเหนี่ยวนำไหลออกจากแปรง E ผ่าน แล้วไปไหลเข้าแปรง

หลอดไฟ F

๒๔๓. จากกรอบที่ ๒๔๕ เราได้ทิศทางดังนี้ $E \longrightarrow \text{หลอดไฟ} \longrightarrow F$ จากกรอบที่ ๒๔๖ เราได้ทิศทางดังนี้ $E \longrightarrow \text{หลอดไฟ} \longrightarrow F$

ทิศทางของกระแสในวงจรภายนอกเหมือนกันหรือต่างกัน ..

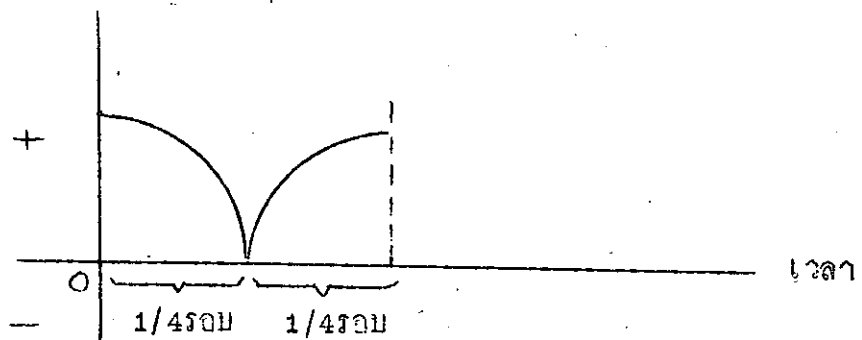
.....

เหมือนกัน

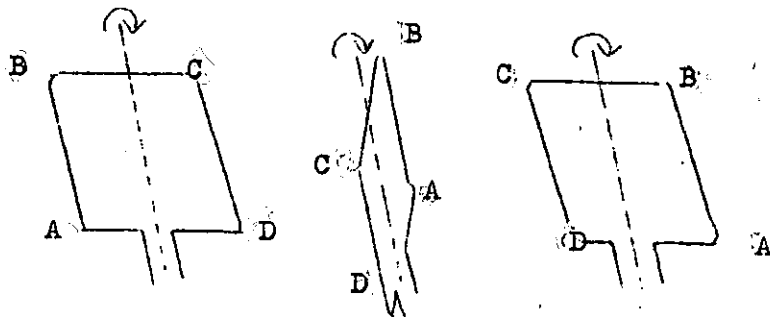
๒๔๔. ถูกแล้ว กระแสไหลเหมือนกันกับในกรอบที่ ๒๓๒

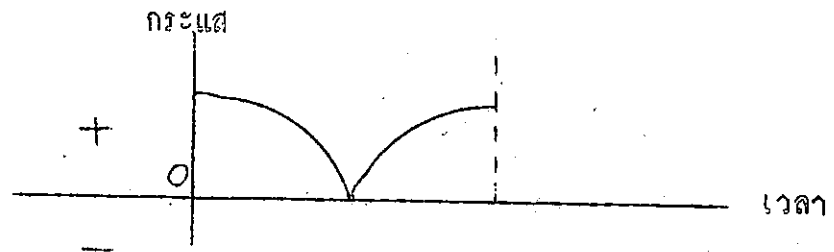
ในกรอบที่ ๒๓๒ เราให้กราฟการไหลของกระแสเป็นทางบวก
 ดังนั้น ในกรอบที่ ๒๔๓ กราฟการไหลของกระแสก็อยู่ทางตัน

บวกด้วย ทิศทาง
กระแส



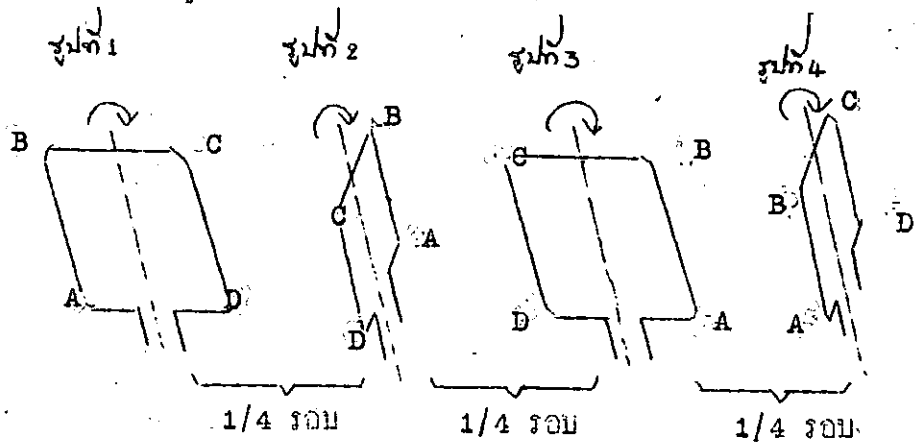
๒๔๕. เปรียบเทียบรูปการวางตัวของขดลวดกับกระแสในวงจรได้ดังนี้



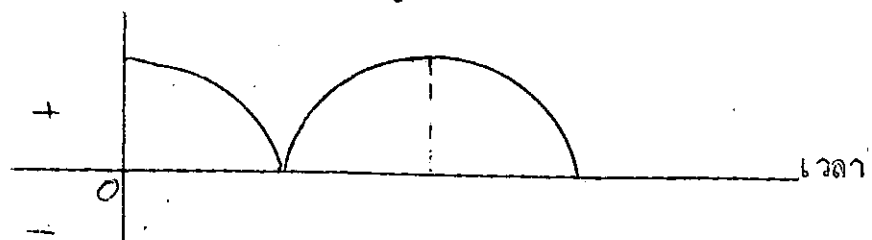


กระแสเหนี่ยวนำไหลในวงจรมายนอกทางเดียวกัน เราจึงให้ทิศทางอยู่ทางค่านบวกเหมือนกัน

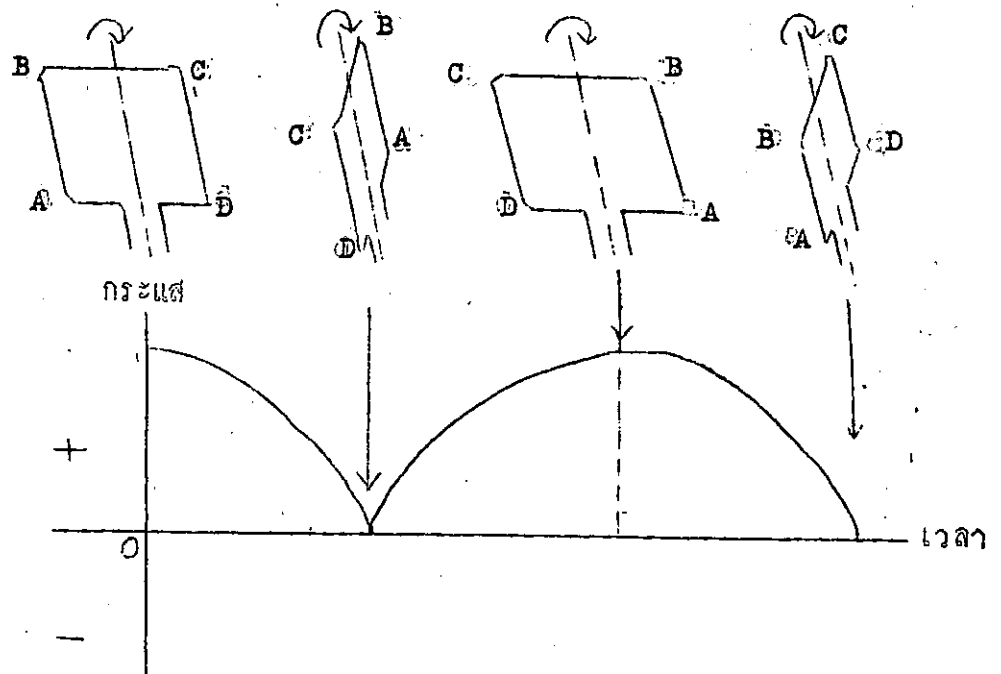
๒๕๐. และถ้าเราให้ขดลวดหมุนต่อไป ขดลวดก็จะมาวางตัวในแนวตั้งอีกครั้ง เป็นรูปที่ ๔



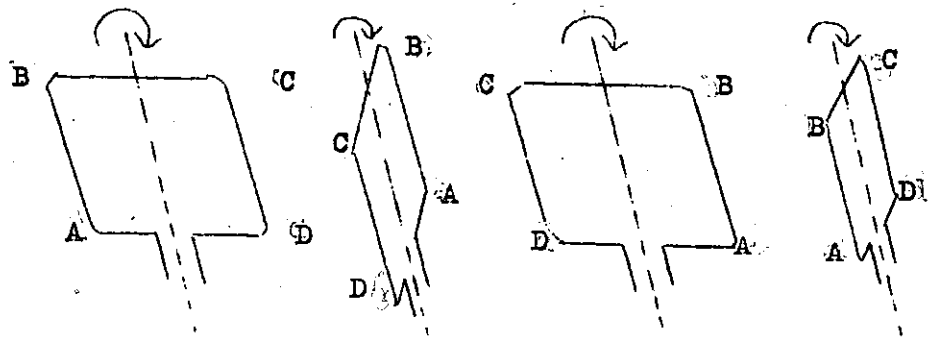
๒๕๑. และเมื่อขดลวดวางตัวในแนวตั้งถึงรูปที่ ๔ กระแสเหนี่ยวนำก็จะลดลงมาเป็นศูนย์อีกครั้ง กราฟการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเป็นดังรูป

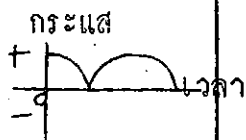
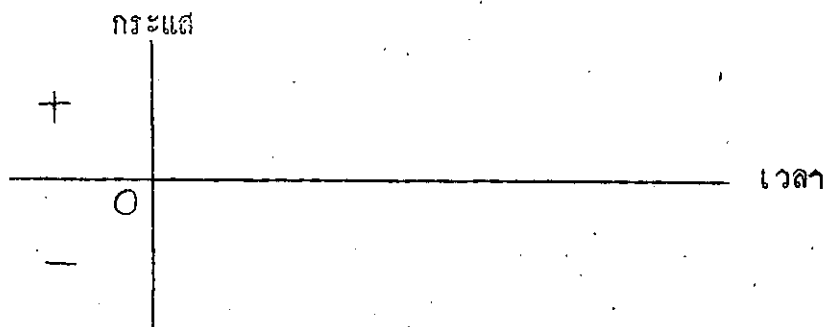


๒๕๒. เปรียบเทียบการวางตัวของขลากับการไหลของกระแสเหนี่ยวนำ
ได้ดังนี้

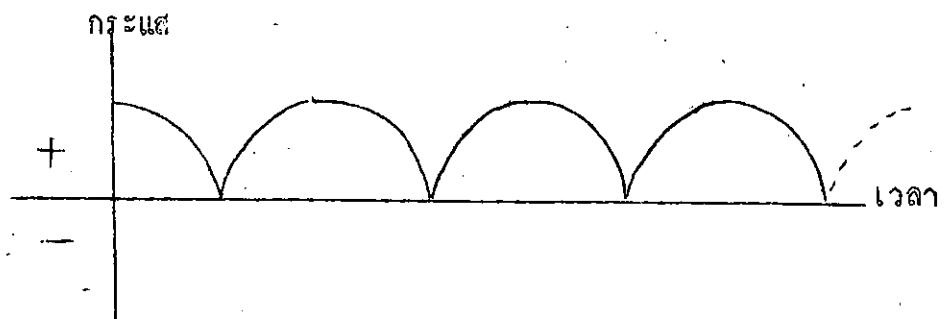


๒๕๓. ขอให้ท่านเขียนกราฟการไหลของกระแส เมื่อขลางวางใน
ลักษณะต่าง ๆ





๒๔๔. ถ้าหากเราให้ขดลวดหมุนต่อไปเรื่อย ๆ กราฟการไหลของกระแส
เหนี่ยวนำก็จะมีลักษณะซ้ำเดิมไปตลอด ดังรูป



๒๔๕. ลักษณะการไหลของกระแสจะดังที่ได้ว่า มีทิศทางเดียวกันตลอด
(ในวงจรภายนอก) ดังนั้น กระแสจึงอยู่ก้านเดียวกันของกราฟ คือ ก้าน
บวก กระแสไฟที่มีทิศทางไหลทางเดียวกันนี้เราเรียกว่ากระแสตรง
(Direct Current)

กระแสไฟตรง (D.C.) หมายถึง กระแสไฟที่มี

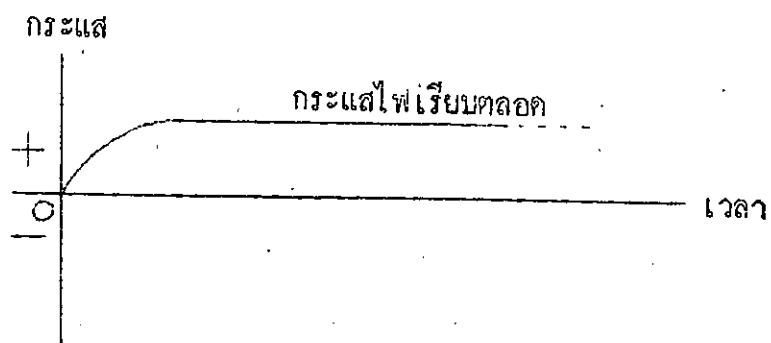
.....

๒๙๖. ลักษณะไฟกระแสดตรงตามรูปในกรอบที่ ๒๙๔ เป็นกระแสไฟ ตรง ที่ ไม่สม่ำเสมอ กราฟมีลักษณะเป็นลูกคลื่น ไม่เรียบ

แต่ถ้าเป็นกระแสไฟตรงที่ สม่ำเสมอ กราฟจะมีลักษณะ.....
.....(เรียบ, ไม่เรียบ)

เรียบ

๒๙๗. ถูกแล้ว เรียบตลอดไม่สูง ๆ ต่ำ ๆ กระแสไฟที่ได้จากเครื่องมือบางอย่าง เช่น ถ่านไฟฉาย เป็นกระแสไฟตรงชนิด เรียบ ซึ่งลักษณะกราฟจะมีลักษณะดังรูป

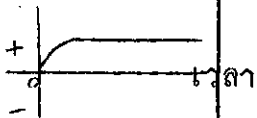


กระแสไฟจะเรียบตลอดและมีทิศทางเดียวกัน คือทางบวก
ของกราฟ

๒๙๘. จงเขียนกราฟลักษณะกระแสไฟที่ได้จากถ่านไฟฉาย



กระแส



เป็นอันว่า เรื่องราวต่าง ๆ ของ D.C. Dynamo ก็
จบลง ท่านสามารถเวียนผ่านมาได้ตลอดทั้งก็ ขอชมเชยในความ
ตั้งใจจริงในครั้งนี้ คราวหน้าท่านคงจะมีความพยายามไม่ยิ่งหย่อนกว่า
เดิม เป็นแน่.

	๒๘๕. เรื่องที่เราจะเรียนกันต่อไปคือ การส่งพลังงานไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ อุปกรณ์สำคัญในการส่งพลังงานไฟฟ้า คือ <u>หม้อแปลงไฟฟ้า</u> (Transformer) ซึ่ง เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงแรง เคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงแรง เคลื่อนไฟฟ้า คือ
หม้อแปลงไฟฟ้า	๓๐๐. หม้อแปลงไฟฟ้า แบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ ๑. <u>Step-up Transformer</u> ทำหน้าที่แปลงแรง เคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น ๒. <u>Step-down Transformer</u> ทำหน้าที่แปลงแรง เคลื่อนไฟฟ้าให้ต่ำลง หม้อแปลงที่ทำหน้าที่แปลงแรง เคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้นเรียกว่า หม้อแปลงที่แปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ต่ำลง เรียกว่า
Step-up transformer Step-down transformer	๓๐๑. เช่นถ้า เกมกระแสไฟมีแรงเคลื่อน ๑๐ โวลต์ ต้องการจะแปลงให้เป็น ๑๕ โวลต์ อุปกรณ์ที่ใช้ก็ควรจะเป็น Step-up Transformer หรือถ้าต้องการจะแปลงจาก ๑๐ โวลต์ ให้เป็น ๕ โวลต์ อุปกรณ์ที่ใช้ก็ควรจะเป็น Step-down transformer

๓๐๒. ถ้าต้องการแปลงแรงเคลื่อนจาก ๒๐ โวลต์ ให้เป็น ๒๕ โวลต์
 ควรใช้หม้อแปลงชนิด
 หรือถ้าต้องการแปลงกลับจาก ๒๕ โวลต์ มาเป็น ๒๐ โวลต์
 อย่างใด ควรใช้หม้อแปลงชนิด

Step-up trans-
 former
 Step-down
 transformer

๓๐๓. ส่วนประกอบที่สำคัญของ Transformer คือ
 ๑. แกน (core) ทำด้วยเหล็กอ่อนเป็นแผ่นบาง ๆ
 ขอบกันระหว่างแผ่น แกนไว้ด้วยฉนวนไฟฟ้า
 ๒. ขดลวด (coil) มี ๒ ขด คือ Primary coil
Secondary coil
 ส่วนประกอบของ Transformer คือ
 ๑. ทำด้วยเหล็กอ่อนเป็นแผ่นบาง ๆ
 ขอบกัน คั่นระหว่างแผ่นเหล็กด้วยฉนวนไฟฟ้า
 ๒. ขดลวด (coil) มี ๒ ขด คือ

แกน (core)
 Primary coil
 Secondary coil

๓๐๔. กระแสไฟฟ้าที่ต้องการจะแปลงแรงเคลื่อนจะป้อนเข้าไปตามขด
Primary coil และจะได้ออกกระแสไฟฟ้าที่แปลงแรงเคลื่อนแล้ว
 ออกมาใช้งานทางขด Secondary coil
 กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปทางขด เป็น
 กระแสไฟฟ้าที่ต้องการจะเปลี่ยนแรงเคลื่อน
 กระแสไฟฟ้าที่ออกมาทางขด Secondary coil เป็น
 กระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยน แล้วและนำไปใช้งานได้

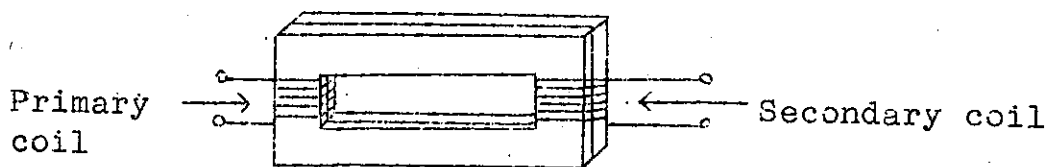
Primary coil
แรงเคลื่อน

๓๐๕. สัญลักษณ์ของ Transformer คือ

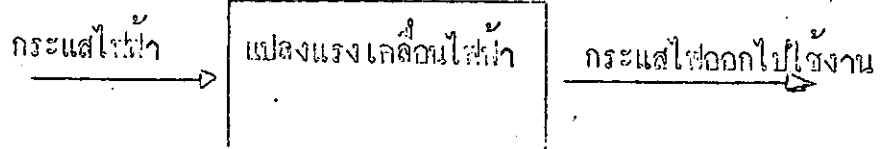


ทำนงเขียนสัญลักษณ์ของ Transformer ในช่อง
ว่าที่เว้นไว้

๓๐๖. รูปภาพแสดงการทำ Transformer แบบง่าย ๆ
แกน (core) เป็นเหล็กแผ่นบาง ๆ ข้อนกันกันด้วยฉนวน



ภาพการทำงาน



๓๐๓. ในการพันขดลวดของหม้อแปลงมีหลักดังนี้

<u>Step-up transformer</u>	จำนวนรอบของขดลวดทาง
Primary coil	น้อยกว่าทาง Secondary
coil	
<u>Step-down transformer</u>	จำนวนรอบของขดลวดทาง
Primary coil	มากกว่าทาง Secondary
coil	

๓๐๔. ในการพันขดลวดของหม้อแปลงมีหลักคือ

แบบ Step-up transformer	ขดลวดทาง Primary
coil	ทาง Secondary
coil	
แบบ Step-down transformer	ขดลวดทาง Primary
มากกว่าทาง	

น้อยกว่า

Secondary coil

๓๐๕. ถ้าหม้อแปลงอันหนึ่งขดลวดทาง Primary coil มี ๑๕
รอบ ขดลวดทาง Secondary coil มี ๑๐ รอบ

หม้อแปลงนี้เป็นหม้อแปลงชนิด

Step-down
Transformer

๓๐๖. กระแสไฟที่จะนำพาใช้กับหม้อแปลงได้นั้นต้องเป็นกระแสไฟฟ้า
(Alternating current (A.C.))

กระแสไฟที่ใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้าคือ กระแสไฟ

สลับ

๓๑๑. แรงเคลื่อนไฟฟ้าของหม้อแปลงที่จะออกมาใช้งานนั้น ขึ้นอยู่กับ
จำนวนรอบของ ขดลวดที่พันรอบแกน

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าของหม้อแปลงคือ

.....

จำนวนรอบของ
ขดลวด

๓๑๒. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับจำนวนรอบของ ขดลวด
ในหม้อแปลง เป็นดังนี้

แรงเคลื่อนไฟฟ้าในขด Primary coil
จำนวนรอบของขดลวด ของ Primary coil

= แรงเคลื่อนไฟฟ้าในขด Secondary coil
จำนวนรอบของขดลวด Secondary coil

๓๑๓. ถ้ากำหนดให้

E_1 แทน แรงเคลื่อนไฟฟ้าในขด Primary coil

N_1 แทน จำนวนรอบของขดลวดของ Primary coil

E_2 แทน แรงเคลื่อนไฟฟ้าของ Secondary coil

N_2 แทน จำนวนรอบของขดลวดของ Secondary coil

เราก็สามารถแทนความสัมพันธ์ในกรอบที่ ๓๑๒ ได้ คือ

$$\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$$

๓๑๔. ตัวอย่างการหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับจำนวนรอบของขดลวดในหม้อแปลง

กำหนดให้หม้อแปลงมีขด Primary coil ๓๐ รอบ
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เข้าทาง Primary coil ๒๐ โวลต์ ขด
Secondary coil มี ๕๐ รอบ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกมาทาง
Secondary coil จะเป็นเท่าใด
จากสิ่งที่กำหนดให้

$$E_1 = 20 \text{ โวลต์}$$

$$E_2 = ?$$

$$N_1 = 30 \text{ รอบ}$$

$$N_2 = 50 \text{ รอบ}$$

๓๑๕. เราใช้สูตรความสัมพันธ์

$$\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$$

แทนค่า;

$$\frac{20}{30} = \frac{E_2}{50}$$

$$E_2 = 50 \times \frac{20}{30} = \dots\dots\dots \text{โวลต์}$$

๓๓ $\frac{2}{3}$ โวลต์

๓๑๖. ตัวอย่างอีกกรณีหนึ่งคือ

หม้อแปลงขด Primary coil ไม่ทราบจำนวนรอบ
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เข้าไปทางขด Primary coil ๒๐ โวลต์
ขด Secondary coil ๑๐๐ รอบ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกไป
ทางขด Secondary ๕๐ โวลต์

จากสิ่งที่กำหนดให้

$$E_1 = 20 \text{ โวลต์}$$

$$N_1 = ?$$

$$E_2 = 40 \text{ โวลต์}$$

$$N_2 = 100 \text{ รอบ}$$

๓๑๗. จากสูตรความสัมพันธ์

$$\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$$

แทนค่า $\frac{20}{N_1} = \frac{40}{100}$

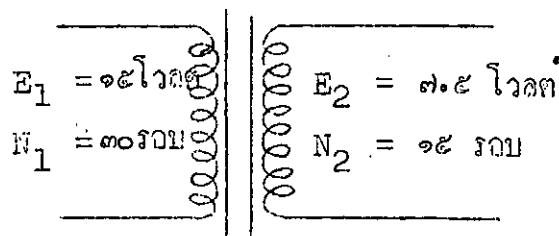
$$N_1 = \frac{20 \times 100}{40} = \dots\dots\dots \text{รอบ}$$

๕๐

๓๑๘. จากผลลัพธ์ในกรอบที่ ๓๑๗ เราจะสรุปได้ว่าหม้อแปลงอันนี้เป็นหม้อแปลงชนิด เพราะขลวดทาง
Primary coil น้อยกว่าขลวดทาง Secondary coil

Step-up
(แปลงขึ้น)

๓๑๙. ทานจงพิจารณารูปภาพนี้



จากรูป ทาง Primary มี ๓๐ รอบ แรงเคลื่อนทางคานนี้

๑๕ โวลต์ ดังนั้น $E_1 = 30V$, $N_1 = 30$ รอบ

ทาง Secondary มี ๑๕ รอบ แรงเคลื่อนทางคานนี้

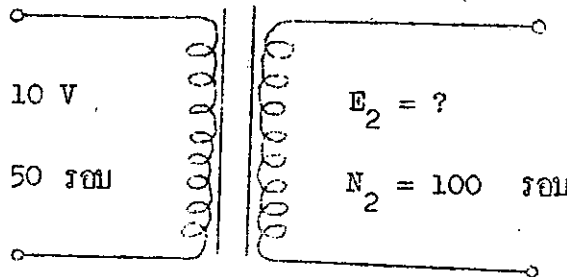
๓.๕ โวลต์ ดังนั้น $E_2 = \dots\dots\dots N_2 = 15$ รอบ

๓.๕

๓๒๐.

$E_1 = 10 V$

$N_1 = 50$ รอบ



$E_2 = ?$

$N_2 = 100$ รอบ

จากรูป หานจงหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกมาทางขด

Secondary coll

$$\text{จาก } \frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$$

$$\text{แทนค่า } \frac{10}{50} = \frac{E_2}{100}$$

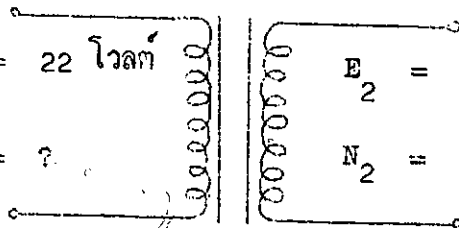
$$E_2 = \dots\dots\dots \text{โวลต์}$$

๒๐

๓๒๑.

$E_1 = 22$ โวลต์

$N_1 = ?$



$E_2 = 44$ โวลต์

$N_2 = 50$ รอบ

จากรูปหาค่าจำนวนรอบของขดลวดทาง Primary coil

จาก $\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$

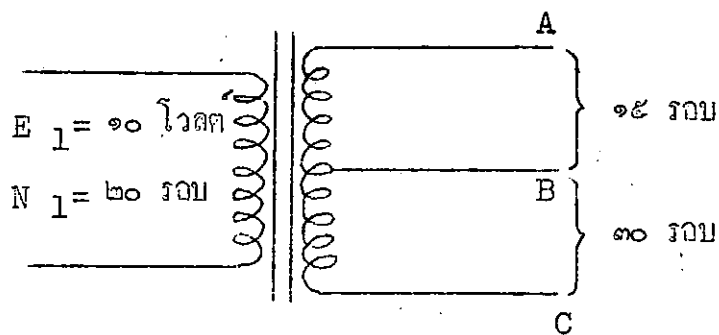
แทนค่า; _____ = _____

$N_1 = \dots\dots\dots$ รอบ

$\frac{๒๒}{N_1} = \frac{๔๔}{๕๐}$

$N_1 = ๒๕$

๓๒๒. หาค่าจำนวนรอบที่กำหนดให้



จากรูปทาง Secondary coil ระยะจาก A ถึง B

มี ๑๕ รอบ

ระยะจาก B ถึง C มี ๓๐ รอบ รวมทั้งหมด จาก A

ถึง C ๔๕ รอบ

๓๒๓. จากรูปในกรอบที่ ๓๒๒ ถ้าเราจะหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกมาทาง Secondary coil ระหว่าง A ถึง B เราใช้ความถี่เพิ่มขึ้นคือ

$\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$

จากรูป

$$E_1 = \dots\dots\dots$$

$$E_2 = ?$$

$$N_1 = \dots\dots\dots$$

$$N_2 = ๑๕ \text{ รอบ}$$

๑๐ โวลต์
๒๐ รอบ

๓๒๔. แทนค่าในสูตร

$$\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$$

$$\frac{10}{20} = \frac{E_2}{15}$$

$$E_2 = \dots\dots\dots \text{โวลต์}$$

๗.๕

๓๒๕. นั่นคือ ช่วงระหว่าง A ถึง B จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า

๗.๕ โวลต์

ถ้าเราต้องการหาว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง B ถึง C เป็นเท่าใด เราก็ใช้วิธีทำนองเดียวกัน

ช่วงระยะ B ถึง C มีจำนวนรอบ = รอบ

๓๐

๓๒๖. เราใช้ความสัมพันธ์ $\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$

กรณีช่วงระยะ B ถึง C นี้ $\frac{E_1}{N_1}$ และ N_1 คงเดิม

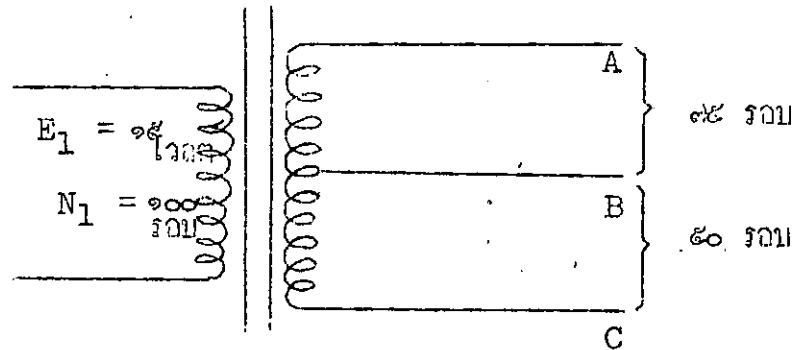
(เหมือนในกรอบที่ ๓๒๓) แต่ $N_2 = ๓๐ \text{ รอบ}$

$$\text{แทนค่า } \frac{๑๐}{๒๐} = \frac{E_2}{\dots\dots\dots}$$

$$E_2 = \dots\dots\dots \text{โวลต์}$$

๑๕

๓๒๓.



จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกมาระหว่าง A ถึง B

$$\text{จาก } \frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$$

$$\text{แทนค่า ; } \frac{15}{100} = \frac{E_2}{65}$$

$$E_2 = \dots\dots\dots \text{โวลต์}$$

$$\frac{15}{100} = \frac{E_2}{65}$$

$$E_2 = 9.75$$

๓๒๔. จากกรอบที่ ๓๒๓ จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกมาระหว่าง B ถึง C

$$\text{จาก } \frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$$

$$\text{แทนค่า ; } \frac{15}{100} = \frac{E_2}{50}$$

$$E_2 = \dots\dots\dots \text{โวลต์}$$

$$\frac{15}{100} = \frac{E_2}{50}$$

$$E_2 = 7.5$$

๓๒๕. จากกรอบที่ ๓๒๓ จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกมาระหว่าง A ถึง C (๖๕ รอบ)

$$\text{จาก } \frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2}$$

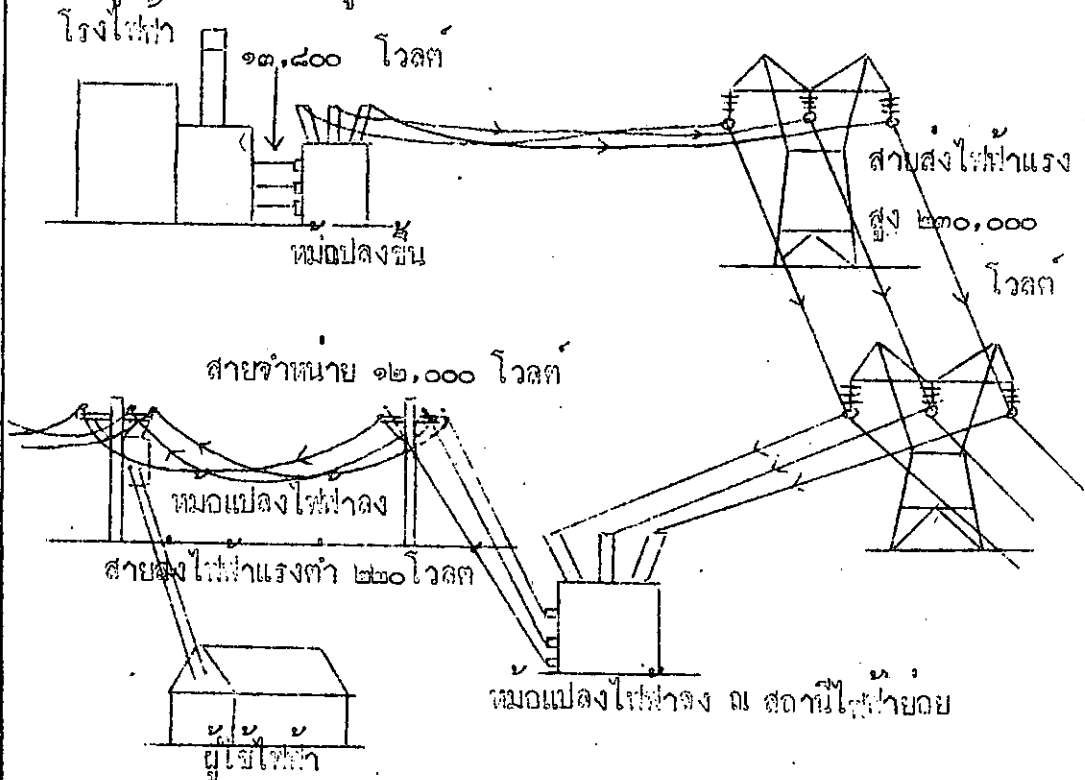
$$\begin{aligned} \text{แทนค่า; } \frac{15}{100} &= \frac{E_2}{125} \\ E_2 &= \dots\dots\dots \text{ โวลต์} \end{aligned}$$

$$E_2 = ๑๘.๗๕$$

๓๓๐. ใช้โคที่เดียว มีมือในการคำนวณของท่าน เราจะยุติการคำนวณเกี่ยวกับหม้อแปลงไว้แค่นี้ก่อน

ต่อไปเราจะพิจารณาการส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าจนมาถึงบ้านเรือนผู้ใช้กระแสไฟฟ้า

๓๓๑. รูปภาพข้างล่าง เป็นรูปการส่งกระแสไฟฟ้าตามบ้านเรือน



๓๓๒. กระแสไฟฟ้าที่ออกมาจากโรงงานจะถูกแปลงให้มีแรงเคลื่อนสูงขึ้นโดยหม้อแปลงแล้วส่งไปตามเสาโครงเหล็กสูง ๆ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งมายังสถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงแรงเคลื่อนให้ต่ำลง แต่ยังไม่ไปใช้งานไม่ได้ กระแสไฟฟ้าจะผ่านหม้อแปลงลงอีกครั้งจนเหลือ ๒๒๐ โวลต์ ซึ่งเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไปตามบ้านเรือน

สถานีไฟฟ้าย่อยมีหน้าที่

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้าน = โวลต์

แปลงแรงเคลื่อน
ให้ต่ำลง

๒๒๐

๓๓๓. กระแสไฟฟ้าที่ส่งตามเสาโครงเหล็กสูง ๆ เป็นกระแสไฟแรงสูง (High Tension) หมายความว่ามีความแรงเคลื่อนสูงมาก และอันตรายก็มากด้วย จึงต้องทำเสาสูง ๆ

High tension หมายความว่ากระแสไฟฟ้าที่มี

สูงมาก

แรงเคลื่อน

๓๓๔. โดยมากแกนของหม้อแปลงจะเป็นแผ่นเหล็กบาง ๆ นำมาซ้อนกัน การทำให้เป็นแผ่นเหล็กบาง ๆ มารวมกันก็เพื่อ ลดการเกิดกระแสไหลวน (Eddy current) ซึ่งกระแสไหลวนนี้จะทำให้หม้อแปลงร้อนขึ้น และสมรรถภาพการทำงานลดลง

การทำแกนของหม้อแปลงให้เป็นแผ่นเหล็กบาง ๆ ซ้อนกัน เพื่อลด ซึ่งทำให้หม้อแปลง ทำให้สมรรถภาพการทำงานลดลง

การเกิดกระแส
ไหลวน (Eddy
current)
ร้อนขึ้น

เป็นอันว่าท่านได้เรียนรู้เรื่องราวของหม้อแปลง (Transformer)
มาพอสมควร ต่อไปท่านจะได้เรียนรู้เรื่องราวของการใช้กระแสไฟฟ้า
ในหม้อ ซึ่งท่านก็จะเรียนรู้ผ่านได้อ่าง ไม่ยากเย็นเช่นที่ผ่านมา

๓๒๕. กระแสไฟฟ้าเมื่อถูกแปลงแรง เคลื่อนจนเหลือ ๒๒๐ โวลต์ จะถูกส่งไปใช้ตามบ้านเรือน แต่ก่อนที่จะกระแสไฟฟ้านี้จะผ่านไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ นั้น กระแสไฟฟ้าจะต้องผ่านมาตรไฟฟ้าก่อน เพื่อให้มาตรไฟฟ้าวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปแต่ละครั้ง

มาตรไฟฟ้า เป็นเครื่องมือสำหรับวัด

พลังงานไฟฟ้า

๓๒๖. หน่วยของพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง (kilowatt hour) หรือเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า ยูนิต (Unit)

พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น

หรือ

กิโลวัตต์ ชั่วโมง
ยูนิต

๓๒๗. ๑๐๐๐ วัตต์ (Watt) = ๑ กิโลวัตต์ (kilowatt)

ดังนั้น ๕ กิโลวัตต์ = วัตต์

๒๐๐ วัตต์ = กิโลวัตต์

๕๐๐๐

๐.๒

๓๒๘. ความหมายของพลังงานไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ ชั่วโมง คือ

กิโลวัตต์ ชั่วโมง = กิโลวัตต์ × เวลาเป็นชั่วโมง

หรือ = $\frac{\text{วัตต์}}{๑๐๐๐} \times \text{เวลาเป็นชั่วโมง}$

กิโลวัตต์ ชั่วโมง หมายถึง $\frac{\text{จำนวนวัตต์}}{\text{.....}} \times \text{เวลาเป็นชั่วโมง}$

๑๐๐๐

๓๒๘. การหาพลังงานไฟฟ้า เราหาได้จากสูตร

$$P = VI$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้าหน่วยเป็นวัตต์
 V = ความต่างศักย์ไฟฟ้าหน่วยเป็นโวลต์
 I = กระแสไฟฟ้าหน่วยเป็นแอมแปร์

๓๓๐. สูตรที่เราควรทราบอีกสูตรซึ่งได้มาจากกฎของโอห์ม คือ

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

เมื่อ R = ความต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโอห์ม
 V = ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็น
 I = มีหน่วยเป็นแอมแปร์

โวลต์
 กระแสไฟฟ้า

๓๓๑. ตัวอย่างการคำนวณเกี่ยวกับไฟฟ้า

หลอดไฟฟ้า ๔๐ วัตต์ ๒๐๐ โวลต์ (40 W, 200 V)

หลอดไฟจะใช้กระแสไฟฟ้าที่แอมแปร์

วิธีทำ กำหนดให้ P = กำลังไฟฟ้า = ๔๐ วัตต์
 V = ความต่างศักย์ = ๒๐๐ โวลต์

ต้องการทราบ I = ?จากสูตร $P = VI$ แทนค่า $40 = 200 \times I$

$$I = \frac{40}{200} = \dots\dots\dots \text{แอมแปร์}$$

๐.๒

๓๓๒. จากกรอบที่ ๓๓๑ จงหาความต้านทานของหลอดไฟ

วิธีทำ กำหนดให้ $V =$ ความต่างศักย์ $= ๒๐๐$ โวลต์
 จำนวนได้ $I =$ กระแสไฟฟ้า $= ๐.๒$ แอมแปร์
 ต้องการทราบ $R = ?$

จากสูตร $I = \frac{V}{R}$

แทนค่า $๐.๒ = \frac{๒๐๐}{R}$

$R = \frac{๒๐๐}{๐.๒} = \dots\dots\dots$ โอห์ม

๑๐๐๐

๓๓๓. เตาหุงต้ม ๙๕๐ W ๒๒๐ V จะใช้กระแสไฟฟ้ากี่แอมแปร์

วิธีทำ กำหนดให้ $P = ๙๕๐$ W
 $V = ๒๒๐$ V

หากระแสไฟฟ้า $I = ?$

จากสูตร $P = VI$

แทนค่า $๙๕๐ = ๒๒๐ \times I$

$I = \underline{\hspace{2cm}}$

$= \dots\dots\dots$ แอมแปร์

 $\frac{๙๕๐}{๒๒๐} = \frac{๙๕}{๒๒}$

๓๓๔. จากกรอบที่ ๓๓๓ จงหาความต้านทานของเตาหุงต้ม

วิธีทำ กำหนดให้ $I = \frac{๙๕}{๒๒}$ แอมแปร์

$V = ๒๒๐$

ต้องการทราบ $R = ?$

$$\text{จากสูตร } I = \frac{V}{R}$$

$$\text{แทนค่า } \frac{๗๕}{๒๒} = \frac{๒๒๐}{R}$$

$$R = \frac{๒๒๐ \times \dots\dots}{\dots\dots}$$

$$= \frac{๔๘๔๐}{๗๕}$$

$$= \dots\dots \text{ โอห์ม}$$

$$\frac{๒๒๐ \times ๒๒}{๗๕}$$

$$๖๔.๕$$

๓๓๕. โตรัทสัน ๒๐๐ W ๒๒๐ V จะใช้กระแสไฟฟ้าเท่าใด

วิธีทำ กำหนดให้ $P = \dots\dots\dots$ วัตต์

$V = \dots\dots\dots$ โวลต์

ต้องการทราบ $I = ?$

จากสูตร $P = VI$

แทนค่า $\dots\dots\dots = ๒๒๐ \times I$

$I = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$ แอมแปร์

$$P = 200$$

$$V = 220$$

$$200 = 220 \times I$$

$$I = \frac{200}{220}$$

$$= \frac{10}{11}$$

๓๓๖. จากกรอบที่ ๓๓๕ จงหาความต้านทานของโตรัทสัน

วิธีทำ กำหนดให้ $V = \dots\dots\dots$ โวลต์

I คำนวณได้ $= \dots\dots\dots$ แอมแปร์

ต้องการทราบ $R = ?$

จากสูตร $I = \frac{V}{R}$

$$\frac{๑๐}{๑๑} = \frac{\dots\dots\dots}{R}$$

$$R = \frac{220 \times \dots\dots}{\dots\dots}$$

$$= \dots\dots \text{ โอห์ม }$$

$$V = 220$$

$$I = \frac{10}{11}$$

$$\frac{10}{11} = \frac{220}{R}$$

$$R = \frac{220 \times 11}{10}$$

$$= 242$$

๓๓๓. ในการคิดคำนวณค่าไฟฟ้า เราใช้จำนวนดังนี้

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{จำนวนกิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง} \times \text{ราคาต่อ } ๑ \text{ ยูนิต}$$

เช่น ใช้ไฟฟ้า ๑ กิโลวัตต์ไป ๒ ชั่วโมง ค่าไฟยูนิตละ

๑ บาท

$$\text{ดังนั้นค่าไฟฟ้า} = ๑ \times ๒ \times ๑ = \dots\dots \text{ บาท}$$

๒.

๓๓๔. หรือใช้ไฟฟ้า ๑๐ กิโลวัตต์ ไป ๕ ชั่วโมง ค่าไฟยูนิตละ

๑ บาท

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \dots\dots \times \dots\dots \times \dots\dots$$

$$= \dots\dots \text{ บาท}$$

$$= ๑๐ \times ๕ \times ๑$$

$$= ๕๐$$

๓๓๕. ถ้าใช้ไฟฟ้า ๓๐๐ วัตต์ ในเวลา ๒ ชั่วโมง ค่าไฟยูนิตละ

๑ บาท จะเสียค่าไฟฟ้าเท่าใด

ก่อนอื่น เราต้องพิจารณาก่อนว่า กำลังไฟฟ้า ๓๐๐ วัตต์ จะเท่ากับกี่กิโลวัตต์

$$๑๐๐๐ \text{ วัตต์} = \dots\dots \text{ กิโลวัตต์}$$

$$๓๐๐ \text{ วัตต์} = \frac{๑}{๑๐๐๐} \times ๓๐๐ \text{ กิโลวัตต์}$$

$$= \dots\dots \text{ กิโลวัตต์}$$

๐.๓

๓๕๐. ถูกแล้ว ๐.๓ กิโลวัตต์

จากนั้นค่อยคำนวณค่าไฟฟ้าได้ตามปกติ

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าไฟฟ้า} &= \text{จำนวนกิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง} \times \text{ราคาต่อ ๑ ยูนิต} \\
 &= ๐.๓ \times ๒ \times ๑ \\
 &= \dots\dots\dots \text{บาท}
 \end{aligned}$$

๐.๖

๓๕๑. จะเห็นว่า การทำหน่วยจากวัตต์ให้เป็นกิโลวัตต์
ก็ให้เอา ๑๐๐๐ ไปหารจำนวนวัตต์

$$\text{เช่น } ๓๐๐ \text{ วัตต์ ทำเป็นกิโลวัตต์} = \frac{๓๐๐}{๑๐๐๐} \text{ กิโลวัตต์}$$

$$= ๐.๓ \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\text{หรือ } ๓๐ \text{ วัตต์ ทำเป็นกิโลวัตต์} = \frac{๓๐}{๑๐๐๐} \text{ กิโลวัตต์}$$

$$= \dots\dots\dots \text{กิโลวัตต์}$$

๐.๐๓

๓๕๒. ลองพิจารณาโจทย์การคิดค่าไฟฟ้าดังต่อไปนี้

หลอดไฟหลอดหนึ่งใช้กระแส ๐.๒ แอมแปร์ ความต่างศักย์
 ๒๒๐ โวลต์ ถ้าใช้หลอดไฟ ๑ ชั่วโมง ค่าไฟยูนิตละ ๑ บาท จะเสีย
 ค่าไฟเท่าใด

วิธีทำ ก่อนอื่นเราต้องหาว่าหลอดไฟได้กำลังไฟไปกี่กิโลวัตต์

$$\text{กำหนดให้} \quad I = ๐.๒ \quad \text{แอมแปร์}$$

$$V = ๒๒๐ \quad \text{โวลต์}$$

$$\text{ต้องการทราบกำลังไฟฟ้า } P = ?$$

$$\text{จาก } P = VI$$

$$\text{แทนค่า } P = ๒๒๐ \times ๐.๒$$

$$= \dots\dots\dots \text{วัตต์}$$

$$\text{หลอดไฟใช้กำลังไป } ๔๔ \text{ วัตต์ ทำเป็นกิโลวัตต์} = \frac{๔๔}{๑๐๐๐} \text{ กิโลวัตต์}$$

$$= \dots\dots\dots \text{กิโลวัตต์}$$

$$\text{จะเสียค่าไฟฟ้า} = \text{จำนวนกิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง} \times \text{ราคาต่อ } ๑ \text{ ยูนิต}$$

$$= ๐.๐๔๔ \times ๑ \times ๑ = \dots\dots\dots \text{บาท}$$

$$= ๔๔ \text{ วัตต์}$$

$$= ๐.๐๔๔ \text{ กิโลวัตต์}$$

$$= ๐.๐๔๔ \text{ บาท}$$

๓๔๓. พิจารณาโจทย์ต่อไป

หลอดไฟมีความต้านทาน ๒๐๐๐ โอห์ม ความต่างศักย์ ๒๒๐ โวลต์ ใช้ ๔ ชั่วโมง ค่าไฟยูนิตละ ๑ บาท จะเสียค่าไฟเท่าใด

วิธีทำ เราต้องหาลงทุนหลอดไฟใช้กำลังไฟเท่าใด

$$\text{กำหนดให้ } R = ๒๐๐๐ \text{ โอห์ม}$$

$$V = ๒๒๐ \text{ โวลต์}$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าหาได้จากสูตร } P = VI$$

แต่ I คือกระแสไฟฟ้าซึ่งเรายังไม่ทราบ

$$\text{เราจะหากระแสไฟฟ้าได้จาก } I = \frac{V}{R}$$

$$\text{แทนค่า } I = \frac{๒๒๐}{๒๐๐๐}$$

$$= \dots\dots\dots \text{แอมแปร์}$$

๐.๑๑ แอมแปร์

๓๔๔. เมื่อได้กระแสไฟฟ้าแล้วเราก็สามารถหาค่าลังไฟฟ้าจากสูตร

$$P = VI$$

$$\text{แทนค่า} \quad P = ๒๒๐ \times ๐.๑๑$$

$$= \dots\dots\dots \text{วัตต์}$$

$$๒๔.๒ \text{ วัตต์ ทำเป็นกิโลวัตต์} = \frac{๒๔.๒}{๑๐๐๐} \text{ กิโลวัตต์}$$

$$= \dots\dots\dots \text{กิโลวัตต์}$$

$$\text{ดังนั้นค่าไฟฟ้า} = \text{จำนวนกิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง} \times \text{ราคาต่อ ๑ หน่วย}$$

$$= \dots\dots\dots \times \dots\dots \times \dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots \text{บาท}$$

๓๔๕. ลองดูตัวอย่างสุดท้าย

หลอดไฟใช้กระแส ๐.๒ แอมแปร์ มีความต้านทาน ๑๐๐๐

โหม้ม เปิดวันละ ๒ ชั่วโมง ๑ เดือน จะเสียค่าไฟเท่าใด

(๑ เดือน = ๓๐ วัน) ค่าไฟยูนิตละ ๑ บาท

วิธีทำ เราจะหาค่าลังของหลอดไฟจากสูตร

$$P = VI$$

ตัวที่เรายังไม่ทราบ คือ $V = ?$ กำหนดให้ $I = 0.2$ แอมแปร์

$$R = ๑๐๐๐ \text{ โหม้ม}$$

จะหา V ได้จากสูตร $I = \frac{V}{R}$

$$\text{แทนค่า} \quad 0.2 = \frac{V}{1000}$$

$$= 0.2 \times ๑๐๐๐$$

$$= \dots\dots\dots \text{โวลต์}$$

$$P = ๒๔.๒ \text{ วัตต์}$$

$$= ๐.๐๒๔๒$$

กิโลวัตต์

$$\text{ค่าไฟ} = ๐.๐๒๔.๒$$

$$\times ๔ \times ๑$$

$$= ๐.๐๙๖๘ \text{ บาท}$$

๒๐๐ โวลต์

๓๔๕. กำลังของหลอดไฟ

$$P = VI$$

แทนค่า

$$P = 200 \times 0.2$$

$$= \dots\dots\dots \text{วัตต์}$$

กำลังไฟ ๔๐ วัตต์

$$= \frac{40}{1000} \text{ กิโลวัตต์}$$

$$= \dots\dots\dots \text{กิโลวัตต์}$$

ใช้หลอดไฟวันละ ๒ ชั่วโมง เป็นเวลา ๑ เดือน

$$\text{ดังนั้นใช้หลอดไฟทั้งหมด} = 2 \times 30 \text{ ชั่วโมง}$$

$$= \dots\dots\dots \text{ชั่วโมง}$$

$$\text{ค่าไฟ} = \text{จำนวนกิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง} \times \text{ราคาต่อ ๑ หน่วย}$$

$$= \dots\dots\dots \times \dots\dots \times \dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots \text{บาท}$$

=

$$P = 40 \text{ วัตต์}$$

$$= .04$$

กิโลวัตต์

$$= 2 \text{ ชั่วโมง}$$

$$\text{ค่าไฟ} = .04$$

$$\times 30 \times 1$$

$$= 2.4 \text{ บาท}$$

๓๔๗. จะเห็นว่าเราสามารถคำนวณราคาค่าไฟฟ้าต่อเดือนได้โดยไม่ยากนัก

ตารางต่อไปนี้เป็นการรวมกำลังไฟฟ้าโดยประมาณของ
เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ (ใช้กับไฟฟ้า ๒๐๐ โวลต์)

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
วิทยุ	๕๐
โทรทัศน์	๒๐๐
เตารีดไฟฟ้า *	๗๕๐
นาฬิกาไฟฟ้า	๒
พัดลมตั้งโต๊ะ	๗๕

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
เครื่องดูดฝุ่น	๓๓๕
เครื่องซักผ้า	๒๔๕
เครื่องโกนหนวดไฟฟ้า	๑๕
เครื่องอบผม	๒๔๕
จักรเย็บผ้า	๓๕
ตู้เย็น	๒๐๕
ที่ปิ้งขนมปัง *	๔๐๐
เตาไฟฟ้า *	๖๐๐
เครื่องสูบน้ำ	๒๖๕
หม้อหุงข้าว *	๖๐๐

๓๔๘. ท่านจะสังเกตเห็นได้ว่า เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทให้ความร้อน
ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าอย่างอื่น เช่น เตาแก๊ส เตาไฟฟ้า
หม้อหุงข้าว ที่ปิ้งขนมปัง เป็นต้น เครื่องใช้ไฟฟ้าพวกนี้ถ้าใช้ไป
นาน ๆ จะเปลืองกำลังไฟฟ้ามาก และค่าใช้จ่ายก็สูง เป็นเงาตามตัว

เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทที่ต้องการกำลังไฟฟ้ามากที่สุด คือ
เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท

ประเภทให้
ความร้อน

๓๔๘. จากตารางท่านอาจจะลองคิดค่าไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละอย่างได้ โดยคิดเวลาเพียง ๑ ชั่วโมง คิดค่าไฟยูนิตละ ๑ บาท

เช่น โทรทัศน์ ในตารางกำหนดกำลังไฟฟ้า ๒๐๐ วัตต์

$$\text{กำลังไฟฟ้า ๒๐๐ วัตต์} = \frac{๒๐๐}{๑๐๐๐} \quad \text{กิโลวัตต์}$$

$$= \dots\dots\dots \text{กิโลวัตต์}$$

$$\text{เปิดโทรทัศน์ ๑ ชั่วโมง เสียค่าไฟ} = \dots\dots\dots \text{บาท}$$

๐.๒

๐.๒

๓๕๐. มาตรการไฟฟ้าที่คิดไว้ตามบ้าน ตัวเลขบนหน้าบัทม์จะมีหน่วยเป็น

กิโลวัตต์ ชั่วโมง หรือ ยูนิต แล้ว การคิดราคาค่าไฟก็นำจำนวน

ตัวเลขเป็นยูนิตคูณกับจำนวนเงินต่อ ๑ ยูนิตได้เลย

เช่น ก่อนเป็นจดตัวเลขบนหน้าบัทม์ได้ ๑๓๒๕ ยูนิต

พอรุ่งเช้าจดตัวเลขได้ ๑๓๓๕ ยูนิต

$$\text{แสดงว่าคืนนั้นใช้ไฟไป} = ๑๓๓๕ - ๑๓๒๕$$

$$= \dots\dots\dots \text{ยูนิต}$$

ถ้าค่าไฟยูนิตละ ๑ บาท

$$\text{ดังนั้นจะเสียค่าไฟ} = \text{จำนวนยูนิต} \times \text{ราคาต่อ ๑ ยูนิต}$$

$$= ๑๐ \times ๑$$

$$= \dots\dots\dots \text{บาท}$$

๑๐.

๓๕๑. หรือตอนคนเดือน ตัวเลขบนหน้าปัดเป็น ๑๒๐ ยูนิต

๑๐

ปลายเดือนเป็น ๑๘๕ ยูนิต

แสดงว่า ตลอดเดือนนั้นใช้ไฟไป = ๑๘๕ - ๑๒๐

= ยูนิต

ถ้าค่าไฟยูนิตละ ๑ บาท

ดังนั้นต้องจ่ายค่าไฟ = ๖๕ X ๑

= บาท

= ๖๕

= ๖๕ บาท

ท่านอาจลอง เช็ค่าไฟฟ้าจากมิเตอร์ที่พนักงานการไฟฟ้ามาเก็บ
ตามบ้านของท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องได้โดยวิธีทำตามตัวอย่างที่
นำมา

	๓๕๒. จากลำดับการส่งกระแสไฟฟ้ามาไว้ตามบ้านเรือน ตามรูปภาพที่เราเคยผ่านกันมาแล้ว <u>กระแสไฟฟ้าเมื่อผ่านสถานีไฟฟ้าย่อยแล้วก็จะถูกปลงลงอีกครั้ง จะมีขนาด ๒๒๐ โวลต์</u> แล้วนำไปใช้ตามบ้าน แต่ก่อนที่จะเข้าบ้านนั้นกระแสไฟฟ้าจะต้องผ่าน<u>มาตรไฟฟ้า</u>ก่อน เพื่อวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แต่ละบ้าน
	๓๕๓. กระแสไฟฟ้าตามบ้าน มีความต่างศักย์ โวลต์ ก่อนที่กระแสไฟฟ้าจะส่งเข้าบ้านเพื่อใช้งาน จะต้องผ่าน ก่อน
๒๒๐ มาตรไฟฟ้า	๓๕๔. สายไฟที่ออกจากมาตรไฟฟ้าจะมี <u>๒ สาย</u> สาย ๒ สาย นี้ ก่อนที่จะผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าจะต้องผ่าน<u>ฟิวส์</u>เสียก่อน และตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าจะต้องใช้<u>ฟิวส์ (Fuse)</u> ที่มีขนาดเหมาะสมตามที่การไฟฟ้ากำหนดไว้ ก่อนที่สายไฟจะต่อไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า จะต้องถูกนำไปผ่าน เสียก่อน ข้อกำหนดของการไฟฟ้าคือ จะต้องใช้ ที่มีขนาดเหมาะสม
Fuse ใช้ Fuse ที่มี ขนาดเหมาะสม	๓๕๕. ฟิวส์ (Fuse) เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับ<u>ป้องกันอันตรายอันเกิดจากกระแสไฟลัดวงจร</u> หรือที่เรียกว่า <u>ไฟช็อต</u> หรือ <u>ในกรณีใช้กระแสไฟฟ้าสูงเกินไปขนาด</u>

	เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ป้องกันอันตรายอันเกิดจาก หรือ ใช้กระแสไฟสูง เกินขนาด
กระแสไฟลัดวงจร	๓๕๖. ตัวอย่างของอันตรายที่เกิดจากกระแสไฟลัดวงจร หรือกระแสไฟสูงเกินขนาดเช่น <u>ไฟไหม้</u> และ <u>อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ</u> เช่น วิทยุ โทรทัศน์ ฯลฯ <u>เกิดความเสียหาย</u> อันตรายของกระแสไฟลัดวงจร คือ และ
ไฟไหม้ อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความเสียหาย	๓๕๗. พิวส์ มักทำด้วยโลหะที่หลอมเหลวง่าย เช่น โลหะผสมระหว่าง <u>ดีบุกและตะกั่ว</u> การใช้พิวส์ จะต้อง เลือกขนาดให้เหมาะสมสำหรับกระแสไฟฟ้าขนาดหนึ่ง ๆ ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านมากเกินกำหนด พิวส์จะร้อนจนหลอมเหลวขาดจากกัน ที่เราเรียกว่าพิวส์ขาด โลหะที่ใช้ทำพิวส์จะต้องมีคุณสมบัติว่า เป็นโลหะที่ เช่น โลหะผสมระหว่างดีบุกและตะกั่ว
หลอมเหลวง่าย	๓๕๘. ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านพิวส์เกินขนาด พิวส์จะ
หลอมเหลวขาดจากกัน	๓๕๙. ถ้าพิวส์ใหญ่เกินไป หรือใช้โลหะที่ไม่หลอมเหลวง่าย เช่น ทองแดง มาต่อกับวงจรแทนพิวส์ เพื่อจะได้ไม่ต้องเปลี่ยนพิวส์บ่อย ๆ นั้น จะทำให้เกิดอันตรายมาก

อันตรายจากการใช้ฟิวส์มีสาเหตุมาจากใช้ฟิวส์ใหญ่เกินไป
หรือใช้โลหะที่ไม่ มาต่อแทนฟิวส์

โลหะที่ไม่หลอม
เหลวง่ายมาต่อ
แทนฟิวส์

๓๖๐. ฟิวส์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบ เช่น แบบเป็นเส้นลวด
ใช้ต่อกับสะพานไฟ แบบบรรจุในหลอดแก้วแบบบรรจุในกระเบื้อง
เคลือบ ซึ่งโดยมากจะกำหนดไว้ว่า จะสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้
กี่แอมแปร์

สิ่งที่กำหนดมากับฟิวส์ คือ ความสามารถทน

.....

กระแสไฟฟ้า
ไวกี่แอมแปร์

๓๖๑. สถานที่บางแห่งใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ไม่สะดวกในการใช้
ฟิวส์ เพราะถ้าใช้ฟิวส์จะต้องเปลี่ยนบ่อย ๆ เมื่อขาด จึงใช้
สวิตช์อัตโนมัติแทนฟิวส์ ซึ่งสวิตช์อัตโนมัตินี้ ถ้ากระแสไฟไหลเกิน
เกินขนาด จะตัดวงจรโดยอัตโนมัติ

สวิตช์อัตโนมัติมีหลักการทำงานว่า ถ้ากระแสไฟไหลเกิน
ขนาด จะ ซึ่งคล้ายกับการทำงานของ
.....

ตัดวงจรโดย
อัตโนมัติ
ฟิวส์

๓๖๒. หลังจากผ่านฟิวส์แล้วสายไฟก็จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ
การต่อสายไฟภายในบ้านไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ จะต่อแบบขนาน
(parallel)

วงจรไฟฟ้าภายในบ้านจะต่อกันแบบ

ขนาน

๓๖๓. การต่อวงจรไฟฟ้ามี ๓ แบบ คือ

๑. แบบอนุกรม (Series)
๒. แบบขนาน (Parallel)
๓. แบบผสม

การต่อวงจรไฟฟ้ามี ๓ แบบ คือ

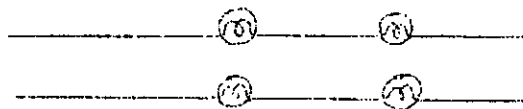
๑.
๒.
๓.

๑.แบบอนุกรม

๒.แบบขนาน

๓.แบบผสม

๓๖๔. ตัวอย่างของการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



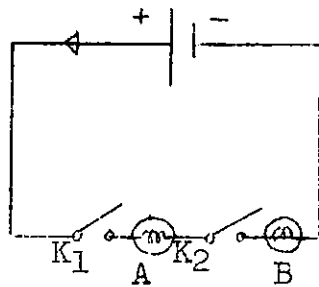
หลอดไฟ ๔ ดวง ต่อกันแบบ อนุกรม

๓๖๕. วงจรในกรอบที่ ๓๖๔ สามารถเขียนได้ง่าย ๆ ดังนี้



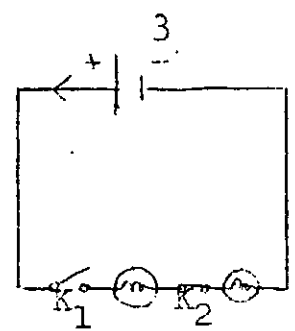
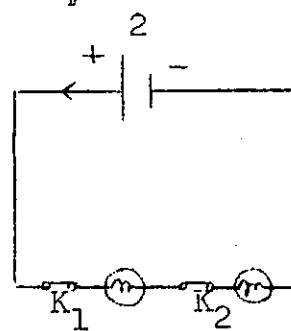
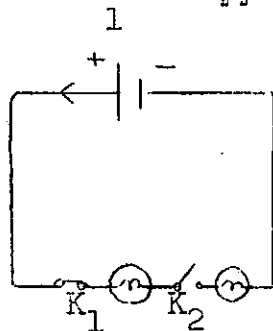
ท่านจงเขียนแผนภูมิของการต่อวงจรไฟแบบอนุกรมแบบสุดท้าย
ในช่องว่างข้างล่างนี้

๓๖๖. รูปต่อไปนี้เป็นวงจรไฟฟ้าแบบ อนุกรม (Series) แบบง่าย ๆ



A และ B เป็นหลอดไฟ
๒ ดวง K_1 , K_2 เป็น
สวิตช์ทำหน้าที่ตัดต่อวงจร
ไฟฟ้า ให้กระแสเดินทาง
หลอดไฟ

๓๖๗. ท่านจงพิจารณาทุกรูปภาพทั้งสามรูปนี้



รูปใดที่กระแสเดินทางผ่านวงจรได้ตลอดโดยไม่มีขาดตอนเลย

คือรูปที่

๒

๓๖๘. ถูกแล้วรูปที่ ๒ ซึ่งเป็นรูปที่เราต้องกดสวิตช์ทั้งสองสวิตช์
กระแสจึงจะเดินผ่านได้โดยตลอด ผ่านหลอดไฟทุกดวงหลอดไฟสว่างหมด

รูปที่ ๑ และ ๓ เรายกสวิตช์ขึ้นหนึ่งอัน กระแสจะขาด
ตอนทันทีที่ไม่สามารถเดินในวงจรได้ หลอดไฟไม่สว่างเลย

ดังนั้น จากกรอบที่ ๑๖ รูปใดที่หลอดไฟจะสว่าง เพราะมี
กระแสไฟฟ้าผ่านทุกดวง

รูปที่

๒

๓๖๘. ถูกแล้วรูปที่ ๒ อีก ส่วนรูปที่ ๑ และ ๓ กระแสไม่สามารถ
เดินในวงจรได้ หลอดไฟจึงไม่สว่าง

คราวนี้พิจารณาในรูปที่ ๒ อีกครั้ง ถ้าสมมติว่าหลอดไฟหลอดหนึ่ง

เสียหรือขาด ซึ่งมีลักษณะ

คล้าย ๆ กับยกสวิตช์ขึ้น

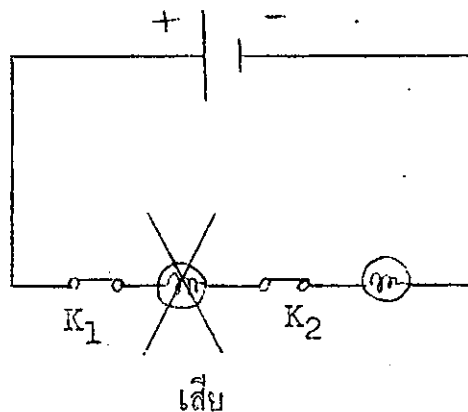
สวิตช์หนึ่ง ทำให้กระแส

ไฟฟ้าขาดตอนไม่สามารถเดิน

ผ่านวงจรได้ ทำให้หลอด

ไฟอีกหลอดหนึ่งซึ่งยังก็อยู่

พลอยไม่สว่างไปด้วย



การต่อวงจรแบบอนุกรม ถ้าหลอดไฟหลอดหนึ่ง เสียหรือขาด

หลอดไฟดวงอื่น ๆ จะไม่

สว่าง

๓๗๐. ถ้านั้นจากกรอบที่ ๓๖๗ ถึง ๓๖๘ เราพอจะสรุปลักษณะของการ
ต่อวงจรไฟแบบอนุกรม (Series) ได้ดังนี้ คือ
ถ้าต้องการให้หลอดไฟสว่างจะต้อง

๑. กดสวิตช์ทุกอัน

๒. หลอดไฟหลอดใดหลอดหนึ่งถ้าเสียหรือขาด จะทำให้
หลอดอื่น ๆ ไม่สว่างไปทั่ว

๓๗๑. คุณสมบัติของการต่อหลอดไฟแบบอนุกรม (Series) คือ
ถ้าจะต้องให้หลอดไฟสว่างจะต้อง

๑.

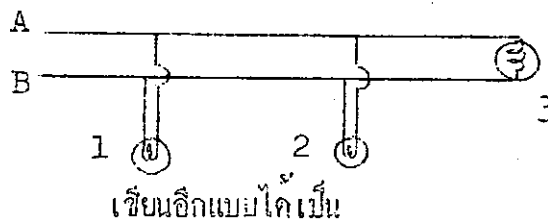
๒. หลอดไฟหลอดใดหลอดหนึ่งถ้าเสียจะทำให้
.....

๑. กดสวิตช์ทุกอัน

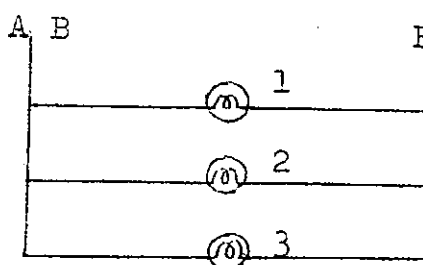
๒. หลอดไฟดวง
อื่นไม่สว่างด้วย

๓๗๒. คราวนี้มาลองพิจารณาการต่อหลอดไฟแบบขนาน (Parallel)
บ้าง

หลอดไฟ ๓ ดวง ต่อกันแบบขนาน



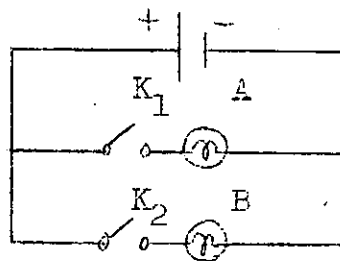
เขียนอีกแบบได้เป็น



ท่านลองพิจารณารูปแรกกับ
รูปที่สองว่าเป็นอย่างไร
เปรียบเทียบตำแหน่งของ
หลอดไฟแต่ละดวง

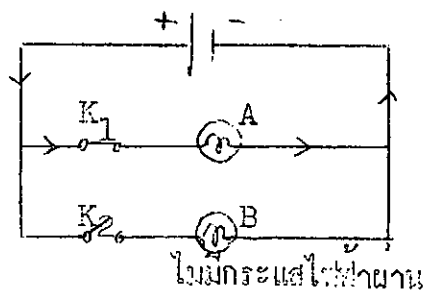
๓๓๓. ท่านจงเขียนแผนภูมิการต่อวงจรไฟแบบขนานโดยดูตัวอย่างจาก
ในกรอบที่ ๒๑ ทั้งรูปแรกและรูปที่สอง

๓๓๔. คราวนี้ลองพิจารณาวงจรการต่อหลอดไฟแบบขนาน



K_1 และ K_2 เป็นสวิตช์
A และ B เป็นหลอดไฟ
๒ หลอด

๓๓๕. พิจารณาภาพ



ไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

กดสวิตช์ K_1 ส่วน K_2
ยังยกอยู่แบบเดิม
กระแสไฟฟ้าจากเซลล์ไฟฟ้า
ออกจากขั้วบวกเดินผ่าน
ออกจากขั้วบวกเดินผ่าน
 K_1 ผ่านหลอด A ไป
เข้าขั้วลบได้

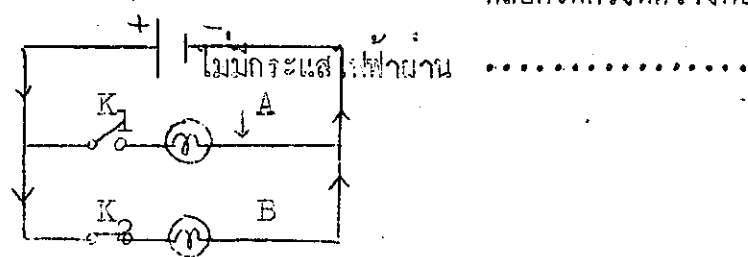
แต่กระแสไฟจะเดินผ่าน K_1 ไปหลอด B ไม่ได้ เพราะสวิตช์ไม่
ต่อวงจรกระแสไฟจึงไม่ผ่านหลอด B

ดังนั้นในรูปนี้หลอดไฟที่สว่างคือหลอด

A

๓๓๖. ถูกลัดหลอด A ห่วงองเดียวกัน ถ้าเรากดสวิตช์ K_2
แต่ยกสวิตช์ K_1 ดังรูป

หลอดไฟดวงที่สว่างคือ



B

๓๓๗. คราวนี้ถ้าเรากดทั้งสองสวิตช์ K_1 และ K_2 หลอดที่
สว่างคือหลอด และหลอด

A, B

๓๓๘. ถ้าหลอด A หรือ B หลอดใดหลอดหนึ่งเสียไปหรือขาด
หลอดนั้นกระแสไฟฟ้าก็จะผ่านไม่ได้ เช่น หลอด A เสีย กระแส
ไฟก็จะไม่สามารถผ่านหลอด A ได้ แต่กระแสไฟยังสามารถ
ผ่านหลอด B ได้ (ถ้าไม่เสียและกดสวิตช์ลง) ทำให้หลอด B
ยังคงสว่างอยู่ ไม่มีผลกระทบกระเทือนถึงกันเลย

ดังนั้น ถ้าหลอดไฟดวงใดดวงหนึ่งเสียหรือขาด หลอดไฟ
ดวงอื่นยังคงสว่างอยู่หรือไม่ (สว่าง, ไม่สว่าง)

สว่าง

๓๗๕. สรุปคุณลักษณะของการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานคือ -

๑. กสวิตช์ของหลอดไฟดวงใด หลอดไฟดวงนั้นก็ติดสว่าง๒. ถ้าหลอดไฟหลอดใดเสีย ก็จะดับเฉพาะหลอดไฟดวงนั้น
ไม่มีผลกระทบกระเทือนถึงหลอดไฟดวงอื่น

ท่านจงสรุปคุณลักษณะของการต่อหลอดไฟแบบขนาน

๑.

๒.

๑. กสวิตช์หลอด
ไฟดวงใด หลอด
ไฟดวงนั้นจะติด
สว่าง๒. ถ้าหลอดไฟ
หลอดใดเสีย
ก็จะดับเพราะ
หลอดไฟดวงนั้น๓๗๖. เปรียบเทียบ คุณลักษณะ การต่อหลอดไฟแบบอนุกรม (Series)
และ แบบขนาน (Parallel)

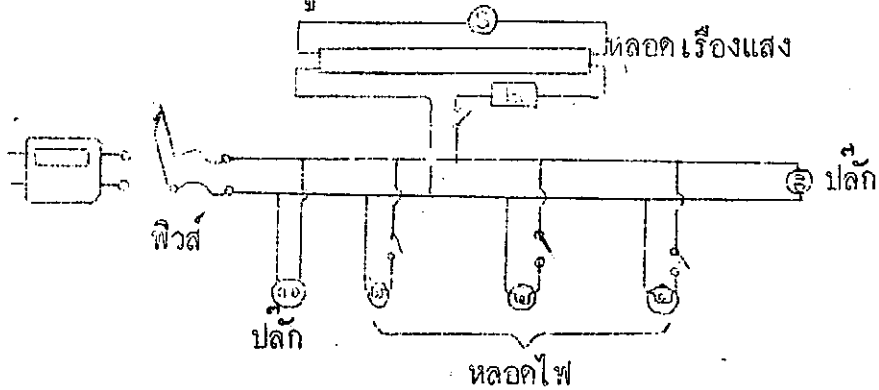
แบบอนุกรม (Series)	แบบขนาน (Parallel)
๑. ถ้าจะให้หลอดไฟดวงใดสว่าง ต้องกสวิตช์ทุกอัน	๑. ถ้าจะให้หลอดไฟดวงใด สว่างก็กสวิตช์เฉพาะหลอด ไฟดวงนั้น
๒. ถ้าหลอดไฟดวงใดเสีย หลอดอื่น ๆ จะพลอย ไม่ติดด้วย	๒. ถ้าหลอดไฟดวงใดเสียจะ ไม่มีผลกระทบกระเทือนถึง หลอดไฟดวงอื่น ๆ เลย

๓๔๑. ท่านจะสังเกตเห็นว่าในความสะดวกด้านการใช้งานแล้ว การต่อ
วงจรไฟแบบขนานมีความสะดวกในด้านการใช้งานมากกว่าการต่อแบบอนุ-
กรมมาก

ดังนั้น การต่อวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน วงจรการต่อจึงเป็น
แบบ..... เพราะสะดวก

ขนาน

๓๔๒. ต่อไปเป็นแผนภูมิการต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อใช้งานในบ้าน



อุปกรณ์ ดังนี้ ปลั๊ก ๒ ปลั๊ก

หลอดไฟ ๓ ดวง

หลอดเรืองแสง (Fluorescent) ๑ หลอด

อุปกรณ์ทุกชิ้นต่อกันแบบขนาน

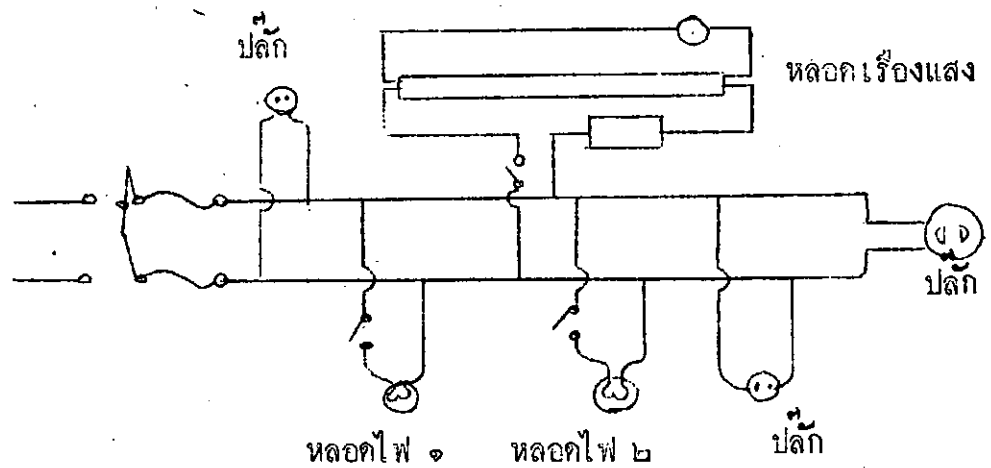
๓๔๓. ท่านลองเขียนแผนภูมิ การต่อวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน โดยพิจารณา
จากตัวอย่างในกรอบที่ ๓๔๒ โดยให้มีอุปกรณ์ ดังนี้

มีหลอดไฟ ๒ หลอด

ปลั๊ก ๓ ปลั๊ก

และหลอดเรืองแสง ๑ หลอด

๓๘๔. ท่านจะดูรูปภายในกรอบนี้เพื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ท่านวาดไว้
เพื่อดูว่าถูกต้องหรือไม่



๓๘๕. ต่อไปเราจะได้เรียนถึงระบบเชื่อมต่อของกระแสไฟฟ้า

ส่วนประกอบสำคัญของระบบเชื่อมต่อคือ

๑. ปลั๊กตัวผู้

๒. สายไฟ

๓. ปลั๊กตัวเมีย

จงบอกส่วนประกอบของระบบเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้า

๑.

๒.

๓.

๑. ปลั๊กตัวผู้

๒. สายไฟ

๓. ปลั๊กตัวเมีย

๓๘๖. ปลั๊กตัวผู้อาจมีรูปร่างได้หลายแบบ เช่น รูปร่างกลม รูปร่างแบน อาจมีที่สำหรับจับในมือหรือไม่ที่จับก็ได้ ตัวปลั๊กทำด้วยวัสดุต่าง ๆ กันหลายชนิด เช่น ยาง พลาสติก เบดเคอไลต์ (ฉนวนชนิดหนึ่ง) หรืออาจเป็นกระเบื้อง วัสดุเหล่านี้มีส่วนที่เหมือนกัน คือ เป็นฉนวน

วัสดุที่จะนำมาทำเป็นปลั๊กจะต้องเป็น (ฉนวน, ตัวนำ)

.....

ฉนวน

๓๘๗. ลักษณะของปลั๊กตัวผู้จะต้องมีเกี้ยวสองเกี้ยว หรืออาจเป็นสามเกี้ยวก็ได้ในการใช้พิเศษ เกี้ยวเหล่านี้มักเป็นทองเหลือง เพราะทนทานและไม่มีสนิม

เกี้ยวของปลั๊กตัวผู้มักเป็นทองเหลือง เพราะ

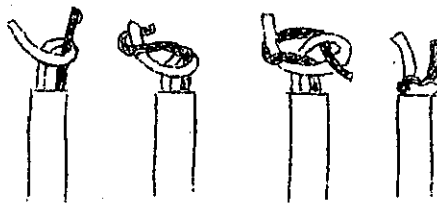
.....

ทนทาน, ไม่มีสนิม

๓๘๘. ถ้าท่านมีความจำเป็นที่จะต้องทำการต่อสายไฟเข้ากับปลั๊ก สิ่งแรกที่ท่านควรระวังคือ ความระมัดระวัง และ ความปลอดภัย ระเบียบร้อยในการทำงาน เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดภายหลัง

คำอธิบายดังนี้

๑. สอดสายไฟเข้าไปในปลั๊กแล้วแยกสายออกแล้วผูกเป็นปม เรียกว่า under writer , ดังรูป



ปมนี้จะป้องกันมิให้เส้นลวดถูกดึงทิ้ง เกินไป จนหลุดจากปลั๊ก

ปม under writer มีประโยชน์คือ

.....

ช่วยมิให้เส้นลวด
ถูกดึงทิ้ง เกินไป

๓๘๙. ๒. ปอกสายแล้วมิดเส้นลวดให้เป็นเกลียว แล้วสอดสายไฟไปพันตะปูควง แล้วใช้ไขควงหมุนตะปูควงตรึงให้แน่น ระวังอย่าให้เส้นลวดสัมผัสกัน ฉนวนของเส้นลวดควรจะมีที่ตะปูควงพอดี

๓๙๐. เมื่อจะถอดปลั๊กตัวผู้ออกจากปลั๊กตัวเมีย ไม่ควรจะจับสายไฟของปลั๊กตัวผู้ เพราะถ้าดึงสายไฟกระชากออก อาจทำให้ เส้นลวดหลุด เกิดไฟช็อตได้ ควรจับตัวปลั๊กตัวผู้ดึงออกมา

การดึงปลั๊กตัวผู้ออกจากปลั๊กตัวเมียควรดึงออกโดยจับ
..... ดึงออกมา ดีกว่าการจับสายไฟดึงออกมา

ตัวปลั๊กตัวผู้

๓๕๑. สำหรับวัสดุที่ใช้ทำปลั๊กตัวเมียบอกมีหลายชนิด เช่นเดียวกับปลั๊กตัวผู้
การดึงสายไฟกับปลั๊กตัวเมียบอกมีหลักการ เช่นเดียวกับปลั๊กตัวผู้
ทุกประการ

๓๕๒. การปลั๊ก ๓ ทา ในบางกรณีมีประโยชน์เพื่อป้องกันกระแสไฟรั่ว
อันเกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้าชำรุด กระแสจะไม่ผ่านร่างกายผู้จับต้อง แต่
จะไหลลงดินแทน

ประโยชน์ของปลั๊ก ๓ ทา คือ ช่วยป้องกันไม่ให้กระแสไฟ
ผ่านร่างกายของ ในกรณีที่เกิดกระแสไฟรั่ว
เพราะเครื่องใช้ชำรุด

ผู้จับต้อง

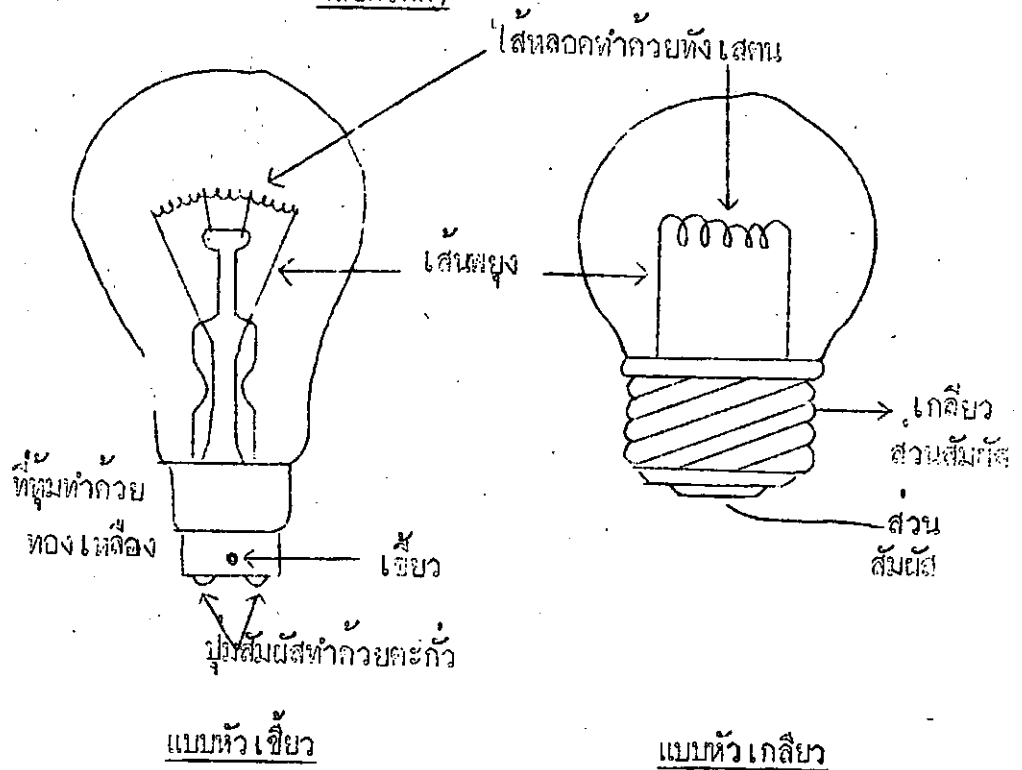
๓๕๓. มีปลั๊กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เรียกว่า ปลั๊กหลายทาง เป็นปลั๊กตัวเมียที่มี
ที่เสียบปลั๊กตัวผู้ได้หลายตัว ปลั๊กชนิดนี้มีข้อเสียมากกว่าข้อดี เพราะ
ถ้าเราเสียบปลั๊กตัวผู้ไปใช้งานทีละหลายตัว สายไฟที่ต่อมายังปลั๊กตัว
เมียบอกจะร้อนไหม้ เพราะกระแสไฟไหลในเส้นลวดมากไป เป็น
อันตรายอย่างยิ่ง

ปลั๊กหลายทางหมายถึงปลั๊กตัวเมียที่มี
ปลั๊กชนิดนี้สมควรใช้หรือไม่ (สมควร, ไม่สมควร)

ปลั๊กตัวเมียที่ไม่มีที่
เสียบปลั๊กตัวผู้ได้
หลายตัว
ไม่สมควรใช้

๓๘๔. ต่อไปเราจะเรียนในเรื่องการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์
ในชีวิตประจำวัน

เรื่องแรก คือ หลอดไฟฟ้า



๓๘๕. ภายในหลอดจะถูกสุญญากาศออก แล้วใส่ก๊าซอาร์กอนเข้าไปแทน
ไส้หลอดทั้งสองปลายจะต่อมายังจุดสัมผัส เพื่อต่อกับสายไฟ

กาวชนิดใด ที่ถูกใส่เข้าไปในกะเปาะของหลอดไฟ

.....

กาซอาร์กอน	๓๕๖. โลหะที่ใช้ทำไส้หลอดคือ ทั้งสแตน เป็นในหลอดขนาดเล็กมีความต้านทานสูง เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเปล่งแสงออกมาและได้<u>ความร้อน</u>ออกมาด้วย พลังงานที่ได้มาจากหลอดไฟฟ้า คือ ๑. พลังงาน ๒. พลังงาน
แสง ความร้อน	๓๕๗. เมื่อให้หลอดไฟฟ้าไปนาน ๆ ไส้หลอดจะกร่อน ซึ่งจะสังเกตได้จากแก้วของหลอดไฟจะดำลงเล็กน้อย แสดงว่าอายุการใช้งานกำลังจะหมด ใกล้ถึงเวลาเปลี่ยนแล้ว
	๓๕๘. ถัดไปเป็นเรื่องของ<u>หลอดเรืองแสง</u> (Fluorescent) หลอดไฟชนิดนี้ทำเป็นรูปทรงกระบอกหรือวงกลมภายในหลอดไม่มีอากาศ แต่มี<u>ไอปรอทบรรจุอยู่</u> มีการทำงานที่ต่างจากหลอด<u>ไฟฟ้าธรรมดา</u> ภายในหลอดเรืองแสงบรรจุไวด้วย
ไอปรอท	๓๕๙. หลอดไฟฟ้าธรรมดา เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอด ไส้หลอดก็จะร้อนและเปล่งแสงสว่างออกมา สำหรับหลอดเรืองแสง จะเปล่งแสงออกมาได้ เพราะภายในหลอดมี<u>ไวท์ฟอสฟอรัสเรืองแสง</u> (Phosphor) ซึ่งเป็นออกไซด์ของ

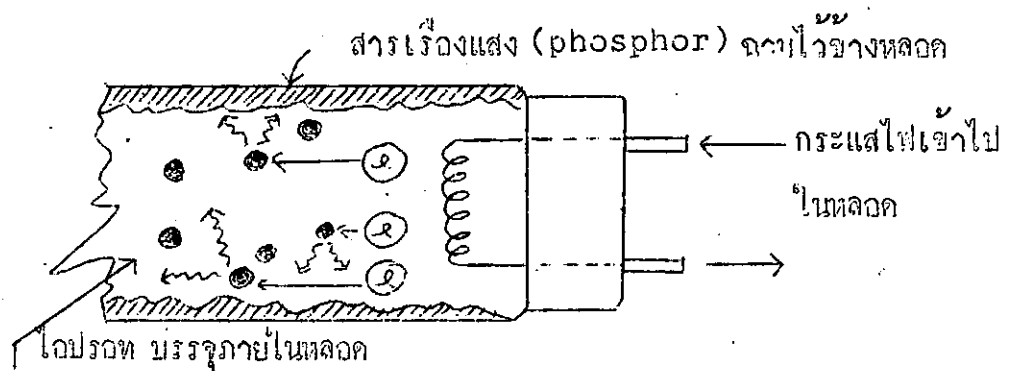
โลหะบางชนิด สารเรืองแสงพวกนี้จะ เปล่งแสงสว่างออกมาเมื่อได้รับ
รังสีอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet ray)

ภายในหลอดเรืองแสงฉาบไว้ด้วย
ซึ่งจะ เปล่งแสงสว่าง เมื่อได้รับรังสี

สารเรืองแสง
(Phosphor)
อุลตราไวโอเลต
(Ultraviolet
ray)

๔๐๐. ที่นี้ก็มาถึงปัญหาว่า รังสีอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet ray)
จะได้อะไรมา

จาก ทานลองพิจารณาจากภาพ



เมื่อกระแสผ่านไส้หลอด ไส้หลอดจะร้อนและปล่อย electron
ออกมา (และ electron นี้จะวิ่งไปชนไอปรอท เมื่อไอปรอท
ถูกชน มีพลังงานเพิ่มขึ้น ก็ปล่อยรังสีอุลตราไวโอเลตออกมาทันที

ลำดับขั้นตอนการปล่อยรังสีอุลตราไวโอเลต คือ

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอด ไส้หลอดจะร้อนและปล่อย
..... และ จะวิ่งไปชน แล้ว
ไอปรอทก็จะปล่อยรังสีอุลตราไวโอเลตออกมา

electron

electron

ไฮดรอน

๔๐๑. รังสีอุลตราไวโอเลตที่ถูกปล่อยออกมานี้จะไปชนสารเรืองแสงแล้ว
สารเรืองแสงก็จะให้แสงสว่างออกมาอีก

สารเรืองแสงจะให้พลังงานแสงสว่างเมื่อมีรังสี

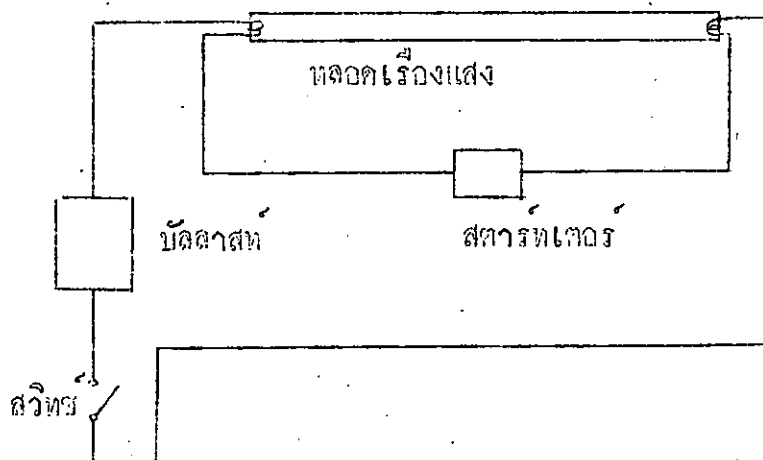
..... วิจารณ์

รังสีอุลตรา

ไวโอเลต

๔๐๒. ต่อไปเราจะพิจารณาการทำงานของหลอดเรืองแสง

วงจรการต่อไฟของหลอดเรืองแสง เป็นดังนี้



ส่วนประกอบที่สำคัญคือ หลอดเรืองแสง สตาร์ทเตอร์
 (Starter) และ บัลลาสต์ (Ballast)

ส่วนประกอบของวงจรการต่อหลอดเรืองแสง คือ

๑.

๒.

๓.

๑. หลอดเรือง

แสง

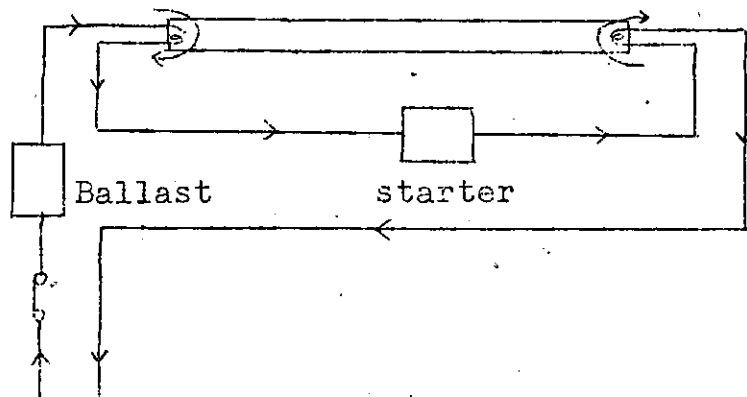
๒. สตาร์ทเตอร์

(Starter)

๓. บัลลาสต์

(Ballast)

๔๐๓. จากวงจร เมื่อกดสวิตช์ให้วงจรปิดกระแสไฟจะไหลในวงจรได้
 สมมติขณะหนึ่งกระแสไฟผ่านบัลลาสต์ ไปยังไส้หลอดช๊ิกซ้ายแล้วออกมา
 ผ่าน Starter ไปเข้าไส้หลอดข้างขวาแล้วออกจากไส้หลอด
 ดังรูป (กระแสไฟไม่ผ่านตัวหลอด)



๔๐๔. ลำดับทางเดินของกระแสไฟตามรูป คือ ผ่าน Ballast ผ่าน
 ไส้หลอดช๊ิกซ้ายแล้วออกมาผ่าน Starter ผ่านไส้หลอดช๊ิกขวา แล้ว
 ออกมาจากหลอดอีกครั้ง

ทางเดินของกระแสไฟ คือ เมื่อเริ่มผ่านจาก Ballast แล้ว
 ผ่านไปยังไส้หลอดแล้วต่อไปยัง ผ่านไส้หลอดช๊ิก ...
 แล้วออกมาจากหลอด

Startes

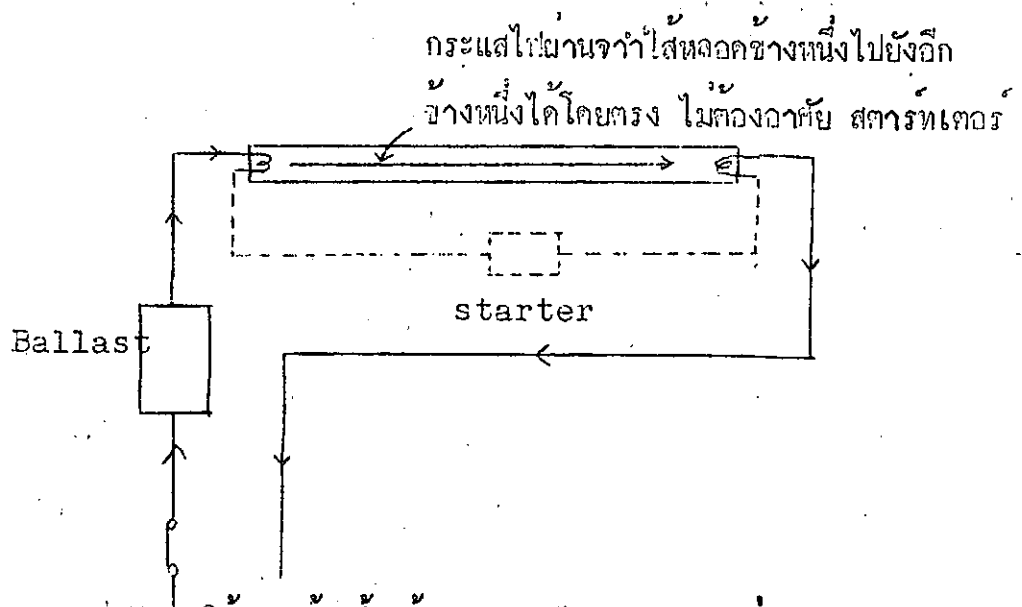
ขวา

๔๐๕. ท่านจงจำทางเดินของกระแสไฟตอนนี้ไว้ให้ดี ว่ากระแสไฟไม่ผ่าน
 ภายในตัวหลอด แต่กระแสไฟผ่านตามสายไฟนอกตัวหลอด (สายไฟที่ต่อ
 ไปยัง Starter)

๔๖๕. เมื่อกระแสไฟเริ่มผ่านไส้หลอด ไส้หลอดก็จะร้อนขึ้นและปล่อย electron ออกมา ในตอนนี้ กระแสไฟสามารถเดินจากไส้หลอดข้างหนึ่งผ่านตัวหลอดไปยังไส้หลอดอีกข้างหนึ่งได้โดยตรง โดยไม่ต้อง

อาศัย

ทั้งรูป



หลังจากไส้หลอดร้อนขึ้นแล้ว กระแสไฟสามารถเดินผ่านจากไส้หลอดข้างหนึ่งผ่าน ไปยังไส้หลอดอีกข้างหนึ่งได้โดยตรง โดยไม่ต้องอาศัย Starter

ตัวหลอด

๔๖๖. ดังนั้น เมื่อกระแสไฟสามารถวิ่งผ่านจากไส้หลอดหนึ่งไปยังไส้หลอดหนึ่งได้โดยตรง โดยผ่านภายในหลอดได้แล้ว Starter ก็หมดความจำเป็น มันก็จะ ตัดวงจรของตัวเองโดยอัตโนมัติ เพราะเราไม่ต้องการใช้งานมันแล้ว

หลังจากกระแสไฟสามารถวิ่งผ่านตัวหลอดได้แล้ว Starter

จะ

ตัดวงจรโดย
อัตโนมัติ

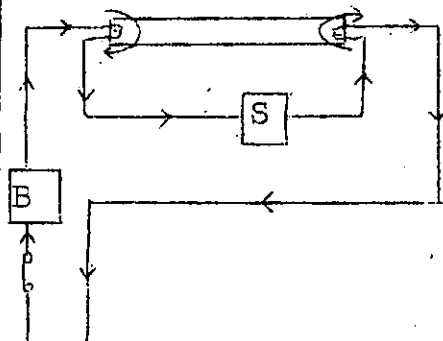
๕๐๘. การตัดวงจรของ Starter ก็คล้าย ๆ กับการยกสวิทช์
ไม่ให้กระแสไฟเกินผ่านนั่นเอง หลังจาก Starter ตัดวงจรแล้วนี้
หลอดไฟจะติดสว่างไปตลอด แม้จะถอด Starter ออกจากวงจร
ก็จะไม่ทำให้หลอดดับ แต่ประการใด

หลังจากหลอดติดสว่างแล้ว ถอด Starter ออกจาก
วงจรหลอดไฟจะยังคงสว่างตามเดิมหรือไม่

สว่าง

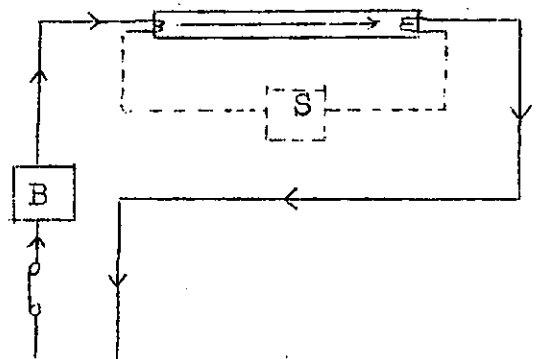
๕๐๙. ท่านพอจะสังเกตความแตกต่างทางเดินของกระแสไฟในคอนเริ่ม
ยกสวิทช์กับตอนที่ใส่หลอดร่อนได้ไหม ถ้ายังก็จงดูรูปภาพเปรียบเทียบ

เริ่มยกสวิทช์



กระแสไฟไม่ผ่านภายในตัวหลอด

หลังจากใส่หลอดร่อนแล้ว



กระแสไฟผ่านได้ภายใน
ตัวหลอด

๔๑๐. เป็นข้อแตกต่างระหว่างทางเดินของกระแสไฟ เมื่อเริ่มกดสวิทช์ กับตอนที่ให้หลอดร่อนแล้ว คือ

ตอนเริ่มกดสวิทช์ กระแสไฟจะไม่

หลังจากให้หลอดร่อนแล้วกระแสไฟจะ

แผ่นตัวหลอดแผ่น
ใดภายในตัวหลอด

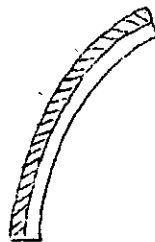
๔๑๑. การทำงานของ Starter นั้น อาศัยหลักที่ว่า โลหะ
ต่างชนิดกันขยายตัวได้ไม่เท่ากัน

หลักการทำงานของ Starter คือ

.....

โลหะต่างชนิดกัน
ขยายตัวได้ไม่
เท่ากัน

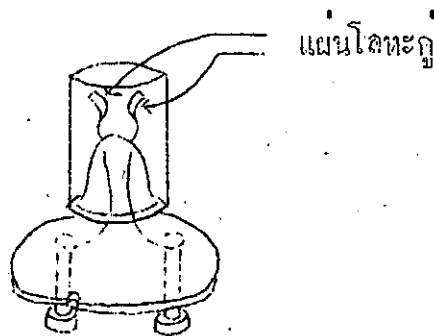
๔๑๒. ถ้านำแผ่นโลหะต่างชนิดมาประกบกัน แล้วทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น
แผ่นโลหะที่ประกบกันนี้จะงอโค้ง โดยจะงอไปทางด้านที่ขยายตัวได้
น้อยกว่าเสมอ



แผ่นโลหะต่างชนิดกันถ้านำมาประกบกันแล้วให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะ
..... โดยจะงอไปทางด้านที่ ไค่น้อยกว่า

งอโค้ง
ขยายตัว

๔๑๓. ภายใน Starter ก็มีโลหะที่ต่างชนิดกันประกบกันเช่นนี้
เราเรียกว่าแผ่นโลหะคู่ ซึ่งจะถูกบรรจุอยู่ในหลอดแก้วที่บรรจุ
ก๊าซอาร์กอนไว้ ดังรูป



หลอดแก้วที่เป็น Starter นั้นภายในบรรจุก๊าซ

.....

อาร์กอน

๔๑๔. เมื่อกระแสไฟเคลื่อนผ่าน Starter มันจะถูกนำไปตามแผ่น
โลหะคู่ แต่เนื่องจากยังมีช่องว่างระหว่างแผ่นโลหะคู่ทั้งสองแผ่น
กระแสไฟจะทำให้ก๊าซอาร์กอนเรืองแสง และยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่าน
จากปลายข้างหนึ่งไปยังปลายอีกข้างหนึ่ง

๔๑๕. ขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านจากปลายข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่งนี้เอง
ก๊าซอาร์กอนที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะร้อนขึ้น ทำให้แผ่นโลหะคู่โค้งมาแตะกัน
กระแสไฟฟ้าผ่านได้สะดวกขึ้น

ความร้อนที่ทำให้แผ่นโลหะคู่โค้งมาแตะกันเพราะการ

..... ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะร้อนขึ้น

อาร์กอน

๔๑๖. เมื่อแผ่นโลหะมาแตะกัน ทำให้ไม่มีช่องว่าง กระแสไฟไม่ต้อง
กระโดดผ่านก๊าซอาร์กอนอีก ก๊าซอาร์กอนจึงเย็นลง ทำให้อุณหภูมิของ
แผ่นโลหะลดลง แผ่นโลหะจึงแยกตัวออกจากกันอีกครั้ง เพราะอุณหภูมิ
ก๊าซลดลง

แผ่นโลหะจะแยกตัวออกจากกันอีก เพราะอุณหภูมิของแผ่นโลหะ
สูง อันเนื่องมาจากอุณหภูมิของก๊าซ
ลดลง

ลดลง
ก๊าซอาร์กอน

๔๑๗. แผ่นโลหะจะแยกตัวออกจากกันก็เปรียบเสมือนยกสวิทช์ขึ้นตัดวงจร
กระแสไฟเดินไม่ติด กระแสไฟจึงเดินผ่านจากไส้หลอดข้างหนึ่งผ่าน
ตัวหลอดไปยังไส้หลอดอีกข้างหนึ่งได้ทันที ไม่ต้องผ่าน Starter
อีกต่อไป

เมื่อกระแสไฟเดินผ่าน Starter ไม่ได้เพราะแผ่นโลหะ
จะแยกตัวออกจากกันแล้ว กระแสไฟก็จะเดินผ่านจากไส้หลอดข้างหนึ่ง
ผ่าน ไปยังไส้หลอดอีกข้างได้โดยตรง

ตัวหลอด

๔๑๘. สำหรับ Ballast นั้น มีส่วนประกอบเป็นเหล็กอ่อน
ที่มีขดลวดพันโดยรอบ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

—————
/ ๒๒๐๘๘๘๓

หลอดที่มีเพียงขดเดียวไม่ได้มีหลายขด แบบ Transformer
จึงเขียนสัญลักษณ์ของ Ballast

๔๑๘. หน้าการทำงานของ Ballast มี ๒ ตอน คือ

๑. เริ่มกดสวิทช์ จะกระตุ้นให้กระแสเดินผ่านไปในหลอด
ให้เร็วขึ้น
๒. เมื่อหลอดติดแล้วจะด่างไม่ให้กระแสไหลผ่านตัวหลอด
มากเกินไป

๔๑๙. หน้าของ Ballast มีดังนี้

ตอนแรกเริ่มกดสวิทช์ จะกระตุ้นให้กระแส

.....

ตอนต่อมาเมื่อหลอดติดแล้ว จะด่างไม่ให้กระแส

.....

จะกระตุ้นให้
กระแสเดินผ่าน
ไปในหลอดเร็วขึ้น
จะด่างไม่ให้
กระแสผ่านหลอด
มากเกินไป

๔๒๐. ข้อควรระวังสำหรับการใช้หลอดไฟเรืองแสง คือ ระวังอย่าให้แตก
แล้วบาดผิวหนัง ทั้งนี้เพราะสารที่ฉาบไว้ส่วนมากมีอันตรายต่อผิวหนังอย่าง
มากทั้งสิ้น

๔๒๒. จากวงจรการต่อหลอดไฟเรืองแสง ท่านจะสังเกตเห็นว่า

Ballast ต่อแบบ อนุกรม กับหลอด

Starter ต่อแบบ ขนาน กับหลอด

Ballast ต่อแบบ กับหลอด

Starter ต่อแบบ กับหลอด

อนุกรม

ขนาน

๔๒๓. หลอดไฟกลมธรรมดา กับหลอดไฟเรืองแสงที่ใช้กำลังไฟฟ้าเท่า ๆ กัน เช่น ๔๐ W หลอดไฟเรืองแสงจะสว่างมากกว่าหลอดไฟธรรมดา ทั้งนี้เพราะแสงสว่างที่ได้มาจากหลอดเรืองแสงได้มาจากสารเรืองแสง (Phosphor) ที่เปล่งออกมาอีกที และสารเรืองแสงก็เคลือบไว้ทั่วตัวหลอดซึ่งมีความยาวจึงมีพื้นที่ให้แสงสว่างมาก ส่วนหลอดไฟฟ้าธรรมดาให้แสงสว่างจากไส้หลอดโดยตรง ตัวที่ให้แสงสว่าง คือ ไส้หลอดแทบจะเรียกได้ว่าเป็นจุดจุดเดียวเท่านั้น

หลอดเรืองแสงให้แสงสว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้าธรรมดา เพราะหลอดเรืองแสงมี พ.ท. ให้แสงสว่าง กว่าหลอดไฟฟ้า

มาก

๔๒๔. หลอดเรืองแสงที่เราเรียนผ่านกันมานี้ หัวไปจะเรียกกันว่า หลอดนีออน ทั้งที่ความจริงไม่ใช่หลอดนีออนเลย หลอดนีออน หมายถึงหลอดที่บรรจุก๊าซนีออน ใช้ทำให้เกิดแสงสว่างเพื่อการโฆษณาหรือจุดประสงค์อื่น ๆ และมีหลักการทำงานที่ต่างกันอย่าง

๔๒๕. ต่อไปจะเป็นเรื่องของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราใช้ภายในบ้าน
เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อทำความร้อน เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้จะประกอบด้วย
ส่วนที่ให้ความร้อน ซึ่งมักจะใช้ลวดนิโครม ซึ่งเป็นโลหะผสมของ
นิกเกิลกับโครเมียม

ในเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อทำความร้อนนั้น ส่วนที่ให้ความร้อนจะ
 ใช้ลวด ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่าง
 กับโครเมียม

ลวดนิโครม
 นิกเกิล

๔๒๖. ลวดนิโครม เป็นลวดที่มีจุดหลอมเหลวสูง ไม่หลอมเหลวง่าย
 เมื่อร้อนจัด รวมตัวกับออกซิเจนในอากาศได้ยาก และมีความต้านทาน
ไฟฟ้าสูง เมื่อมีกระแสไหลผ่านความร้อนที่เกิดขึ้นจึงมากพอที่จะนำมา
 ใช้ประโยชน์ได้

คุณสมบัติของลวดนิโครม คือ

๑. จุด..... สูง
๒. รวมตัวกับ ในอากาศได้ยาก
๓. มีความ สูง

หลอมเหลว
 ออกซิเจน
 ต้านทานไฟฟ้า

๔๒๗. ตัวอย่างของเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ เช่น เตapotไฟฟ้า เตาอบ
 ไฟฟ้า กาไฟฟ้า เตาทำความร้อนไฟฟ้า กระทะไฟฟ้า ที่นั่งเข้เมียง เตาย่าง
 ฯลฯ

๒๕. ส่วนที่จะ เสียบ่อย ๆ สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ คือ

๑. ลวดนิโครม ชำรุด ชาด
๒. สายไฟที่ต่อมายังปลั๊กชำรุด
๓. ที่ควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) ชำรุด (ถ้ามี)

ส่วนที่ ควรระมัดระวัง สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทให้ความร้อน คือ

๑. ลวด
๒. สายไฟที่
๓.

๑. ลวดนิโครม
๒. สายไฟที่ต่อมายังปลั๊ก
๓. ที่ควบคุมอุณหภูมิ

๒๖. ส่วนที่ให้ความร้อนหรือนิโครมนี้ ท่านสามารถจะถอดออกเพื่อตรวจดูหรือเปลี่ยนใหม่ได้โดยง่าย โดยอาศัยไขควงเท่านั้น ถาลวดนิโครมขาด ถ้าจะเปลี่ยนใหม่ได้ก็ควรเปลี่ยน แต่ถ้าต้องการจะต่อให้ติดกันคง เดิมจะใช้วิธีบัดกรีไม่ได้

วิธีที่ ใช้ไม่ได้ สำหรับการต่อลวดนิโครมเข้าด้วยกัน คือวิธี

.....

บัดกรี

๒๗. การบัดกรีด้วยตะกั่วนั้นเมื่อลวดร้อน ตะกั่วก็จะหลอมเหลวทำให้ใช้ไม่ได้ ถ้าประสงค์จะต่อให้ติดกันให้ใช้ ไนโครไซท์ (nichrocite) หยอดไปตรงรอยต่อระหว่างลวด แล้วเสียบปลั๊กให้กระแสไฟเดิน ความร้อนจะทำให้ไนโครไซท์เชื่อมลวดนิโครมเข้าติดกันได้

ถ้าต้องการจะ เชื่อม ให้ลวดนิโครมที่ขาดให้ติดกันให้ใช้

..... เชื่อมเส้นลวดแทนตะกั่ว

ไนโครไซต์
(nichrocite)

๔๓๑. อย่างไรก็ตาม ลวดนิโครมเป็นสิ่งที่หาซื้อได้ง่าย ถ้าซื้อมาเปลี่ยนได้อีกจะดี

การดูแลรักษาลวดนิโครมหรือส่วนที่ให้ความร้อนนั้น ท่านไม่ควรล้างให้สะอาดด้วยน้ำ หรือซักถูแต่ประการใด เพียงแค่ดูแลไม่ให้มีเขม่าติด เชื้ออาหารตกลงมาในส่วนนี้ ปิดกวาดฝุ่นผงออกให้สะอาดก็พอ

ข้อที่ไม่ควรทำ สำหรับการรักษาความสะอาดส่วนที่ให้ความร้อนหรือลวดนิโครมคือ ไม่ควร หรือ

ล้างด้วยน้ำ
ซักถู

๔๓๒. สำหรับบริเวณเชื่อมต่อ เช่น ปลั๊กไฟ หรือตอนที่สายไฟเข้ามาเข้าลวดนิโครม บริเวณนี้จะเกิดสนิมได้ง่าย ท่านก็คอยดูแลทำความสะอาด ใช้ผ้าแห้ง ๆ ถู หรือใช้กระดาษทรายขัดออก ตรวจสอบรอยต่อรอยเชื่อมทั้งหลายให้ติดตึงแน่นหนามั่นคง

เราทำความสะอาดบริเวณรอยต่อทั้งหลายโดยใช้ หรือ ซักถูสนิมออก

ผ้าแห้ง ๆ
กระดาษทราย

๔๓๓. ปลั๊กไฟบางชนิดทนความร้อนไม่ค่อยดี เมื่อใช้ไปนาน ๆ ก็บิกเปี้ยว เพราะพลาสติกหุ้มละลาย ท่านควรที่จะเปลี่ยนใหม่ และคอยตรวจดูให้เตี้ยของปลั๊กตัวผู้แต่ละส่วนจ่ายกระแสไฟของปลั๊กตัวเมียให้แน่น ๆ เพราะถ้าไม่แน่น กระแสไฟต้องกระโดดไปมาจะทำให้เกิดความร้อนและปลั๊กก็จะบิกเปี้ยว เพราะความร้อน

ถ้าปลั๊กเสียบไม่แน่น ผลก็คือกระแสไฟจะต้องกระโดดไปมา
ทำให้เกิด และปลั๊กจะ
เพราะความร้อน

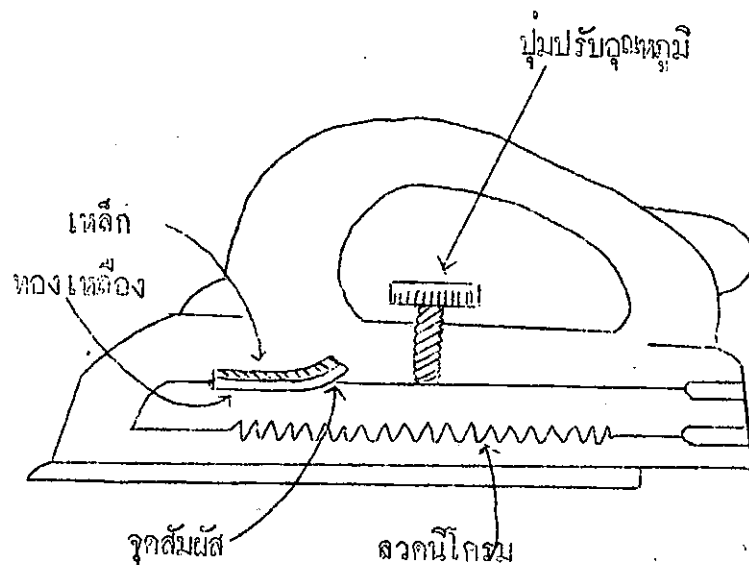
ความร้อน
ปิดเบ้า

๔๓๔. สำหรับตัวที่ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ หรือ
ก็ใช้หลักการทำงานของแผ่นโลหะคู่ที่ขยายตัวได้ไม่เท่ากันทำให้แผ่น
โลหะงอโค้ง เมื่อได้รับความร้อน

หลักการทำงานของ Thermostat คือ ใช้แผ่น
โลหะคู่ที่ขยายตัวได้ไม่เท่ากัน เมื่อได้รับ
แผ่นโลหะจะงอโค้ง

ความร้อน

๔๓๕. ตัวอย่างการทำงานของ Thermostat เช่นในเตารีด
ไฟฟ้า ดังรูป



๔๓๖. เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไป ทำให้ลวดนิโครมร้อนขึ้น แผ่นโลหะก็จะขยายตัว และงอเบนไปจากจุดสัมผัส ทำให้วงจรเปิดขาดออกจากกันกระแสไฟฟ้าผ่านไม่ได้ แผ่นโลหะก็จะเย็นลงมาและที่จุดเดิม ทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้อีกเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิไม่ให้ร้อนเกินขีดความต้องการได้

กระแสไฟฟ้าผ่านไปในวงจรไม่ได้ เมื่อแผ่นโลหะงอเบนไปจากจุด

จุดสัมผัส

๔๓๗. การดูแลรักษา Thermostat ก็ใช้วิธีหมั่นตรวจดูเสมอ (ถ้าออกมาดูได้ง่าย ๆ) ทำความสะอาดให้ทั่วโดยเฉพาะบริเวณจุดสัมผัส ถ้ามีอะไรต้องเปลี่ยนใหม่ หรือต้องปรับปรุงให้ดีขึ้นก็ต้องจัดการให้เรียบร้อย พร้อมทั้งจะใช้งานได้ตามปกติในเวลาต่อไป

๔๓๘. เครื่องไฟฟ้าประเภททำให้ร้อนบางอย่างอาจมีอุปกรณ์พิเศษนอกเหนือไปจากนี้ เช่น เครื่องมิกซ์เมมเบ้ง อาจมีเครื่องจับเวลาเพิ่มขึ้นมา เพื่อจับเวลาที่เมมเบ้งจะบึ่งจนใช้การได้ อย่างไรก็ตามโดยหลักการส่วนใหญ่ก็ยังมีเหมือน ๆ กัน คือมีส่วนให้ความร้อน ที่ควบคุมอุณหภูมิแบบเดียวกับเครื่องไฟฟ้าอื่น ๆ

๔๓๙. ที่เราจะเรียนต่อไปคือ เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภททำให้เย็น

ตัวอย่างของเครื่องไฟฟ้าพวกนี้ เช่น ตู้เย็น (refrigerator) เครื่องปรับอากาศ (air-conditioned) เครื่องทำน้ำแข็ง

๔๔๐. หลักการทำงานของเครื่องไฟฟ้า เพื่อให้มันเย็นนี้ให้หลักการ
ถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่อุณหภูมิต่ำ ไปยังที่อุณหภูมิสูง ซึ่งอาจ
จะขัดกับความรู้สึกหรือสามัญสำนึกของท่าน เพราะตามธรรมชาติแล้ว
ความร้อนจะถ่ายเทจากที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่อุณหภูมิต่ำกว่า เสมอ

หลักการของ เครื่องไฮไฟฟ้า เพื่อให้มันเย็นคือ ใช้วิธีถ่าย
เทความร้อนจากบริเวณที่ ไปยังที่
.....

แต่โดยธรรมชาติแล้ว ความร้อนจะถ่ายเทจากที่อุณหภูมิ....
ไปยังที่อุณหภูมิ

อุณหภูมิต่ำ
อุณหภูมิสูง
สูงกว่า
ต่ำกว่า

๔๔๑. การไหลของความร้อนก็เช่นเดียวกับการไหลของน้ำ น้ำจะไหล
จากระดับที่สูงกว่าไปยังระดับต่ำกว่าเสมอ แต่ถ้าเราต้องการให้น้ำ
ไหลจากระดับที่ต่ำกว่าไปยังที่สูง เราก็ต้องใช้ เครื่องสูบน้ำหรืออุปกรณ์
อื่น ๆ เข้าช่วย

ถ้าต้องการให้น้ำไหลจากบริเวณที่ต่ำไปยังที่สูงจะต้องใช้
..... เข้าช่วย

เครื่องสูบน้ำ
หรืออุปกรณ์อื่น ๆ

๔๔๒. ความร้อนก็เช่นกัน ถ้าต้องการจะให้ไหลจากที่อุณหภูมิต่ำกว่า
ไปยังที่อุณหภูมิสูงกว่า เราก็ต้องใช้ อุปกรณ์เข้าช่วย เช่น มอเตอร์
ไฟฟ้า เป็นต้น

การจะทำให้ความร้อนถ่ายเทจากบริเวณอุณหภูมิสูงจะต้อง
ใช้ เข้าช่วย

อุปกรณ์ ๆ

๔๔๓. หลักการทำให้เย็นนี้ เราต้องใช้ของเหลวที่ระเหยง่าย เช่น ฟรีออน (Freon) ของเหลวที่ระเหยง่ายนี้ก็จะดูดความร้อน ออกมากกว่าของเหลวที่ระเหยช้า

ของเหลวที่ระเหยง่ายจะดูดความร้อนออก
กว่าของเหลวที่ระเหยช้า

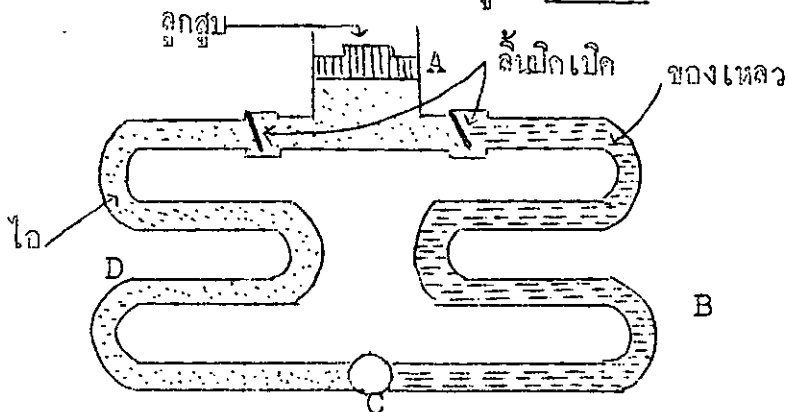
มาก

๔๔๔. ความจริงข้อนี้เราสังเกตได้ง่าย ท่านลองหยดแอลกอฮอล์ หรือน้ำมันเบนซิน ลงบนผิวหนัง เปรียบเทียบกับการหยดน้ำลงบน ผิวหนัง ก็พบว่า บริเวณที่หยดน้ำมันหรือแอลกอฮอล์จะ เย็นกว่า บริเวณที่หยดน้ำมาก

สาเหตุที่ บริเวณหยดน้ำมันหรือแอลกอฮอล์เย็นกว่า บริเวณหยดน้ำเพราะ ระเหยเร็วกว่า
.....

น้ำมัน แอลกอฮอล์
น้ำ

๔๔๕. การระเหยของของเหลวจะพาความร้อนออกไปด้วย ยิ่ง ระเหยเร็วยิ่งพาออกไปได้เร็ว ทำให้รู้สึก เย็นกว่า



รูปภาพ แผนภูมิการทำงานของตู้เย็น

๔๘๖. จากภาพในกรณ ๒๑

- A เป็นลูกสูบ ซึ่งโดยทั่วไปทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า
 D, B เป็นท่อขดทางเดินของฟรียอนในสถานะที่เป็นไอ
 และของเหลวตามลำดับ
 C เป็นส่วนที่ทำให้ฟรียอนซึ่ง เป็นของเหลวเปลี่ยน
 สถานะ เป็นไอ

๔๘๗. พิจารณาเมื่อของเหลวผ่าน C ก็จะกลายเป็นไอฟรียอน
 ไอของฟรียอนซึ่งระเหยง่ายจะถูกความร้อนจากท่อขด D ทำให้
 ท่อเย็นลงและบริเวณโดยรอบท่อ D ก็เย็นลง ส่วนบริเวณท่อ D
 นี้จะเอาเก็บไว้ในตู้เย็น ฟรียอนที่ถูกความร้อนไปนี้ ตัวมันเองจะมี
อุณหภูมิสูงขึ้น

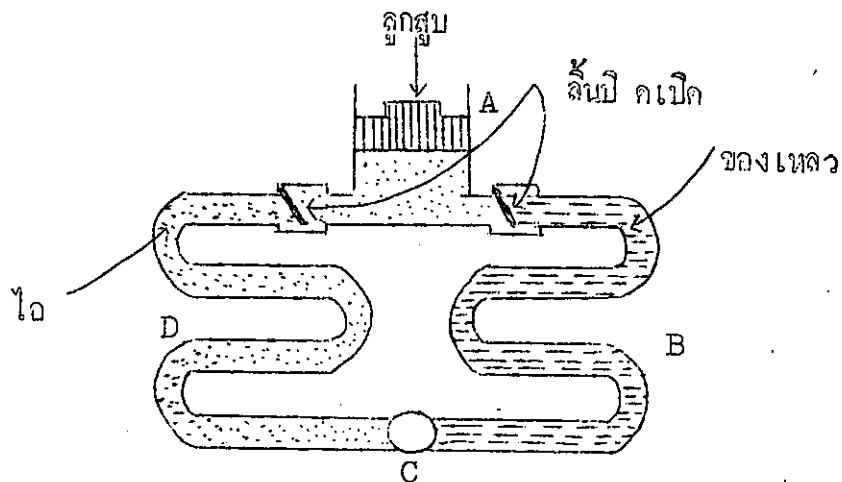
ไอของฟรียอนเมื่อถูกความร้อนไปแล้วตัวมันจะมีอุณหภูมิ

.....

สูงขึ้น

๔๘๘. พิจารณาเมื่อลูกสูบถูกยกขึ้น ทำให้บริเวณท่อสูบเกิดช่องว่าง
เส้นทางด้านขด D จะเปิด แต่เส้นทางด้านขด B จะปิด ทำ
 ให้ไอของฟรียอนถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบจนเต็มที่ว่าง

เมื่อลูกสูบยกขึ้น เส้นทางด้านขด จะเปิด แต่
 เส้นทางด้านขด จะปิด ทำให้ไอของ ถูก
 ดูดเข้าไปในกระบอกสูบ



D
B
ไอของฟร็อน

๔๔. พิจารณาภาพเกมอีกครั้ง

ถ้าลูกสูบถูกกดลง ไอของฟร็อนจะถูกกดลงมาขณะเดียวกันในตอนนี้ เส้นทางด้านขด D จะปิด แต่เส้นทางด้านขด B จะเปิด ไอของฟร็อนจะถูกอัดเข้าไปในขด B.

ถ้าลูกสูบถูกกดลง เส้นทางด้านขดจะปิด แต่เส้นทางด้านขด จะเปิด ทำให้ไอของ
..... ถูกอัดเข้าไปในขด B

D
B
ไอของฟร็อน

๔๕. ไอของฟร็อนที่อัดเข้าไปในขด B นี้จะกลายเป็นของเหลว และมีอุณหภูมิสูงขึ้นเพราะไปรับความร้อนมาจากขด D ดังนั้น ส่วนที่เป็นเหลว นี้ก็จะเขาไว้ภายนอกตู้เย็น เพื่อให้ระบายความร้อนออกไปภายนอก

โดยทั่วไปฟร็อนที่เป็นของ เหลวจะถูกนำไปไว้ภายนอก
..... เพื่อให้ระเหยความร้อน

ตู้เย็น
ออกไปภายนอก

๔๕๑. ส่วนที่ทำหน้าที่ระเหยความร้อนนี้ถ้าท่านสังเกตจะเห็นบริเวณ
หลังตู้เย็นมีท่อซดไปซดมา และทาสีดำไว้ เพราะสีดำดูดและคาย
ความร้อนได้ดี จึงดูดความร้อนออกจากฟร็อนที่เป็นของ เหลวและ
คายความร้อนให้อากาศรอบตู้เย็นภายนอก

ท่อที่ซดไปมา ภายนอกตู้เย็นทาสีดำไว้เพราะสีดำมี
คุณสมบัติ และ ความร้อน
ได้ดี

ความร้อนที่คายออกจากฟร็อนที่เป็นของ เหลวนี้จะคาย
ให้กับ ภายนอกตู้เย็น

ดูดและคาย
อากาศ

๔๕๒. ต่อมาฟร็อนที่เป็นของ เหลวนี้จะถูกนำไปผ่าน C ทำให้
กลายเป็นไอ และดูดความร้อนออกจากซด D แล้วถูกนำ
ไปคายความร้อนที่ซด B เช่นนี้เรื่อยไป จนในที่สุดตู้เย็น
ก็จะค่อย ๆ เย็นลงทุกที ขณะที่อากาศภายนอกตู้เย็นก็จะมีอุณหภูมิ
สูงขึ้น เช่นกัน

ขณะที่อุณหภูมิภายในตู้เย็นเย็นลง อุณหภูมิของ อากาศ
ภายนอกตู้เย็นจะ

สูงขึ้น

๔๕๓. การที่อุณหภูมิภายในตู้เย็นเย็นลง ขณะที่อุณหภูมิภายนอกสูงขึ้น แสดงว่าเราถ่ายเทความร้อนจากที่อุณหภูมิต่ำกว่า ไปยังที่สูงกว่าได้ ซึ่งเราจะต้องอาศัยเครื่องมือช่วย (คือมอเตอร์) เพราะการทำเช่นนั้นขัดกับหลักธรรมชาติของความร้อนนั่นเอง

โดยธรรมชาติของความร้อนแล้ว ความร้อนจะไม่ไหลจากที่อุณหภูมิ ไปยังที่อุณหภูมิ เลย ยกเว้นจะมีเครื่องมือมาช่วยเท่านั้นเอง

ต่ำ
สูง

๔๕๔. บางท่านคิดว่าถ้าเปิดประตูตู้เย็นทิ้งไว้แล้วอากาศภายในห้องจะเย็นลง แต่ความเป็นจริงแล้ว เป็นไปไม่ได้เพราะขณะที่ความเย็นภายในตู้ ออกมานั้น ความร้อนจากส่วนที่ระบายความร้อนของฟรีย้อน เหลากก็ออกมาด้วย นอกจากนี้การทำงานของมอเตอร์ก็มีความผิด อันทำให้เพิ่มความร้อนขึ้นอีกทางหนึ่ง

โดยสรุปแล้วถ้าเปิดประตูตู้เย็นทิ้งไว้แล้วอากาศภายในห้องจะได้

๑. ความเย็นจากภายในตู้เย็น
๒. ความร้อนจากส่วนที่ระบายความร้อนของ
๓. ความร้อนจากการทำงานของ

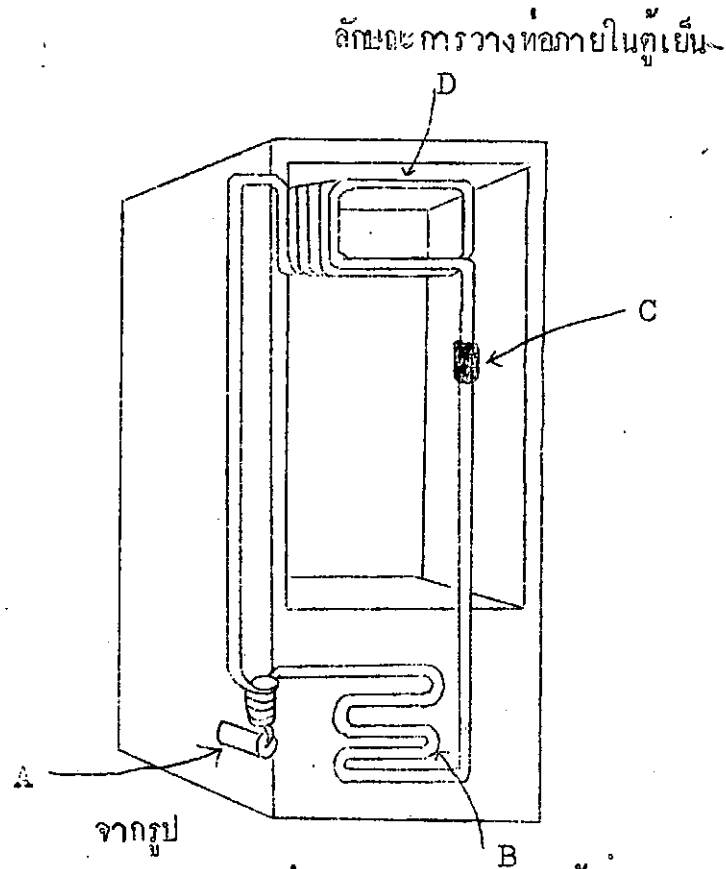
ฟรีย้อนเหลว
มอเตอร์

๔๕๕. ดังนั้น การเปิดประตูตู้เย็นทิ้งไว้ ผลก็คือ อากาศภายในห้องจะร้อนขึ้นด้วยซ้ำ แต่จะร้อนน้อยกว่าเปิดประตูตู้เย็น

การเปิดประตูตู้เย็นทิ้งไว้มีผลทำให้อากาศภายในห้อง ร้อนขึ้นหรือเย็นลง

ร้อนขึ้น

๔๘. โดยทั่วไปตู้เย็นจะมีไม่ความคุมอุณหภูมิไว้อย่าง และมีปุ่มหยุด (Stop) เพื่อละลายน้ำแข็ง บางชนิดก็มีการละลายน้ำแข็งโดยอัตโนมัติ



จากรูป

D คือบริเวณที่ไอของฟรียอนดูดความร้อนจากภายนอกทำให้บริเวณนี้เย็นจัด จึงมักจัดเป็นช่องทำน้ำแข็งของตู้เย็น

A คือ ลูกสูบที่ทำงานโดยมอเตอร์

B คือ บริเวณระบายความร้อนของฟรียอนเหลวมักจัดไว้ภายนอกตู้เย็น

C คือ ส่วนที่จะทำให้ฟรียอนเหลวกลายเป็นไอ

๕๕๗. การบำรุงรักษาตู้เย็นนั้น โดยมากไม่ต้องไปดูแลมากกับส่วนประกอบภายในปลีกย่อย เท่าที่ทำได้คือระมัดระวังความสะอาด เช็ดล้างภาชนะอากาศหรือน้ำสกปรก ส่วนที่ควรระวังคือยางที่ล้อมรอบฝาตู้เย็น ซึ่งมักจะเป็นราเพราะความชื้น จึงควรทำความสะอาด อาจจะล้างด้วยน้ำสบู่แล้วต้องเช็ดให้แห้งเสมอ

สาเหตุของการ เกิดรา คือ

ความชื้น

๕๕๘. ในบางครั้งถ้าไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ คับ ๆ สิ่งที่ต้องทำคือ กดปุ่มหยุด (Stop) เสีย จนกว่ากระแสไฟจะปกติจึงจะเปิดให้เครื่องทำงานต่อไป

ถ้ากระแสไฟไม่สม่ำเสมอ คับ ๆ สิ่งที่ต้องทำคือ

กดปุ่มหยุด

๕๕๙. การทำความสะอาด เช็ดล้างภายในตู้เย็นเช่นกัน ควรจะกดปุ่มหยุด (Stop) แล้วค่อยถอดปลั๊กออก เมื่อทำความสะอาดแล้วจึงเสียบปลั๊ก แล้วค่อยเปิดให้เครื่องทำงานต่อไป

ในการทำความสะอาดตู้เย็น เมื่อกดปุ่มหยุด (Stop) แล้ว สิ่งที่ต้องทำต่อไปคือ แล้วจึงเช็ดล้างทำความสะอาด

ถอดปลั๊กออก

๔๖๐. เกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้า นั้น อันตรายที่ได้มาจากการใช้ไฟฟ้า โดยมากมักจะมาจากสาเหตุ

๑. ใช้ไฟฟ้าในทางที่ผิด
๒. ใช้ด้วยความประมาท
๓. ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์

สาเหตุที่ทำให้เกิดอันตรายจากการใช้ไฟฟ้า คือ

๑. ใช้ไฟฟ้า
๒. ใช้ด้วยความ
๓.

๑. ในทางที่ผิด
๒. ประมาท
๓. ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์

๔๖๑. การป้องกันเป็นสิ่งที่ดีกว่าการแก้ไข ดังนั้นท่านควรจะศึกษาการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดให้ดี ให้เข้าใจ และปฏิบัติตามคำแนะนำโดยเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

๔๖๒. ชนิดของอุบัติเหตุที่พบบ่อย ๆ จากการใช้ไฟฟ้า เช่น

- การช็อตปลาดูดายไฟฟ้า
- การซ่อมเครื่อง ไฟฟ้าขณะที่กำลัง เสียบปลั๊กอยู่และกำลังทำงาน
- จับต้อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกระแสไฟรั่ว

๔๖๓. ถ้ามีความจำเป็นจะต้องซ่อมสายไฟหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าใด ๆ ในบ้าน ท่านควรจะยกสวิตช์ใหญ่ขึ้นก่อน และอย่าลืมถอดฟิวส์ เก็บไว้ คิกตัวตลอดเวลา เพื่อให้คนไม่รู้มากสวิตช์ใหญ่ของท่านก็จะไม่เป็นอันตราย

เมื่อยกสวิตช์ใหญ่ขึ้นแล้วท่านควรจะ แล้วเก็บคิกกับตัวไว้

ถอดฟิวส์

๔๖๔. จากการค้นคว้าทดลอง เรื่องผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกายของมนุษย์ปรากฏว่าขึ้นอยู่กับ

๑. ส่วนของร่างกายที่กระแสไหลผ่าน
๒. จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกาย
๓. พื้นที่สัมผัส
๔. สภาพของผิวหนังตรงจุดที่ถูกกระแสไฟฟ้า
๕. ระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าผ่านร่างกาย
๖. ความถี่ของกระแสไฟฟ้า

ผลของกระแสไฟฟ้าต่อร่างกายมนุษย์ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่อไปนี้

๑. ส่วนของร่างกายที่
๒. จำนวนของกระแสไฟฟ้าที่
๓. พื้นที่ที่
๔. สภาพของผิวหนังตรงจุดที่
๕. ระยะเวลาที่
๖. ความถี่ของ

๑. กระแสไหลผ่าน
๒. ผ่านร่างกาย
๓. สัมผัส
๔. กระแสไฟฟ้า
๕. กระแสไฟฟ้า
ผ่านร่างกาย
๖. กระแสไฟฟ้า
๔๖๕. จากรายงานการทดลองพบว่า กระแสไฟฟ้าเพียง ๐.๐๕ แอมแปร์
ไหลผ่านหัวใจมนุษย์ ก็มากพอที่จะทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้
กระแสไฟฟ้าปริมาณตั้งแต่ แอมแปร์
ไหลผ่านหัวใจมนุษย์ก็สามารถทำอันตรายได้

๐.๐๕

๔๖๖. เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านร่างกาย จะเกิดอาการต่าง ๆ เช่น
กล้ามเนื้อแข็งตัว ระบบประสาทชะงักงัน หัวใจเต้นเร็วผิดปกติ
และหยุดเต้น ความร้อนจากกระแสไฟฟ้าจะเผาไหม้เยื่อหุ้มเซลล์ภายใน
ร่างกาย

อาการของผู้ถูกไฟช็อต คือ

ระบบประสาทจะ

หัวใจจะเต้น หรือหยุดเต้น

เซลล์ต่าง ๆ จะถูกเผาไหม้จากความร้อนของ

.....

ชะงักงัน
เต้นเร็วผิดปกติ
ของกระแสไฟฟ้า

๔๖๗. เมื่อท่านพบผู้ถูกไฟฟ้าถูกท่านควรปฏิบัติดังนี้
๑. อย่าจับผู้ถูกไฟฟ้าถูก หรือจับสายไฟด้วยมือเปล่า
 ๒. รีบถอดปลั๊ก หรือยกสวิตช์ใหญ่ แล้วแต่อย่างไหน
จะสะดวกและรวดเร็ว

๓. ถาดอดปลั๊กไม่ได้ให้ใช้นวนเช่น ผ้า หรือไม้ รองเท้า
คล้อง ถึง เชี่ยผู้ถูกไฟฟ้าดูดออกจากสายไฟ

ข้อควรปฏิบัติเมื่อพบเห็นผู้ถูกไฟฟ้าดูด คือ

๑. ไม่ใช้มือเปล่าจับตัวผู้ถูก หรือ
จับสายไฟ
๒. รีบถอด หรือยก
๓. เชี่ยสายไฟออกจากตัวผู้ถูกไฟฟ้าดูดโดยใช้ ...
..... เชี่ย

๑. ถูกไฟฟ้าดูด
๒. ปลั๊ก สวิตช์
ใหญ่
๓. นวน

๔๖๔. ต่อไปเป็นการปฐมพยาบาล

จับตัวผู้ถูกไฟฟ้าดูดให้นอนหงายราบกับพื้น ตรวจดูในปาก
ถ้ามีสิ่งกีดขวางให้เอาออก (เช่น ฟันปลอม) แล้วผายปอดด้วยวิธี
เป่าปาก (mouth to mouth)

การผายปอดผู้ถูกไฟฟ้าดูดควรใช้วิธี

เป่าปาก

๔๖๕. การปฐมพยาบาลด้วยวิธีเป่าปากนั้น ให้ยกศีรษะผู้ป่วยให้หงายขึ้น
แล้วเป่าลมเข้าไปในปากอย่างเร็วและแรงประมาณ ๑๐ ครั้ง (ใช้ปาก
ประกบกันก่อนแล้วค่อยเป่า) จนกระทั่งเห็นทรวงอกกระพือม พังเสียง
หายใจทางปากจนของผู้ป่วยว่ามีหรือไม่

การเป่าลมเข้าไปทางปากควรเป่าเข้าไปตอนแรกประมาณ
..... ครั้ง จนกระทั่งเห็นทรวงอกกระพือม

ตรวจออก

๔๙๐. เมื่อผู้ป่วยเริ่มมีอาการหายใจขึ้นบ้าง ก็ให้เป่าลมเข้าไปทันทีที่ผู้ป่วยหายใจออกมาแล้ว เพื่อช่วยการหายใจเข้า จนกว่าผู้ป่วยเริ่มหายใจได้เองก็ค่อย ๆ เป่าลมเข้าไปเป็นระยะ ๆ จนแน่ใจว่าหายหยุด แล้วจัดการส่งไปให้แพทย์ตรวจรักษา

หลังจากผู้ป่วยเริ่มมีอาการหายใจออกมา ก็ให้เป่าปากเข้าไป
หลังจากผู้ป่วย เพื่อช่วยการหายใจเข้า

ประการสำคัญหลังจากปฐมพยาบาลต้องนำไปให้
ตรวจรักษาเสมอ

หายใจออก
แพทย์

๔๙๑. การป้องกันอันตราย นอกจากจะคำนึงถึงความปลอดภัยของร่างกายแล้วสิ่งที่ควรป้องกัน คือ สายไฟเปียกชื้นหรือยัง พิวส้อยู่ในสภาพดีเหมาะสมหรือไม่ นั่นก็คือ การตรวจดูอย่างสม่ำเสมอไม่ประมาท

การป้องกันอันตรายที่ดีที่สุดคือ การตรวจดูอย่าง.....
และความไม่ประมาท

สม่ำเสมอ

๔๙๒. ดังนั้น ในการจะใช้ไฟฟ้าเพื่อให้ทำประโยชน์แก่ท่านให้มากที่สุด ท่านก็ควรจะต้องรู้หลักการทำงานของไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ท่านมีอยู่อย่างพอสมควร เพื่อให้ทราบหลักปฏิบัติที่ถูกต้องในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้สิ่งที่ท่านควรคำนึงคือ การรู้จักใช้อย่างประหยัด เมื่อไม่ใช้ก็อย่าเปิดทิ้งไว้ และความไม่ประมาทคำนึงถึงความปลอดภัยแก่ชีวิตและทรัพย์สินทั้งของส่วนรวมและของตนเอง

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์วิชาไฟฟ้า

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว และกาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. กระแสเหนี่ยวนำ (Induced current) เป็นกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอย่างไร

- ก. เกิดเมื่อเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านขดลวด
- ข. เกิดเมื่อขดลวดเคลื่อนที่ผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก
- ค. เกิดเมื่อขดลวดและเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านกัน
- ง. เกิดเมื่อแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือ หรือขั้วใต้เคลื่อนที่ผ่านขดลวด
- จ. เป็นไปโดยทุกรณี

2. กระแสไฟฟ้า : ศักดาไฟฟ้า ; นำ

- ก. ความเร็วของกระแสไฟฟ้า
- ข. ความแรงของกระแสไฟฟ้า
- ค. ปริมาณน้ำ
- ง. ระดับน้ำ
- จ. ความลึกของน้ำ

3. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อกันแบบอนุกรม (Series)

- ก. สวิตช์กับหลอดไฟ
- ข. Starter กับหลอดเรืองแสง
- ค. ปลั๊กกับหลอดไฟ
- ง. หม้อแปลง กับหลอดไฟ
- จ. รีเลย์กับเทอร์มิสเตอร์กับหลอดไฟ

4. หน้าที่ของ Thermostat คืออะไร

- ก. ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ
- ข. ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ
- ค. ทำหน้าที่ทานทานกระแสไฟฟ้า
- ง. ทำหน้าที่ป้องกันไฟฟ้าช็อต
- จ. ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้า

5. สารเรืองแสง (Phosphor) ที่ฉาบในหลอดเรืองแสงจะเปล่งแสงออกมาเมื่อใด

- ก. เมื่อมีอิเล็กตรอนวิ่งมาชน
- ข. เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป
- ค. เมื่อมีรังสีอัลตราไวโอเล็ตมาชน
- ง. เมื่อมีอุณหภูมิสูง ๆ
- จ. เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก

6. ฟิวส์ (Fuse) เป็นของผสมระหว่างโลหะอะไร

- ก. ดินบุกกับตะกั่ว
- ข. ตะกั่วกับทองแดง
- ค. ดินบุกกับทองแดง
- ง. ทองแดงกับนิเกิล
- จ. นิเกิลกับโครเมียม

7. การประจุ (charge) ไฟเข้าไปในแบตเตอรี่หมายถึงการกระทำอย่างไร

- ก. การเติมน้ำกลั่นเข้าไปในแบตเตอรี่
- ข. การเติมน้ำกรดเข้าไปในแบตเตอรี่
- ค. การจ่ายไฟกระแสตรงเข้าไปในแบตเตอรี่
- ง. การจ่ายไฟกระแสสลับเข้าไปในแบตเตอรี่
- จ. การเปลี่ยนแผ่นโลหะในแบตเตอรี่

8. ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบพลังน้ำนั้น ทำการผลิตโดยใช้หลักอะไร

- ก. เก็บกักน้ำให้เร็วระดับต่างกันมาก ๆ
- ข. เก็บกักน้ำให้ปริมาณมาก ๆ
- ค. เก็บกักน้ำให้ไหลเร็ว
- ง. เก็บกักน้ำให้พื้นที่ผิวมาก ๆ
- จ. เก็บกักน้ำให้ทางระบายมาก ๆ

9. การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานในระบบใดที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษน้อยที่สุด

- ก. จากพลังงานไอน้ำ
- ข. จากพลังงานจากเขื่อน
- ค. จากกังหันก๊าซ
- ง. จากพลังงานแสงแดด
- จ. จากพลังงานเคมี

10. สถานที่ที่เหมาะสมสำหรับตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ควรจะเป็นสถานที่เช่นไร

- ก. บนเนินเขา มีอากาศถ่ายเท
- ข. บนพื้นที่ราบ
- ค. อยู่ในป่าทึบน้ำจืด
- ง. ใกล้แม่น้ำหรือทะเลเพื่อระบายความร้อน
- จ. อยู่ห่างจากชุมชน

11. พลังงานจากปฏิกิริยา Fission ในรูปใดที่เรานำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบพลังงานนิวเคลียร์

ก. พลังงานความร้อน

ข. พลังงานแสง

ค. พลังงานเสียง

ง. พลังงานกล

จ. พลังงานเคมี

12. รังสีที่ออกมาจากปฏิกิริยา Fission และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตคือรังสีอะไร

ก. รังสีแกมมา

ข. รังสีอัลตราไวโอเล็ต

ค. รังสีอินฟราเรด

ง. รังสีคอสมิก

จ. รังสีเบตา

ข้อเลือกต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 13 - 14

ก. Polarisation

ข. Oxidation

ค. Ionization

ง. Fission

จ. Transformer

13. ขบวนการที่เกิดขึ้น แล้วทำให้ กระแสไฟฟ้าที่ได้ออกจากเซลล์ไฟฟ้าลดน้อยลง

14. การแตกตัวของสารละลายออกเป็นประจุไฟฟ้า

15. เมื่อจุ่มโลหะลงไปในสารละลายบางอย่าง เช่น กรด ส่วนที่หลุดออกมาจากบริเวณผิวโลหะคือส่วนใด

ก. ประจุไฟฟ้าบวก

ข. ประจุไฟฟ้าลบ

ค. นิวเคลียส

ง. ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ

จ. อะตอม

ข้อเลือกต่อไปนี้ เป็นส่วนประกอบของเซลล์ไฟฟ้า 2 ชนิด คือเซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย และแบตเตอรี่
ข้อเลือกเหล่านี้ ตอบคำถามข้อ 16. - 18

ก. Zn

ข. Cu

ค. Pb

ง. PbO_2

จ. H_2SO_4

16. ขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย คือข้อใด

17. ถ้าต่อสายไฟระหว่างขั้วโลหะในข้อ ก. (Zn) กับข้อ ค. (Pb) ผลจะเป็นอย่างไร

ก. เกิดกระแสไฟฟ้า เพราะเป็นการต่อระหว่างขั้วลบกับขั้วบวก

ข. ไม่เกิดกระแสไฟฟ้า เพราะเป็นการต่อระหว่างขั้วบวกที่เหมือนกัน

ค. เกิดกระแสไฟฟ้า เพราะเป็นการต่อระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเซลล์ไฟฟ้าอย่างง่าย
เข้าด้วยกัน

ง. ไม่เกิดกระแสไฟฟ้า เพราะเป็นการต่อระหว่างขั้วของเซลล์ไฟฟ้าอย่างง่ายกับแบตเตอรี่
ซึ่งเป็นเซลล์ไฟฟ้าคนละชนิดกัน

จ. ไม่เกิดกระแสไฟฟ้า เพราะเป็นการต่อระหว่างขั้วลบของเซลล์ไฟฟ้าอย่างง่ายกับ
ขั้วลบของแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นขั้วเดียวกัน

18. ถ้าต่อสายไฟเชื่อมติดต่อระหว่างขั้วไฟฟ้าในข้อ ก. กับข้อ ข. จะเกิดกระแสไฟฟ้าใน
วงจรหรือไม่ (ข้อเลือกในข้อ 17 ตอบคำถามข้อ 18)

19. สาร Depolariser มีหน้าที่อย่างไร

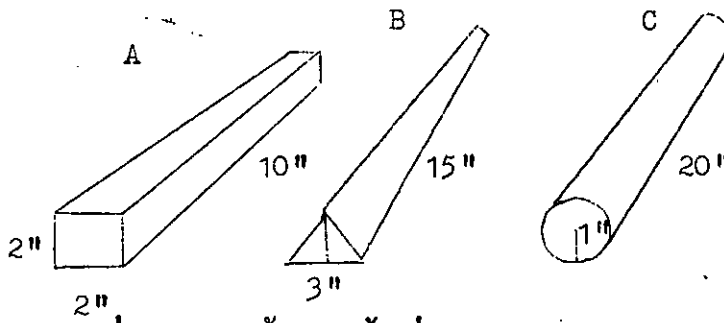
ก. ขจัดฟองก๊าซ ออกซิเจน

ข. ขจัดฟองก๊าซ ไฮโดรเจน

ค. ขจัดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ง. ขจัดน้ำอันทำให้กรดเจือจาง

จ. ไม่มีข้อใดถูกต้อง



20. จากรูป โลหะแท่งใดมีความต้านทานน้อยที่สุด

ก. แท่ง A

ข. แท่ง B

ค. แท่ง C

ง. แท่ง A กับแท่ง B

จ. แท่ง B กับแท่ง C

21. โดยมากสาร Depolariser จะมีส่วนประกอบสำคัญเป็นอะไร

ก. Oxygen

ข. Hydrogen

ค. Carbon dioxide

ง. Water

จ. Nitrogen

22. ในถ่านไฟฉายสารใดทำหน้าที่เป็น Electrolyte

23. ขั้วบวกของถ่านไฟฉายคือขั้วใด

24. แบตเตอรี่เมื่อใช้งานไปนาน ๆ กระแสไฟฟ้าน้อยลง และขั้วทั้งสองจะเปลี่ยนเป็นอะไร

ก. PbO_2

ข. Pb

ค. $PbSO_4$

ง. Cu

จ. $ZnSO_4$

25. ลักษณะของกระแสไฟฟ้าคือข้อใด

ก. ไหลสวนทางกับประจุลบ

ข. ไหลออกจากขั้วบวก

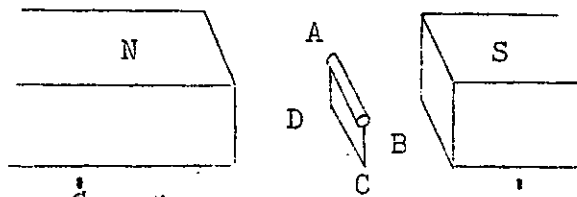
ค. ไหลจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง ไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ

ง. อาจไหลทางเดียวตลอด หรือไหลสวนทางกลับไปกลับมาได้

จ. มีลักษณะทั้งกล่าวทุกข้อ

26. การชาร์จ (charge) ไฟเข้าไปในแบตเตอรี่ มีหลักการอย่างไร
- ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงชาร์จเข้าไปในแบตเตอรี่
 - ต่อขั้วลบของเครื่องชาร์จเข้ากับขั้วบวกและต่อขั้วบวกของเครื่องชาร์จเข้ากับขั้วลบ
 - ใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก ๆ ชาร์จในเวลาสั้น ๆ
 - ควรชาร์จทุก ๆ 6 เดือน
 - ควรชาร์จเมื่อกรณีความเข้มข้นขึ้น
27. ตามกฎมือขวาของเฟลมมิง นิ้วใดที่แทนทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำ
- นิ้วหัวแม่มือ
 - นิ้วชี้
 - นิ้วกลาง
 - นิ้วนาง
 - นิ้วก้อย

28.



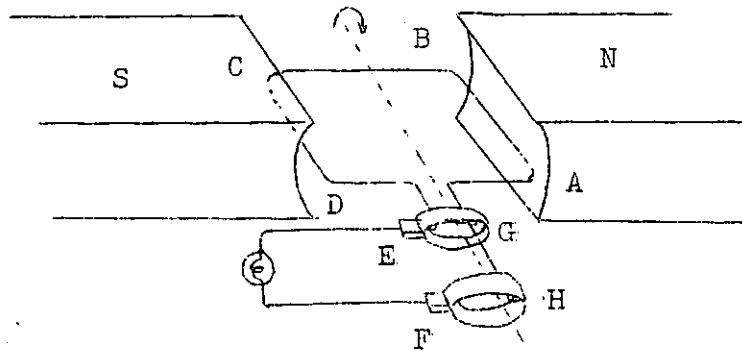
ตามรูปถ้ามีกระแสเหนี่ยวนำไหลจาก A $\rightarrow$ B แสดงว่าขดลวดเคลื่อนที่อย่างไร

- ขึ้นบน
- ลงล่าง
- เคลื่อนที่ในแนวระดับไปทางซ้าย
- เคลื่อนที่ในแนวระดับไปทางขวา
- เคลื่อนที่ลอยออกมาตรง ๆ จาก ขดลวดออกมาทาง

33. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เยว่นำ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร

- ก. แรงขั้วแม่เหล็ก
- ข. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก
- ค. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของขดลวด
- ง. จำนวนรอบของขดลวด
- จ. ขึ้นอยู่กับทุกข้อ

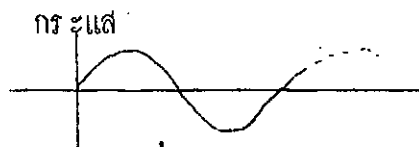
34.



ถ้าขดลวดหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตั้งรูป กระแสไฟฟ้าจะมีทิศทางการไหลอย่างไร

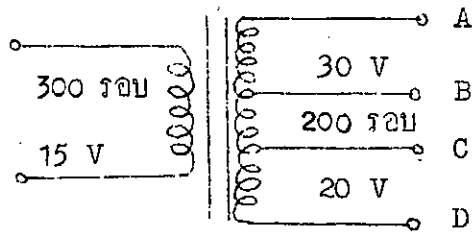
- ก. $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow E \rightarrow$ หลอดไฟ $\rightarrow F \rightarrow H \rightarrow A$
- ข. $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow$ หลอดไฟ $\rightarrow E \rightarrow G \rightarrow A$
- ค. $B \rightarrow A \rightarrow H \rightarrow F \rightarrow$ หลอดไฟ $\rightarrow E \rightarrow G \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B$
- ง. $B \rightarrow A \rightarrow G \rightarrow E \rightarrow$ หลอดไฟ $\rightarrow F \rightarrow H \rightarrow A \rightarrow B$
- จ. ไม่มีข้อถูก

35. จากภาพ เป็นกราฟแสดงลักษณะของกระแสไฟสลับ การที่กระแสไฟอยู่คนละก้านของแกนเวลา (แกนราบ) แสดงว่ากระแสไฟมีลักษณะอย่างไร



- ก. กลับทิศทางการไหลอยู่เสมอ
- ข. ทิศทางการไหลคงที่แน่นอน
- ค. ปริมาณกระแสแปรผันโดยตรงกับเวลา
- ง. ปริมาณกระแสแปรผกผันกับเวลา
- จ. ปริมาณกระแสเพิ่มขึ้นตามเวลา

36. ข้อใดเป็นหลักการทํางานของ โซลาร์ เซล (Solar cell)
- เปลี่ยนจากพลังงานแสง $\longrightarrow$ กระแสไฟฟ้า
 - เปลี่ยนจากพลังงานเคมี $\longrightarrow$ กระแสไฟฟ้า
 - เปลี่ยนจากพลังงานกล $\longrightarrow$ กระแสไฟฟ้า
 - เปลี่ยนจากพลังไอน้ำ $\longrightarrow$ กระแสไฟฟ้า
 - เปลี่ยนจากพลังงานน้ำ $\longrightarrow$ กระแสไฟฟ้า
37. ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบใดที่ทานักวิชาการระบบกระเทือนต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด
- ระบบพลังงานนิวเคลียร์
 - ระบบพลังไอน้ำ
 - ระบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน
 - ระบบโซลาร์ เซล (Solar cell)
 - ระบบพลังน้ำจากเขื่อน
38. หลังจากชาร์จไฟแล้ว แบตเตอรี่จะอยู่ในสภาพเช่นไร
- $PbSO_4$ ที่ขั้วลบ จะเปลี่ยนเป็น Pb
 - $PbSO_4$ ที่ขั้วบวก จะเปลี่ยนเป็น PbO_2
 - H_2SO_4 จะมีความเข้มข้นมากขึ้น
 - แรงเคลื่อนไฟฟ้าของ เซลจะเพิ่มมากขึ้น
 - ถูกทุกข้อ
39. ถ้าเรามีเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดที่ใช้กับไฟ 110 โวลต์ แต่กระแสไฟที่ไรต์ตามบ้านเป็นชนิด 220 โวลต์ ท่านจะต้องใช้อุปกรณ์อะไรมาช่วยให้เครื่องใช้ไฟฟ้าของท่านใช้กับไฟ 220 โวลต์ ได้
- Step - up Transformer
 - Step - down Transformer
 - Safety switch
 - Fuse
 - Ballast
40. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) มีข้อจำกัดในการใช้อย่างไร
- ใช้ได้เฉพาะกระแสไฟตรง
 - ใช้ได้เฉพาะกระแสไฟสลับ
 - ใช้ได้เฉพาะกระแสไฟน้อย ๆ
 - ใช้ได้เฉพาะกระแสไฟมาก ๆ
 - ใช้ได้เฉพาะกระแสไฟแรงสูง



ใช้รูปนี้ ตอบคำถามข้อ 41 - 42

41. ขงระหว่าง B ถึง C มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกมาเท่าใด
 ก. 10 โวลต์
 ข. 15 โวลต์
 ค. 20 โวลต์
 ง. 25 โวลต์
 จ. 30 โวลต์
42. ขงระหว่าง C ถึง D จะมีจำนวนขดลวดกี่รอบ
 ก. 300 รอบ
 ข. 350 รอบ
 ค. 400 รอบ
 ง. 450 รอบ
 จ. 500 รอบ
43. หลอดไฟฟ้า 20 วัตต์ 200 โวลต์ หลอดไฟจะใช้กระแสไฟฟ้ากี่แอมแปร์
 ก. .01 แอมแปร์
 ข. 0.1 แอมแปร์
 ค. 1 แอมแปร์
 ง. 10 แอมแปร์
 จ. 100 แอมแปร์
44. ใช้กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ ในเวลา 3 ชั่วโมง ค่าไฟฟ้านี้จะ 1 บาท จะเสียค่าไฟฟ้าเท่าใด
 ก. 0.09 บาท
 ข. 0.9 บาท
 ค. 9 บาท
 ง. 90 บาท
 จ. 900 บาท
45. หลอดไฟมีความต้านทาน 2000 โอห์ม ใช้กับกระแสไฟฟ้า 200 โวลต์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ค่าไฟฟ้านี้จะ 1 บาท จะเสียค่าไฟเท่าใด
 ก. 0.0968 บาท
 ข. 0.968 บาท
 ค. 0.08 บาท
 ง. 0.8 บาท
 จ. 9.68 บาท

46. ตัวเลขบนหม้อป้อนของมาตรไฟฟ้า ในวันที่ 1 เป็น 1025 หน่วย เมื่อถึงปลายเดือน
ตัวเลขบนหม้อป้อนเป็น 1432 หน่วย ค่าคาปาซิทีลจะ 1.25 บาท เดือนนี้จะเสียค่าไฟเท่าใด
- ก. 408.75 บาท ข. 508.75 บาท
ค. 422.25 บาท ง. 522.25 บาท
จ. 530.35 บาท
47. เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทใดที่ต่อใช้ไฟฟ้ามากกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทอื่น ๆ เมื่อใช้
เวลาเท่า ๆ กัน
- ก. ประเภทให้ความร้อน ข. ประเภทหมุน (ใช้กับมอเตอร์)
ค. ประเภทให้แสงสว่าง ง. ประเภทอิเล็กทรอนิกส์
จ. ประเภทอุปกรณ์สัญญาณ (กริ่งไฟฟ้า, ออกไฟฟ้า)
48. อุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทใดที่ทำหน้าที่เป็นขั้วมอดยทำหน้าที่ระมัดระวัง ไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้า
เกินขนาดความทนทานของสายไฟ
- ก. Ballast, (บัลลาสต์) ข. Starter, (สตาร์ทเตอร์)
ค. มาตรไฟฟ้า ง. สวิตช์
จ. ฟิวส์
49. อุปกรณ์ชนิดใดที่ออกแบบ ชนกันกับหลอดเรืองแสง
- ก. Fuse ข. Starter
ค. Safety switch ง. Switch
จ. Ballast
50. การชนกันที่เกิดจากแรงเข้าไปในหลอดไฟฟ้านี้มีได้
- ก. การออกซิเจน ข. การไฮโดรเจน
ค. ก๊าซนีออน ง. ก๊าซอาร์กอน
จ. ก๊าซฮีเลียม

51. ก๊าซที่บรรจุเข้าไปในหลอดไฟฟ้าชนิดมีไส้ ควรจะมีคุณสมบัติเช่นไร

- ก. เป็นก๊าซเฉื่อยไม่ช่วยในการลุกไหม้ของไส้หลอด
- ข. เป็นก๊าซที่ช่วยในการลุกไหม้เพื่อช่วยให้แสงสว่าง
- ค. เป็นก๊าซเบา ๆ เพื่อให้หลอดสามารถทรงรูปร่างอยู่ได้
- ง. เป็นก๊าซเรืองแสง
- จ. ก๊าซชนิดใดก็ได้

52. ในหลอดเรืองแสง ลำดับชั้นใดที่หลอดจะเปล่งแสงสว่างออกมา

- ก. กระแสไฟฟ้าเข้าไปในไส้หลอด ทำให้ไส้หลอดร้อน
- ข. กระแสไฟฟ้าผ่านสสารที่เคลือบ
- ค. กระแสไฟฟ้าผ่านบัลลาสต์
- ง. Electron วิ่งมาชนไอปรอท
- จ. รังสีอุลตราไวโอเลต วิ่งมาชนสารเรืองแสง

53. รังสีอุลตราไวโอเลตในหลอดเรืองแสง เกิดขึ้นในชั้นใด

- ก. กระแสไฟฟ้าผ่าน Starter
- ข. กระแสไฟฟ้าผ่าน Ballast
- ค. กระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอด
- ง. Electron วิ่งมาชนไอปรอท
- จ. ไอปรอททั้งมาชนสารเรืองแสง

54. อุปกรณ์ชนิดใดที่หมกหน้าการทำงาน หลังจากหลอดเรืองแสง เปล่งแสงสว่างออกมาแล้ว

- ก. Starter
- ข. Ballast
- ค. Switch
- ง. Fuse
- จ. Cut - out

55. อุปกรณ์สำคัญสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทไฟฟ้าประเภทที่ให้ความร้อนคืออะไร

- ก. ไส้หึงสเทิน
- ข. ลวดนิโครม
- ค. การฟร้อน
- ง. แผ่นไมก้า
- จ. กระเบื้องทนไฟ

56. หน้าที่ของ Freon ถูกความร้อนออกจากตู้เย็นนั้น ตัวมันจะอยู่ในสถานะใด

- ก. ของแข็ง
- ข. ของเหลว
- ค. ก๊าซ
- ง. สถานะผสมระหว่างของแข็งและของเหลว
- จ. สถานะใดก็ได้

57. การเปิดประตูเย็นทิ้งไว้ในห้องที่ปิดจะทำให้อากาศภายในห้อง เป็นอย่างไร

ก. ร้อนขึ้น

ข. เย็นลง

ค. เท่าเดิม

ง. เท่าเดิม

จ. มีความชื้นลดลง

58. ปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านหัวใจมนุษย์ ตั้งแต่เท้าไปจนถึงเพียงพอดต่อการทำอันตรายให้มนุษย์ได้

ก. 0.05 แอมแปร์

ข. 0.5 แอมแปร์

ค. 5 แอมแปร์

ง. 50 แอมแปร์

จ. 500 แอมแปร์

59. คุณสมบัติของลวดนิโครมคืออะไร

ก. มีจุดหลอมเหลวสูง

ข. รวมตัวกับออกซิเจนได้ยาก

ค. มีความต้านทานไฟฟ้าสูง

ง. มีความยืดหยุ่นสามารถนำมามัดเป็นวงกลมได้

จ. ถูกทุกข้อ

60. หลักการทำงานของ Thermostat คืออะไร

ก. โลหะเมื่อร้อนจะขยายตัว

ข. โลหะเมื่อเย็นจะหดตัว

ค. โลหะเมื่อร้อนจะขยายตัวไม่เท่ากัน

ง. โลหะเมื่อร้อนจะหลอมเหลว

จ. โลหะสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ดี

คำชี้แจงในการ ทำแบบสอบถาม

แบบสอบถามที่ท่านจะทำต่อไปนี้ เป็นการถามเกี่ยวกับความรู้สึก ความคิดเห็น รวมถึงลักษณะนิสัยที่ท่านมีประพฤติปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีคำตอบที่ผิดหรือถูก เพราะแต่ละคนย่อมมีความรู้สึกนึกคิด และมีลักษณะนิสัยแตกต่างกัน สิ่งสำคัญที่สุดของการตอบแบบสอบถามนั้นคือ ท่านจะต้องพยายามตอบให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงในมากที่สุด คำตอบเหล่านั้นจะไม่มีผลต่อตัวท่าน ไม่ว่าจะเป็นทางใดทางหนึ่งก็ตาม

ขอความร่วมมือในการตอบของท่านคือ โปรดอย่าได้ขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในกระดาษแบบสอบถาม การตอบนั้นให้ท่านเขียนเครื่องหมายถูก (✓) ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้ ท่านจะต้องตรวจสอบดูว่า ข้อที่ท่านอ่านในแบบสอบถาม กับข้อที่ท่านเขียนตอบในกระดาษคำตอบตรงกันหรือไม่ และโปรดอย่าคิดว่าในข้อหนึ่ง ๆ ท่านมีสิทธิ์ที่จะกาตอบได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

วิธีการตอบ

ในกระดาษคำตอบ จะมีช่องให้ท่านเลือกอยู่ 5 ช่องด้วยกัน ในแต่ละช่องจะมีข้อความต่าง ๆ เรียงลำดับจาก "จริงที่สุด" ไปจนถึง "ไม่จริงเลย" ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

	จริงที่สุด	จริง	จริงครึ่งเดียว	จริงน้อย	ไม่จริงเลย
1					
2					

ท่านจะต้องอ่านข้อความในแบบสอบถามทีละข้อ พิจารณาว่าข้อความนั้นเป็นจริงเพียงใด หากเป็นจริงมากที่สุด ให้ท่านกาตอบลงในช่องแรก (จริงที่สุด) ถ้าหากเป็นความจริง แต่ไม่ถึงเป็นจริงที่สุด ก็ให้ท่านกาตอบในช่องที่ 2 (จริง) ถ้าหากเป็นจริงและไม่จริงพอ ๆ กัน ก็ให้กาตอบในช่องที่ 3 (จริงครึ่งเดียว) ถ้าเป็นความจริงอยู่น้อย ก็ให้กาตอบในช่องที่ 4 (จริงน้อย)

และถ้าไม่มีความจริงเลยแม้แต่อย่างใด ก็ให้กากบาทในช่องสุดท้าย (ไม่จริงเลย)

ตัวอย่าง แบบสอบถาม

1. "ข้าพเจ้าพยายามอย่างยิ่ง ที่จะสอบให้ได้อันดับ 1 ของโรงเรียน"

จากข้อความ ท่านจะลองนำมาพิจารณาว่า ตนเองมีลักษณะอย่างนั้นหรือไม่เพียงไร
ถ้าท่านมีความรู้สึกว่าตนเองมีความพยายามอย่างนั้นมากที่สุดจริง ๆ ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถสอบ
ได้เป็นอันดับ 1 ของโรงเรียนก็ตาม ก็ให้ท่านกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง "จริงที่สุด"
ดังแสดงไว้ข้างล่างนี้

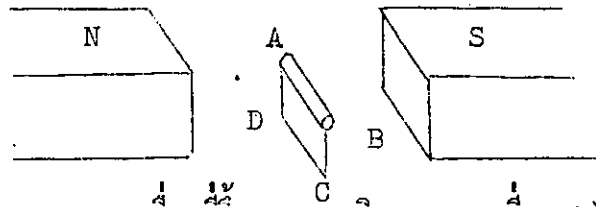
	จริงที่สุด	จริง	จริงครึ่งเดียว	จริงน้อย	ไม่จริงเลย
1	✓				
2					

แม้ว่าแบบสอบถามนี้จะไม่กำหนดเวลาในการทำไว้ให้ก็ตาม ท่านก็ไม่ควรเสียเวลาทำ
ข้อใดข้อหนึ่งให้มากเกินไป โปรดกรอกข้อให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำ ขอขอบคุณในความร่วมมือ
ครั้งนี้

แบบสำรวจ Achievement motive

1. เมื่อท่านพบใจปัญหาทางฟิสิกส์ยาก ๆ ท่านรู้สึกว่สนใจต่อการจะแก้ปัญหาปัญหานั้น
2. ท่านต้องการหาแบบฝึกหัดที่ขงยาก ๆ ปรอยู่คนเดียวเสมอ
3. เมื่อมีคนบอกท่านว่า อาจารย์สายสมร สอนแต่เนื้อหาที่ยาก ๆ ท่านมีความสนใจต่อการเรียน
กับอาจารย์สายสมรเป็นพิเศษ
4. ท่านรู้สึกว่ใจปัญหาที่ยาก ๆ นั้น ท้าทายความสามารถของท่าน
5. มีบางครั้งที่ท่านคิดว่าผลการเรียนของท่านได้มาด้วยโชคความ

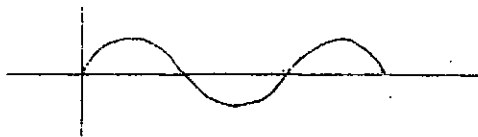
29.



ถ้าให้ขดลวด ABCD เคลื่อนที่บน จะเกิดกระแสเหนี่ยวนำไหลอย่างไร

- ก. ไหลจาก A ไปยัง B
- ข. ไหลจาก B ไปยัง A
- ค. ไหลจาก C ไปยัง D
- ง. ไหลจากขั้วเหนือไปขั้วใต้
- จ. ยังกำหนดทิศทางไม่ได้

30. จากภาพ เป็นรูปกราฟกระแสไฟฟ้าสลับ นักเรียนลองนับดูว่ามีจำนวนกี่ไซเคิล cycle



- ก. 3 ไซเคิล cycle
- ข. $2\frac{1}{2}$ ไซเคิล cycle
- ค. 2 ไซเคิล cycle
- ง. $1\frac{1}{2}$ ไซเคิล cycle
- จ. 1 ไซเคิล cycle

31. ส่วนใดของ ไนนาโมที่ทำหน้าที่รับกระแสจากขดลวดออกมาใช้งานในวงจรภายนอก

- ก. แวนดล
- ข. แม่เหล็ก
- ค. แปรง
- ง. แวนแยก
- จ. สายไฟ

32. ไนนาโมกระแสสลับขดลวดแค่ 1 รอบ กระแสไฟจะลดลงมาเป็นศูนย์กี่ครั้ง

- ก. 4 ครั้ง
- ข. 3 ครั้ง
- ค. 2 ครั้ง
- ง. 1 ครั้ง
- จ. ไม่ลดลงมาเป็นศูนย์เลย

6. เมื่อมีใครคนใดคนหนึ่ง โดดเด่นสูงสุด ท่านจะรู้สึกว่าเขาเก่งกว่าท่าน และไม่ว่าท่านจะพยายามอย่างไรก็สู้เขาไม่ได้หรอก
7. ในการทดลองปฏิบัติการฟิสิกส์ ท่านชอบทำคนเดียวมากกว่าทำเป็นกลุ่ม
8. ในการตัดสินใจแก้ปัญหาไปแล้วแต่ละครั้ง ท่านไม่ค่อยยอมเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจใหม่ ง่ายๆ
9. เมื่อประสบความสำเร็จในงานอย่างหนึ่ง ท่านจะคิดหาวิธีการใหม่ ๆ ที่จะทำงานนั้นให้สำเร็จให้ได้
10. ในการคิดแก้ปัญหา ท่านชอบจะหาวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาที่ต่างไปจากที่อาจารย์เคยสอน
11. ท่านรู้สึกมีความอยากเอาชนะเพื่อนในการสอบ
12. เพื่อนของท่านชอบมักเป็นคนที่มีความหวังไวสูง
13. ในการเรียนปฏิบัติการ ท่านเคยคิดเสมอว่าผลที่ได้คงดีกว่าเพื่อน ๆ
14. ในการแก้ปัญหา เมื่อเพื่อนของท่านพบวิธีแก้ปัญหได้แล้ว ท่านเคยคิดพยายามที่จะหาวิธีใหม่มาแก้ปัญหานั้นให้ได้
15. ท่านชอบรับอาสาทำงานที่คนอื่นทำไม่ค่อยสำเร็จ
16. คนที่ท่านเกลียด คือ คนที่ไม่ชอบแก้ปัญหาคายตนเอง
17. ท่านชอบทำงานด้วยความถึกของตนเอง ไม่ชอบทำตามผู้อื่น
18. ท่านชอบเล่นปัญหาคายทางฟิสิกส์กับเพื่อน
19. เมื่อท่านพบเห็นสิ่งประหลาดทางวิทยาศาสตร์ ที่เสียหรือชำรุด ท่านชอบที่จะแก้ไขให้ดีขึ้น
20. เมื่อท่านพบความรู้ใหม่ ๆ ที่ใด ท่านชอบที่จะค้นคว้า โดยไม่คำนึงถึงที่มาสิ่ง
21. เมื่ออาจารย์มอบหมายงานมาให้ ท่านจะลงมือทำสำเร็จทุกครั้ง
22. เมื่อท่านจะทำอะไร ท่านมักจะทำให้เสร็จเร็วหรือก่อนจึงหยุดพัก
23. ท่านชอบสุ่มถามคำถามเป็นพยางค์
24. เมื่อท่านทำงานร่วมกับผู้อื่น ท่านไม่ชอบเป็นผู้นำกลุ่ม
25. ในการสอบทุกครั้ง ท่านไม่ประสงค์จะรู้ผลการสอบเลย

26. ในการรายงานหน้าชั้น ท่านมักจะถามเพื่อน ๆ ถึงผลของการรายงาน เพื่อนำไปปรับปรุง
ครั้งต่อไป
27. ในการสอบ ท่านจะจำข้อใดไปได้นาน
28. ภายหลังจากสอบแต่ละครั้ง ท่านจะรับถามอาจารย์ถึงผลการสอบทันที
29. ท่านจะบอกอุปการะในเรื่องผลสำเร็จของการเรียนและการทำงานของท่านเสมอ
30. ก่อนสอบแต่ละครั้ง ท่านจะเขียนแผนการดูหนังสือก่อนเสมอ
31. หลังการสอบแต่ละครั้ง ท่านชอบคิดผลการเรียนล่วงหน้า
32. ในการทดลองปฏิบัติการ ทางฟิสิกส์ ท่านเคยคิดถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าระหว่างการ
ทดลอง
33. ท่านศึกษาในการจัดให้เรียนวิชาฟิสิกส์นี้เป็นเพราะวิชานี้จะอำนวยความสะดวกท่านใน
ภายหน้า
34. ท่านคิดว่าผู้ที่มาทำงานร่วมกับท่านควรจะมีคุณสมบัติทาง คำนวณอย่างแท้จริง
35. ในการทำงานกลุ่ม การมีการแบ่งงานให้รับผิดชอบในการทำงานโดยทั่วถึงอย่างเหมาะสม
36. ท่านจะมีความพยายามมากขึ้น เมื่อรู้ตัวว่ามีความรู้ดีกว่าเพื่อน