

537.07

๗๒๒๑ก

๘3

การศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยการใช้นิทเรียมโปรแกรมแบบเส้นตรง
และแบบสาขา วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

๒๒ ส.ค. ๒๕๒๒

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตลุมพิต ๒๓ พระโขนง กรุงเทพฯ ๑๑ โทร. ๓๑๒๑๖๗๕. ๓๑๑๕๐๕๑

ปริญญานิพนธ์

ของ

สาคร แสงผิง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กันยายน ๒๕๒๑

๗๒๓๓๓

๗๒๓๓๓

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควร
รับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ

ศิริ อรุณรัตน์ ประธาน
ศิริ อรุณรัตน์ กรรมการ

กันยายน 2521

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยผู้วิจัยได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง จากรองศาสตราจารย์ชม ภูมิภาค และผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพร ชมอุคม ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ศรีโสภา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำในด้านการวิเคราะห์ข้อมูล และขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีราชินูทิศ ผู้อำนวยการโรงเรียนอุคมวิทยา จังหวัดอุดรธานี และคณะครูอาจารย์ ตลอดจนนักเรียนทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือในการทดลองวิจัยครั้งนี้ เป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณ คุณวชิระ อินทร์อุคม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก โดยตลอดการทดลองวิจัยครั้งนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่มีได้กล่าวนามในที่นี้ ซึ่งได้มีส่วนช่วยให้การทดลองวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปโดยสมบูรณ์

สาคร แสงผึ้ง

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ	1
	คำนำ	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
2	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	6
	จิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนโปรแกรม	6
	ลักษณะของบทเรียนโปรแกรม	9
	ชนิดของบทเรียนโปรแกรม	10
	กระบวนการสร้างบทเรียนโปรแกรม	16
	การวิจัยเปรียบเทียบการใช้บทเรียนโปรแกรมแบบสาขาและแบบ เส้นตรง	19
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	21
3	วิธีดำเนินการ	22
	การเลือกกลุ่มตัวอย่าง	22
	การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดลอง	25
	การดำเนินการทดลอง	28
	การวิเคราะห์ข้อมูล	28

4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	30
	เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนจากบทเรียน	
	โปรแกรมแบบสาขา แบบเส้นตรงและจากการสอนตามปกติ	30
	การทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่ม	
	ทดลองที่ 2	34
	การทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่ม	
	ควบคุม	34
	การทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่ม	
	ควบคุม	35
	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง	
	ของคะแนนในแต่ละ cell	37
	ผลการเปรียบเทียบรายเฉลี่ยระหว่างคู่ของกลุ่มที่มีระดับความสามารถ	
	สูง กลาง และต่ำที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขาและแบบ	
	เส้นตรง	39
5	บทย่อ สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	41
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	41
	ขอบเขตของการวิจัย	41
	วิธีดำเนินการ	41
	สรุปผลการค้นคว้าวิจัย	42
	อภิปรายผล	43

บทที่	หน้า
5 ข้อเสนอแนะ	46
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	49

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงจำนวนกลุ่มตัวอย่างซึ่งแบ่งตามระดับความสามารถ สูง กลาง และต่ำ	23
2	แสดงแบบแผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design	24
3	แสดงค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	28
4	แสดงค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการทดสอบก่อนเรียน	30
5	แสดงค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการทดสอบหลังเรียน	32
6	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนจากผลการทดลอง โดยมีคะแนนก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม	33
7	แสดงการทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2	34
8	แสดงการทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มควบคุม	34
9	แสดงการทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มควบคุม	35
10	แสดงค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ในระดับความสามารถต่าง ๆ กัน	36
11	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในแต่ละ Cell	37

- 12 แสดงผลการเปรียบเทียบรายเฉลี่ยระหว่างคู่ ของกลุ่มที่มีระดับความ
สามารถ สูง กลาง และต่ำ ที่เรียนจบกบทเรียนโปรแกรมแบบ
สาขาและแบบเส้นตรง 39
- 13 แสดงค่า p , r และ Δ ของแบบทดสอบฉบับที่ 1 เรื่องไฟฟ้า
และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 51
- 14 แสดงค่า p , r และ Δ ของแบบทดสอบฉบับที่ 2 เรื่องไฟฟ้า
และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 52

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

- 1 แผนภูมิแสดงผลของคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่มีระดับความสามารถ
ต่าง ๆ กัน ที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ 38

บทที่ 1

บทนำ

คำนำ

กระบวนการเรียนการสอน เป็นงานที่สลับซับซ้อน มีระเบียบระบบที่ลึกซึ้ง ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งนักบริหาร นักวิชาการและนักเทคโนโลยีทางการศึกษา จำต้องทุ่มเทความพยายาม ปรับปรุงกระบวนการเรียนให้มีประสิทธิภาพ ผู้ที่ได้อรรถกถาสถิตงานด้านการศึกษาอย่างทะลุปรุโปร่งเท่านั้นจึงจะเห็นความสำคัญของระบบการสอนว่าเป็นศาสตร์ที่มีระเบียบวิธีการไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าศาสตร์อื่น ๆ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520: คำนำ)

การจัดการศึกษาทั้งในระบบโรงเรียนและนอกระบบโรงเรียนของประเทศใด ๆ ก็ตามย่อมจะมีปรัชญาและจุดมุ่งหมายของการศึกษาไว้อย่างชัดเจน แต่ถึงกระนั้นก็ตาม ไม่มีระบบการศึกษาของชาติใดที่จะสมบูรณ์แบบจนหาข้อบกพร่องไม่พบ ปัญหาทางด้านการศึกษาจึงมีมากจนไม่สามารถนำมากล่าวในระยะเวลาอันสั้นได้ อย่างไรก็ตาม หากจะถ่วงถึงวัตถุประสงค์หลักของการศึกษา ว่าเป็นกระบวนการพัฒนาความเจริญขององคมนตรีของคนแล้ว ปัญหาที่เราควรใส่ใจ หาทางปรับปรุงให้ดีขึ้น คือปัญหาการค้ำค้ำคุณภาพของผลิตผลทางการศึกษา อันได้แก่ผู้สำเร็จจากการศึกษาระดับต่าง ๆ นั้นเอง (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520: 1)

การปรับปรุงการศึกษาให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ เป็นความจำเป็นอย่างหนึ่ง ทั้งนี้เพราะทั้งในและนอกวงการศึกษามี นวัตกรรม (Innovation) ต่าง ๆ มากมายทั้งทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ทางสังคม และทางวัฒนธรรม ซึ่งต้องนำมาปรับปรุง ภาวะเบื้องต้นและองค์การของระบบการศึกษา (สวัสดิ์ ปุณฺณาคม, 2517: 4)

นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา เป็นการระดมสรรพความรู้ที่มีเหตุผลมาประยุกต์ ให้เป็นระบบใหม่ และสามารถนำมาใช้ปฏิบัติในสถานการณ์จริงในการแก้ปัญหา ให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม (นิพนธ์ สุขปรีดี, 2519: 5) นวัตกรรมทางการศึกษาที่ได้นำมาใช้แก้ปัญหาด้านการศึกษาประการหนึ่ง

ซึ่งมีความสำคัญมากในปัจจุบัน คือการให้การศึกษาด้วยตนเอง (Self Education) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้การสอนแบบโปรแกรม (Programmed Instruction)

บทเรียนโปรแกรมเป็นนวัตกรรมที่ได้รับความนิยมในระยะเวลา 10 กว่าปีมานี้เอง (นิพนธ์ สุขปริทัศน์, 2519: 45) ทั้งนี้เนื่องจากผลการทดลองทางจิตวิทยาการเรียนรู้ของสกินเนอร์ (B.F. Skinner) ศาสตราจารย์และนักจิตวิทยาแห่งมหาวิทยาลัยฮาวาร์ด (Harvard) ท่านผู้นี้ได้สร้างบทเรียนโปรแกรมขึ้นใช้กับเครื่องสอนหลังจากที่ ดร.เพรสซี่ (Pressey) ซึ่งคิดประดิษฐ์เครื่องสอนเป็นครั้งแรกก่อนหน้าบทเรียนโปรแกรม 30 ปี การสร้างบทเรียนโปรแกรมเป็นความเชื่อทางจิตวิทยาเกี่ยวกับการเรียนรู้ โดยการให้การเสริมแรง (Reinforcement) ที่เหมาะสม

คณะนิสิตปริญญาโทสาขาโศกทัศน์ศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ศึกษาธิการ, กระจ่าง 2517: 219) ได้สรุปบทความเกี่ยวกับการนำบทเรียนโปรแกรมมาใช้ ว่าบทเรียนโปรแกรมหรือเครื่องสอน เป็นความก้าวหน้าของการศึกษาค้นคว้าทางด้านเทคโนโลยีทางการศึกษาอย่างหนึ่ง เพื่อใช้ช่วยประหยัดแรงงานครู ช่วยยกฐานะและคุณภาพทางการศึกษาให้สูงขึ้น แก้ไขแนวความคิดในการใช้ Educational Technology หรือ Audio-Visual Technology) ส่วนใหญ่ใช้เพื่อประกอบการสอนของ ครูเท่านั้น จะทำหน้าที่แทนครูไม่ได้ บทเรียนสำเร็จรูปนี้ เป็นความคิดและความพยายามของนักการศึกษา ที่จะใช้สอนแทนครูให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ บทเรียนสำเร็จรูปหรือเครื่องสอนนี้ นับเป็นบรรยากาศอันใหม่ของ Advanced Educational Technology ที่จะก่อให้เกิดการสอนแนวใหม่ที่ท้าทายให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งที่ต้องการด้วยตนเอง

แนวโน้มการใช้วิธีสอนแบบโปรแกรม (Programmed Instruction) ในอนาคต จะมีใช้กันอย่างกว้างขวาง จากการสำรวจเจตนคติของครูในเอเชียที่มีต่อนวัตกรรมทางการศึกษาซึ่งสำรวจโดยองค์การ UNESCO - NIER (ศึกษาธิการ, กระจ่าง 2520: 67) พบว่าครูในเอเชีย 70 เปอร์เซ็นต์ มีความเห็นชอบและ

ต้องการการเรียนรู้โดยการใช้นิทเรียนโปรแกรม และรองลงมาเห็นชอบต่อการจัดการเรียนโดยไม่แบ่งชั้น และการกำหนดวิธีสอนให้เหมาะกับแต่ละบุคคล 60 และ 56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าการสอนแบบโปรแกรมเริ่มเข้ามามีบทบาทอย่างกว้างขวาง และมีแนวโน้มที่จะมากขึ้นในอนาคต การศึกษาค้นคว้า วิจัย เกี่ยวกับบทเรียนโปรแกรมได้กระทำกันมาก ซึ่งส่วนมากในต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอเมริกา สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการวิจัยและทดลองใช้กันมาไม่นานนี้เอง การวิจัยส่วนมากเป็นการวิจัยเปรียบเทียบการใช้นิทเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ การวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศต่างก็พบว่า การเรียนโดยการใช้นิทเรียนโปรแกรมมีแนวโน้มที่จะดีกว่าการสอนตามปกติ หรืออย่างน้อยก็ได้ผลไม่แตกต่างกับการสอนตามปกติ

จากการรวบรวมผลการวิจัยโดย แชรรม (Schramm, 1964: 5) เกี่ยวกับการสอนโดยบทเรียนโปรแกรมเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ จำนวน 36 การวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 18 เรื่อง และบทเรียนโปรแกรมให้ผลดีกว่าจำนวน 17 เรื่อง ส่วนอีกเรื่องหนึ่ง การสอนตามปกติให้ผลดีกว่า และจากการรวบรวมของเคย์ , แอนเนท และ ไซม์ (Leith, 1966: 69) พบว่า การวิจัย 39 เรื่อง มี 27 เรื่องการสอนแบบโปรแกรมให้ผลดีกว่า 10 เรื่องไม่แตกต่างกัน และมีเพียง 2 เรื่อง การสอนตามปกติให้ผลดีกว่า

สำหรับในประเทศไทยนั้นผู้วิจัยได้สำรวจจากการวิจัยเพียง 10 การวิจัย พบว่าการสอนแบบโปรแกรมให้ผลดีกว่า 4 เรื่อง อีก 6 เรื่องให้ผลไม่แตกต่างกัน

บทเรียนโปรแกรมมีหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบต่างก็มีความเชื่อหรือยึดหลักจิตวิทยาที่ต่างกัน แต่การทดลองส่วนมากเป็นการทดลองโปรแกรมแบบเส้นตรง (Linear) ซึ่งยึดหลักจิตวิทยาของ สกินเนอร์ (B.F. Skinner) สำหรับแบบอื่น ๆ ที่ได้ทดลองกัน ได้แก่ บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา (Branching) ซึ่งยึดหลักจิตวิทยาที่คล้ายกัน แต่วิธีของโปรแกรม มีเหตุผลที่น่าจะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ได้ก็และจากผล

การวิจัยที่ได้ศึกษามา ยังได้พบว่าลักษณะของบทเรียนโปรแกรมแบบนี้มีปฏิสัมพันธ์กับกับ
ผู้เรียนเช่นระดับความสามารถของผู้เรียน ระดับชั้น และลักษณะของเนื้อหาของบทเรียน
อีกด้วย จึงน่าจะได้มีการศึกษาวิจัยหาข้อเท็จจริงของความสัมพันธ์เหล่านี้ เพื่อจะได้
เป็นแนวทางในการสร้างและใช้บทเรียนโปรแกรมให้ประสิทธิภาพต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากการเรียนโดยการใช้บทเรียน
โปรแกรมแบบเส้นตรง แบบสาขา และจากการสอนตามปกติ
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากการเรียนโดยการใช้บทเรียน
โปรแกรมแบบเส้นตรงและแบบสาขา ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกัน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ผลจากการวิจัยจะเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกสร้างบทเรียนโปรแกรม
ขึ้นใช้ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกแบบของบทเรียนโปรแกรมให้เหมาะสมกับ
เนื้อหาวิชา
3. เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการเรียนการสอนในโรงเรียนและการพัฒนา
หรือประยุกต์ไปใช้กับการศึกษานอกโรงเรียน โดยการใช้บทเรียนโปรแกรม

ขอบเขตของการวิจัย

1. การทดลองวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ โรงเรียน
อุดมวิทยา จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่หนึ่ง ปีการศึกษา 2521
2. เนื้อหาวิชาที่ใช้ทำการทดลองได้แก่เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อการทดลองครั้งนี้เท่านั้น

4. ตัวแปรในการทดลองวิจัย

ก. ตัวแปรอิสระ

1. การเรียนโดยการใช้บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา
2. การเรียนโดยการใช้บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง
3. การเรียนจากการสอนตามปกติ
4. ความแตกต่างระหว่างระดับความสามารถสูง กลาง ต่ำ

ข. ตัวแปรตาม ได้แก่

ผลการเรียนรู้จากการเรียนโดยวิธีต่าง ๆ ทั้งสามวิธี

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา หมายถึงบทเรียนที่แบ่งเนื้อหาออกเป็นตอน ๆ ขนาดเล็ก เรียกว่า กรอบ ในแต่ละกรอบจะเสนอความรู้ และมีคำถามให้เด็กตอบ คำตอบแต่ละข้อ จะนำไปยังกรอบต่อไป ถ้าตอบผิด ก็จะมีการอธิบายหรือสอนซ่อมเสริมให้ ถ้าตอบได้ถูกต้องแล้ว ก็จะเรียนใหม่ในกรอบต่อไปเรื่อย ๆ นักเรียนแต่ละคน จึงเรียนไปตามกรอบไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับการเลือกคำตอบของนักเรียน แต่สุดท้ายจะเรียนจบตามจุดมุ่งหมายของบทเรียนเหมือนกัน

2. บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง เป็นบทเรียนที่แบ่งเนื้อหาออกเป็นกรอบย่อย เล็กกว่าแบบสาขา แต่ละกรอบจะมีคำถาม และจะเฉลยคำตอบในกรอบถัดไป นักเรียนทุกคนจะต้องเรียนไปตามลำดับและผ่านทุก ๆ กรอบของบทเรียน

3. การสอนตามปกติ หมายถึงการสอนโดยครู ซึ่งผู้วิจัยทำการสอนเอง ในเนื้อหาเดียวกันกับบทเรียนโปรแกรม

4. ระดับความสามารถ สูง กลาง และต่ำ หมายถึงระดับความสามารถซึ่งแบ่งโดยคิดจากคะแนนสอบกลางภาคเรียนที่หนึ่ง ในมหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์ ถือเกณฑ์ดังนี้ ระดับความสามารถสูงคือคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 ขึ้นไป

ระดับความสามารถปานกลาง คือคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ระหว่าง 25 - 75

ระดับความสามารถต่ำ คือคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 ลงมา

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่ ๆ คือ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทางทฤษฎี และจิตวิทยา กับ เอกสารเกี่ยวกับการทดลอง วิจัยบทเรียนโปรแกรม ดังนี้

ก. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนโปรแกรม

1. จิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนโปรแกรม
2. ลักษณะของบทเรียนโปรแกรมและการสร้างบทเรียนโปรแกรม

ข. การวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนโปรแกรม

1. การวิจัยในต่างประเทศ
2. การวิจัยในประเทศไทย

จิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนโปรแกรม

หลักการเบื้องต้นทางจิตวิทยาของการสอนแบบโปรแกรมคือหลักจิตวิทยา พฤติกรรมนั่นเอง (เปรื่อง กุมุท, 2519 : 2) เป้าหมายของบทเรียนโปรแกรมทุกบท ตามแนวแห่งพฤติกรรมนิยม คือการเรียนรู้ การเรียนรู้มีความหมายเพียงการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรม เมื่ออินทรีย์เปลี่ยนพฤติกรรมของมัน และสามารถกระทำในกิจกรรมที่แปลก ออกไป จากเดิม เราก็มั่นใจได้ว่ามันได้เรียนรู้แล้ว

การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจะเกิดขึ้นได้ และดำรงอยู่ได้ด้วยกระบวนการอย่างหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าการวางเงื่อนไข (Conditioning) และหลักการวางเงื่อนไขนี้เองที่เรา ใช้เป็นพื้นฐานของการสร้างบทเรียนโปรแกรมส่วนใหญ่ของเรา ขบวนการวางเงื่อนไข คือเอาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองเป็นหลัก

สิ่งเร้าคืออะไรก็ได้ที่ก่อให้เกิดหรือยังผลให้มีปฏิกิริยาจากอินทรีย์ การสนองตอบ (Response) นั้นกล่าวอย่างง่าย ๆ ก็คือปฏิกิริยาต่อสิ่งเร้านั่นเอง

B.F. Skinner (ศึกษาธิการ , กระทรวง , 2517 : 220) เป็นผู้นำทางทฤษฎีการเรียนรู้แบบ Stimulus Response หรือ S - R Theory และได้นำทฤษฎีนี้มาสร้างบทเรียนสำเร็จรูปหรือเครื่องช่วยสอนขึ้น หลักการของสกินเนอร์คือการเสนอแนวความคิดในเรื่องการสอนด้วยตนเอง ตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบเสริมสนอง (ศิริบุรณ สุวีสุวรรณ , 2518 : 146) ใน ค.ศ.1954 สกินเนอร์ ได้เสนอข้อคิดของเขาและดำเนินงาน ในการใช้เครื่องบังคับพฤติกรรมและการเรียนรู้ของสัตว์ สามารถเสริมการสนองตอบของสัตว์และส่วนพฤติกรรมที่ต้องการ โดยเสริมแรง ที่คล้ายคลึงกับพฤติกรรมที่ต้องการแล้วเสริมสนองซ้ำ จนกว่าจะเกิดพฤติกรรมตามแบบที่ต้องการโดยวิธีนี้ผู้ทดลองสามารถ "หลอมพฤติกรรม" ได้ตามประสงค์

สกินเนอร์ เน้นเรื่องการตอบสนอง ซึ่งหมายถึงการกระทำต่อสิ่งเร้า เขากล่าวว่า "การกระตุ้นพฤติกรรม" จะควบคุมและจัดสภาพการณ์ให้การตอบสนอง เปลี่ยนไปโดยใช้การเสริมแรงกระตุ้นพฤติกรรม คือการใช้การเสริมแรง เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เดิมน้อย จนกระทั่งเกิดพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมที่ต้องการ เขาเชื่อว่า สภาพการเรียนรู้ จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีปฏิกิริยา ตอบสนองต่อสิ่งเร้า ที่มาด้วยภายนอกซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและเขายังเชื่อว่าเครื่องสอน จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในตัวผู้เรียนที่เข้มข้นและเข้าใจได้ดี

หลักของสกินเนอร์ ในการสร้างเครื่องช่วยสอน จึงยึดหลักดังนี้ (ศิริบุรณ สุวีสุวรรณ , 2518 : 51)

1. วางเงื่อนไขการกระทำให้ผู้เรียนตอบสนอง
2. คำตอบต้องให้ตรงกับคำถามไม่ให้ออกตามยถากรรม
3. ถ้าตอบถูกต้องจะได้รับเสริมแรง ให้ผู้เรียนตอบถูกต้องหรือผิด
4. คำถามจะมีสำคัญจากง่ายไปหายากมีผลในการกระตุ้นพฤติกรรมของผู้เรียนเรียนรู้บทเรียนที่ยากขึ้นตามลำดับ

ในทำนองเดียวกัน เปรี๊ยะ กุมท (เปรี๊ยะ กุมท , 2519 : 6) ได้สรุปไว้ว่า ในสถานการณ์การสอนใดก็ตามที่ครูยอมทำหน้าที่ให้นักเรียนได้แสดงการสนองตอบ

ตามที่ปรารถนาต่อสิ่งเร้าที่กำหนดให้ และให้เขาได้ทำเช่นนั้นทุกครั้งที่น่าสิ่งเร้ากลับมา
เสนอ เราจะทำเรื่องนี้ได้ โดยวิธีต่อไปนี้

1. เสนอสิ่งเร้าให้นักเรียน
2. ช่วยให้นักเรียนสนองตอบได้อย่างเหมาะสม ด้วยการบอกแนวทางให้ หรือ
บอกใบ้ให้ หรือบอกคำสนองตอบนั้นให้เสียก่อน
3. เมื่อนักเรียนสนองตอบตามที่เราปรารถนาได้แล้วต้องเสริมแรงข้อสนองตอบ
นั้นทันที

ตัวเสริมแรง (Reinforcer) หมายถึงสิ่งเร้าที่ให้ในเวลาที่เหมาะสมกับ
การตอบสนอง แล้วจะช่วยเสริมพลังการตอบสนองนั้นคงอยู่ต่อไป ดังนั้นกรณีการวาง
เงื่อนไขแบบแสดงการกระทำ (Operant Conditioning) ตัวเสริมแรงก็คือสิ่งที่
เกิดขึ้นทันที หลังจากการสนองตอบ (ศิริบุรณ ศรีสุวรรณ, 2518: 43)

ฮอลแลนด์ (Smith, 1962: 38) ได้กล่าวว่าพฤติกรรมที่สลับซับซ้อนชนิดใหม่
จะเกิดขึ้นไม่ได้เลยเว้นเสียแต่จะนำเอาพฤติกรรมชนิดนั้นมาแยกแยะกระจายออกไป
เพื่อให้การเสริมแรงตามลำดับขั้นตลอดทั้งขบวนการแห่งพฤติกรรมนั้น และโดยวิธีการเช่น
นี้กล่าวมานี้เราสามารถที่จะสร้างกระบวนพฤติกรรมใหม่ขึ้นมาได้

โมลลี (Mouly, 1968: 573) กล่าวว่าการเรียนรู้การสอนแบบโปรแกรม
เหมือนกับการกระจายพฤติกรรมออกเป็นส่วนย่อย ๆ แต่ละส่วนจะสัมพันธ์ต่อเนื่องกันอันจะ
นำไปสู่พฤติกรรมอันแท้จริง โดยการเสริมแรงทุก ๆ ลำดับขั้น จนกระทั่งถึงพฤติกรรมที่
ซับซ้อนที่ต้องการจะสร้างขึ้น อี.แอล. ชอร์นไคด์ (Fry, 1963: 156) กล่าวว่า การ
เรียนรู้จะไม่เกิดขึ้น ถ้าไม่มีรางวัล (Reward) รูปใดรูปหนึ่งเข้ามามีส่วนร่วมด้วย
และยังกล่าวด้วยว่า รางวัลเป็นการสร้างสภาวะอันเป็นที่พึงใจ ดังนั้น หลักของ
การสร้างบทเรียนโปรแกรมจึงสอดคล้องกับหลักจิตวิทยาของ ชอร์นไคด์ ซึ่งพอจะ
สรุปได้ดังต่อไปนี้ คือ ประการแรก ได้แก่ กฎแห่งผลที่ได้รับ (Law of Effect)
ซึ่งได้กล่าวไว้ว่า การได้รับรางวัลและการสมหวังจะเป็นการช่วยเสริมการแสดง

พฤติกรรม แต่การทำโทษและการฝึกหัดจะลดพฤติกรรมลง กฎแห่งความถี่ (Law of Frequency) (เปื้อง กุมท , 2519 : 30) คือการสนองตอบถูกมาก (ความถี่สูง) จะเป็นรางวัลที่นักเรียนได้รับ กฎแห่งความใหม่ (Law of Recency) เนื่องจากคำตอบที่ถูกต้องมักเป็นสิ่งหายสุดที่นักเรียนกระทำ จึงทำให้จำได้ง่ายขึ้น

ลักษณะของบทเรียนโปรแกรม

✓ การเรียนการสอนแบบโปรแกรม (Programmed Instruction) เป็นลำดับประสบการณ์ที่จัดวางไว้สำหรับนำผู้เรียนไปสู่ความสามารถ โดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ของสิ่งเร้ากับการสนองตอบ ซึ่งได้พิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพ (เปื้อง กุมท , 2519 : 1)

บทเรียนโปรแกรมคือ เครื่องมือทางการศึกษาอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำให้นักเรียนคนหนึ่งรับรู้ประสบการณ์ ที่จัดไว้เป็นอนุกรม ไปตามลำดับขั้น ตามที่ผู้จัดทำบทเรียนเชื่อว่าจะทำให้ผู้เรียนไปสู่ขีดความสามารถที่ต้องการให้เกิดขึ้น

บทเรียนโปรแกรม (Programmed Textbook) เป็นการเขียนหนังสือตำราวิธีหนึ่ง (วิจิตร ศรีสีอาน , 2516 : 104) ที่แตกต่างออกไปจากตำราที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ข้อแตกต่างอยู่ที่การจัดเรียงลำดับเนื้อเรื่อง โดยแบ่งหน่วยและลำดับขั้นย่อย ๆ ที่เรียกว่า เฟรม (Frame) แต่ละหน่วยมีคำตอบที่ถูกต้องให้ตรวจสอบได้

แชรรม (Schramm , 1964 : 98) ได้นิยามความหมายของบทเรียนโปรแกรมว่า คือ ประสบการณ์การเรียนรู้ที่ได้ออกเรียงอันคืบไวสำหรับสอนนักเรียนจากพฤติกรรมเฉพาะที่วางไว้อย่างเป็นอันคืบ อันจะนำนักเรียนไปสู่จุดหมายที่ต้องการ

ฟราย (Fry , 1963 : 2) ได้สรุปลักษณะของบทเรียนโปรแกรมไว้ดังนี้

1. เนื้อหาถูกแบ่งย่อยเป็นหน่วยเล็ก ๆ แต่ละหน่วยเรียกว่ากรอบ (Frame) ซึ่งกรอบเหล่านี้จะมีลักษณะแตกต่างกัน

2. ในแต่ละกรอบจะต้องให้นักเรียนตอบสนอง ซึ่งนักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการเรียนกิจกรรมต่าง ๆ ที่นักเรียนทำก็เพื่อให้เกิดความเข้าใจเนื้อหา

3. นักเรียนได้รับการเสริมแรงแบบทราบนผลการสนองตอบทันที
4. กรอบต่าง ๆ เรียงลำดับต่อเนื่องกันไป
5. บทเรียนสำเร็จรูปยัดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง
- ✓ 6. นักเรียนสามารถที่จะเรียนไปตามความสามารถของตนเอง

ในทำนองเดียวกัน คลาร์กโทรว์ (Clarktrow , 1956 : 93) ได้สรุปไว้ว่า บทเรียนโปรแกรมจะต้องมีลักษณะดังนี้

1. เนื้อหาที่จะเรียนประกอบด้วยขั้นย่อย ๆ ที่ต่อเนื่องกันไป
2. ผู้เรียนต้องตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เสนอให้ในแบบเรียน
3. ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง
4. ผู้เรียนสามารถทราบนผลการตอบสนองของ คนทันที
5. การตอบสนองที่ถูกต้องจะก่อให้เกิดแรง เสริมในการตอบสนองครั้งต่อไป

บทเรียนโปรแกรม (Programmed Instruction) เป็นบทเรียนที่จัดทำไว้สำเร็จสมบูรณ์ อาจจะมาในลักษณะของ เครื่องสอน (Teaching Machine) หรือรูปเล่มหนังสือ (Programmed Textbook) (ศึกษานิกร , กระทรวง , 2517 : 219) ผู้เรียนจะต้องอ่านคำสั่งที่ระบุในบทเรียน แล้วปฏิบัติตามไปที่ละขั้น บทเรียนสำเร็จรูปจึง เป็นเครื่องมืออัตโนมัติชนิดหนึ่งที่ผู้เรียนใช้ศึกษาหาความรู้ที่ต้องการด้วยตนเอง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าบทเรียนสำเร็จรูปเป็น Curriculum Material หรือ Subject Matter ที่บรรจุในเครื่องสอนหรือพิมพ์เป็นเล่ม ซึ่งงานการสร้างเป็นบทเรียนอย่างละเอียด รอบคอบก็แล้ว ทั้งในขั้นเนื้อหาวิชา และหลักวิธีของการเรียนที่ถูกต้อง มีกำหนดเนื้อหาวิชาไว้อย่างแน่นอน และจัดวางลำดับเนื้อหาวิชาเป็นไปตามลำดับขั้นอย่างมีระเบียบแบบแผนโดยอาศัยพื้นฐานข้อมูล จากการศึกษาคนทั่วไปในขั้นสรีรวิทยา จิตวิทยา และสังคมวิทยาคัดลอกจน ลักษณะทางสังคม และสิ่งแวดล้อมของกลุ่มนักเรียนที่จะเรียน

ชนิดของบทเรียนโปรแกรม

บทเรียนโปรแกรมมีอยู่หลายแบบ แต่เท่าที่เป็นอยู่ในเวลานี้การทำบทเรียน

โปรแกรมถือตามปรัชญาสำคัญ มีอยู่ 2 ปรัชญาดูด้วยกัน ทำให้มีบทเรียนโปรแกรม 2 แบบ ไม่เหมือนกัน (เปรื่อง กุมุท , 2519 : 14) บทเรียนโปรแกรมที่สำคัญ 2 แบบได้แก่

1. บทเรียนโปรแกรมแบบ ลีเนียร์ (Linear Programming)
2. บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา (Branching Programming)

บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงหรือแบบ ลีเนียร์

บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงเป็นโปรแกรมที่จัดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียน หรือกระทำการตอบสนองเหมือนกันทุกคน และคงผ่านทุก ๆ กรอบ (Frame) ของ บทเรียนเหมือนกัน โปรแกรมจะถูกจัดเรียงลำดับให้ก้าวไปเป็นขั้นตอน จากง่ายไปหายาก จนกระทั่งจบบทเรียน (Leedham , 1967 : 12)

สโกลูโรว (Stolurow , 1961 : 12) กล่าวว่าบทเรียนโปรแกรม แบบเส้นตรง มีลักษณะเด่นที่สำคัญดังนี้

1. ลำดับของกรอบให้นักเรียนเป็นแบบตายตัว
2. นักเรียนจะต้องทำตั้งแต่กรอบแรกจนถึงกรอบสุดท้ายตามลำดับ จะข้าม กรอบหนึ่งกรอบใดไม่ได้
3. ทุกคนไม่ว่าจะมีระดับสติปัญญาแตกต่างกันอย่างไรก็ต้องทำเหมือนกัน ความแตกต่างที่ปรากฏออกมาคือเรื่องช่วงเวลาของการเรียน

บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงนั้น อาจจะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือแบบให้ ผู้เรียนสร้างคำตอบ (Construct Response) และแบบ ให้ผู้เรียนเลือกคำตอบ (Multiple Choice Response)

โปรแกรมแบบเส้นตรงที่สนับสนุนโดย B.F. Skinner นั้นเป็นชนิดที่ให้นักเรียนสร้างการสนองตอบเอง (เปรื่อง กุมุท , 2519 : 33) ซึ่งมีลักษณะและ เหตุผลดังนี้

1. คำถามใดก็ตามที่เว้นช่องว่างไว้ให้เติมคำหรือวลี นั้นแหละคือคำถามที่ต้องการให้นักเรียนสร้างการสนองตอบเอง

2. การให้นักเรียนสร้างการสนองตอบเอง เกิดจากเหตุผล 2 ประการ คือ

2.1 สกิบเนอร์ เห็นว่า การระลึกได้ (Recall) นั้นมี
ประสิทธิภาพในขบวนการเรียนมากกว่าการจำได้ (Recognition)

2.2 การที่จะให้นักเรียนแสดงการตอบสนองนั้น ไม่ควรจะให้
นักเรียนพบกับตัวเลือกที่ผิด ๆ

มาร์เคิล (Markle , 1976 : 24) ได้สรุปหลักการสร้าง
โปรแกรมตามหลักของสกิบเนอร์นั้นยี่สิบหลักดังนี้

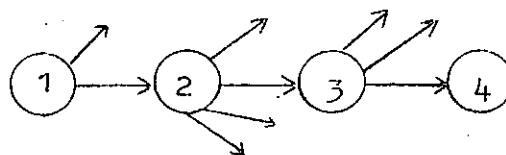
1. ให้นักเรียนได้มีการกระทำการตอบสนองหรือสร้างการตอบสนอง
(Active Responding)
2. สนองตอบได้ตรงตามที่คาดหมายไว้มากที่สุด (Minimal Errors)
3. ผู้ตอบรูว่าตัวเองตอบถูกและรู้เหตุผลว่าทำไมตนเองจึงตอบถูก
(Knowledge of Result)

โปรแกรมแบบเส้นตรงอีกแบบหนึ่ง ซึ่งสนับสนุนโดย ดร. ซิกนีย์ เพรสซี่
ซึ่งแบบนี้จะมีการสนองตอบโดยการเลือกคำตอบ ซึ่งเพรสซี่ บิดนหลักจิตวิทยา "กฎ
การเรียนรู้" 2 กฎด้วยกัน คือ

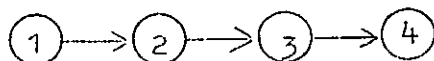
กฎแห่งความถี่ (Law of Frequency) ซึ่งนำมาใช้ได้
เพราะโดยบังเอิญนั้นนักเรียนจะเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพราะเป็นการสนองตอบ
เพียงชนิดเดียวที่จะทำให้เขากลับหน้าต่อไปยังคำถามที่ถัดไปได้ การสนองตอบถูกมาก
ครั้ง (ความถี่สูง) คือรางวัลที่นักเรียนได้รับ

กฎข้อที่ 2 คือกฎแห่งความใหม่ (Law of Recency) เนื่อง
จากคำตอบที่ถูกต้อง มักจะเป็นสิ่งท้ายสุด ที่นักเรียนกระทำ มันจึงทำให้จำได้ง่ายขึ้น

ลักษณะของบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง ตามแบบของเพรสซี่ อาจจะ
มีรูปร่างลักษณะดังนี้



ส่วนของสกินเนอร์อาจจะเขียนได้ดังนี้



(เปื้อง กุมท , 2519 : 35)

ทั้งแบบของสกินเนอร์และแบบของ เพอร์ซี่ ทางก็เป็นโปรแกรมแบบ
เชิงตรรกเหมือนกัน แต่การสนองตอบต่างกัน คุณสมบัติที่เหมือนกันอย่างหนึ่ง คือ ขึ้น
หรือ กรอบจะคงเส้น ทั้งนี้เพื่อเหตุผล 2 ประการ คือ

1. ถ้าการที่ใดแสดงการสนองตอบเป็นทางให้เกิดการเรียนรู้ ขึ้น
แต่ละชั้นจะคงเส้น เพื่อที่จะให้นักเรียนตอบไม่ผิด
2. การตอบผิดมาก ๆ จะทำให้เกิดการท้อถอย ในขณะที่การตอบถูก
นั้น เป็นรางวัลที่นักเรียนได้รับ

บทเรียนโปรแกรมแบบสร้างคำตอบและแบบ เลือกคำตอบนั้น ยังไม่พบ
การวิจัยใดที่จะยืนยันใดแน่ชัดว่า อย่างไหนจะส่งผลต่อการเรียนรู้ได้ดีกว่ากัน
ลัมส์เคม (1963) อางการวิจัยของ กูลสัน และวิลเบอร์แมน (1960) (อางจาก
เปื้อง กุมท , 2519 : 57) ซึ่งทำการวัดผลการเรียนรู้จากบทเรียนโปรแกรม
ทั้งสองแบบคือแบบเลือกตอบและแบบสร้างคำตอบ ไม่ปรากฏชัดแจ้งว่ามีความแตก
ต่างกันเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ที่ใด แต่กลุ่มที่สร้างการสนองตอบแบบเลือกตอบ ใช้เวลา
น้อยกว่ากลุ่มที่เรียนโดยการเขียนตอบ นอกจากนี้ผลการวิจัยอื่น ๆ ก็ได้ผลคล้ายกัน
แต่อย่างน้อยที่สุด การวิจัยก็ยืนยันว่าทั้งสองแบบให้ผลดีดีเกี่ยวกับการสอนตามปกติ

บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา

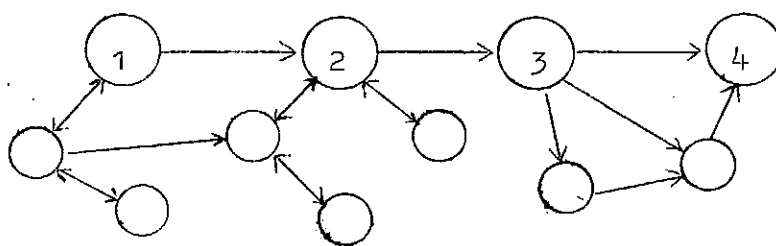
แบบเรียนโปรแกรมแบบสาขา เกิดขึ้นโดย ดร.นอร์แมน กราวเกอร์
(เปื้อง กุมท , 2519 : 38) การสร้างบทเรียนโปรแกรมแบบนี้ขึ้นอยู่กับ
ความเชื่อว่า การสนองตอบที่ผิด ไม่จำเป็นจะนำมาทำให้การเรียนรู้การสนองตอบ
ที่ถูกต้องคงได้รับความเสียหายลงไปใด การสนองตอบให้ประโยชน์ส่วนใหญ่สำหรับ
นำทางนักเรียนไปใดตลอด การสนองตอบแต่ละครั้ง เป็นการทดสอบว่า การสื่อความหมาย

ครั้งสุดท้าย ของ เขาตอนนักเรียนแต่ละคนได้รับความสำเร็จหรือไม่

บทเรียนโปรแกรมแบบสาขาเปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกคำตอบได้หลายทาง และทางที่นักเรียนแต่ละคนเดินขึ้นอยู่กับการสนองตอบที่เขากระทำในแต่ละกรอบนั่นเอง

บทเรียนโปรแกรมแบบสาขาประกอบด้วยกรอบขึ้น (Home Pages) ซึ่ง เป็นสำคัญที่แท้จริงของบทเรียนแต่ละกรอบ ถ้านักเรียนตอบถูกต้อง นักเรียนก็จะเดินไปตลอดกรอบขึ้น โดยไม่ต้องแวะออกนอกแนวทาง ส่วนกรอบสาขานั้น ตามลักษณะพื้นฐานสามารถใช้เป็นวิธีสำหรับอธิบายว่าที่ผิดนั้นทำไมจึงผิด หลังจากอธิบายถึงนั้นแล้วก็ส่งนักเรียนกลับไปยังหน้าที่เพิ่งผ่านมา และพยายามเรียนใหม่

เราอาจเขียนรูปแบบได้ดังนี้



(เปรื่อง กุมุท , 2519 : 35)

การเรียนโปรแกรมแบบสาขาตามแนวของ กราวเคอร์รี่ นั้น ความพร้อมของนักเรียนจะเกิดขึ้นตามมา เมื่อได้รับการสอนซ่อมเสริมในสาขาที่ครั้งที่เขาตอบสนองผิด และจะก้าวต่อไปเมื่อเขาได้แก้ไขข้อผิดพลาดหรือ ได้เข้าใจแล้ว (Leith , 1966 : 14) และเขายังได้แสดงความเห็นอีกว่า โปรแกรมสาขานั้น เป็นการจัดจังหวะให้สมกับ ระยะเวลาการสอนโดยครู และกระทำโดยนักเรียน

โกลด์สไตน์ (Ofiesh , 1964 : 221) ได้สรุปว่า โปรแกรมตามแบบของ กราวเคอร์รี่ ในกรอบหนึ่ง ๆ ผู้เรียนจะได้เรียนเนื้อหา 3 หรือ 4 ตอน (Paragraphs) แล้วให้ผู้เรียนสนองตอบโดยการเลือกคำตอบ ซึ่งเป็น

แบบเลือกตอบ ถ้านักเรียนตอบถูกก็จะนำไปเรียนในรอบต่อไป ถ้านักเรียนเลือก
คำตอบที่ผิด นักเรียนก็จะโทษถามว่าทำไมจึงผิด แล้วจะมีรอบสอนเพิ่มเติมให้แล้ว
ส่งให้นักเรียนกลับมาเลือกคำตอบใหม่

ข้อแตกต่างระหว่างบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงและแบบสาขา

1. การสนองตอบบทเรียน นั้น E.A. Peel (Leith, 1965 : 27) กล่าวว่า โปรแกรมแบบเส้นตรงนั้นพยายามหลีกเลี่ยงการสนองตอบที่ผิด ส่วนแบบสาขานั้นกลับพยายามหรือส่งเสริมให้มีการสนองตอบที่ผิดได้ เพื่อจะโทษบุรุษของตนของตัวเอง และโทษถามว่าทำไมตนเองจึงไม่เข้าใจ

2. เมื่อนักเรียนตอบสนองผิด โปรแกรมแบบเส้นตรงไม่มีการบอกว่าเป็นผิด ผู้เรียนต้องกลับไปพิจารณาศึกษาเอง ว่ากรอบ หรือย้อนไปยังกรอบคน ๆ ที่ผ่านมา ส่วนแบบสาขานั้น ผู้เรียนตอบผิดก็จะทราบว่าผิด เพราะเหตุใด และจะมีกรอบสอนซ่อมเสริมให้ แล้วจึงเรียนต่อไป

3. ขนาดของชั้นตอนบทเรียน โปรแกรมแบบเส้นตรงจะละเอียดกว่า และมีขนาดเล็กกว่าแบบสาขาในเนื้อหาเดียวกัน

4. โปรแกรมแบบเส้นตรง ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถ จะต้องเรียนผ่านทุก ๆ กรอบจะข้ามกรอบไม่ได้ เพราะเนื้อเรื่องจะเรียงลำดับไว้ แต่แบบสาขานั้นนักเรียนจะเรียนผ่านกรอบไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับความสามารถหรือการเลือกการสนองตอบของแต่ละคน บางคนอาจจะเรียนโดยไม่ต้องผ่านกรอบสาขาเลยก็ได้ หรือบางคนก็อาจจะเรียนผ่านกรอบสาขาต่าง ๆ ไม่เท่ากัน

สำหรับความเหมาะสมของ เนื้อหาวิชาที่จะเลือกนำมาใช้กับบทเรียน โปรแกรมแบบใดนั้นยังไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน เลยทีเดียว ซึ่งอาจจะ เป็นปัญหาที่จะต้องทดลองวิจัยต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม โดยมีเสนอแนะถึงวิธีการเลือก เนื้อหาและแบบของโปรแกรมไว้ คือ โปรแกรมแบบเส้นตรง เป็นแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเนื้อหาที่จำกัดขอบเขตให้จริง ถ้าจำกัดความ และที่เกี่ยวกับทักษะเบื้องต้นของการนำเอาข้อเท็จจริงและคำจำกัดความเหล่านั้น มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ส่วนแบบสาขานั้นใช้สอนได้มากกว่าการสอนข้อเท็จจริง คำจำกัดความและทักษะพื้นฐาน (เป็รื่อง กุมุท, 2519:59)

กระบวนการสร้างบทเรียนโปรแกรม

พราย (Fry, 1963 : 38 - 14) ได้แนะนำหลักการพิจารณาสร้างบทเรียนโปรแกรมไว้ว่า ผู้เขียนบทเรียนโปรแกรมควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ตัวผู้เรียน ผู้เขียนบทเรียนโปรแกรมต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวผู้เรียนอย่างกว้าง ๆ เป็นคนว่า อายุ พื้นฐานความรู้เดิม พื้นฐานทางวัฒนธรรม ระดับชั้นของผู้เรียน ทักษะของผู้เรียนที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้ว ความต้องการของผู้เรียน สิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลในการสร้างโปรแกรมมาก ทั้งในการออกแบบและการผลิตโปรแกรม
2. ผลที่ต้องการ ก่อนที่จะสอนจะต้องมีการตั้งจุดมุ่งหมายก่อนว่าการในผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร เนื้อหาที่จะใช้เขียนโปรแกรมจะใดตรงตามจุดมุ่งหมาย และสามารถวัดผลตรงตามที่ต้องการได้
3. เนื้อหาวิชา ก่อนจะจัดทำต้องเขียนเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ไว้แล้ว จึงแบ่งเป็นหัวข้อย่อย ๆ ตามลำดับของเนื้อหาเพื่อจะมามีการจัดกรอบ
4. วิธีการสอน การสอนแบบโปรแกรมเป็นวิธีการสอนแบบหนึ่งเท่านั้น ก่อนที่ผู้เขียนโปรแกรมจะจัดทำโปรแกรมในเรื่องใดก็ตาม ควรพิจารณาดูก่อนว่า มีวิธีการใดบ้างที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชานั้น
5. ความสิ้นเปลือง ควรได้รับการพิจารณาว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นนั้นมีความสิ้นเปลืองมากน้อยเพียงไร เวลาที่ใช้ไปคุ้มค่าหรือไม่ ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้การสอนแบบโปรแกรมอาจเลือกเป็นบทเรียนโปรแกรมก็ได้ เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้กับเครื่องสอนนั้นอาจสิ้นเปลืองมาก เพราะเครื่องสอนมีราคาแพงมาก
6. ชนิดของโปรแกรม จะเป็นชนิดใดควรเลือกให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ผู้เรียน และจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

นิพนธ์ สุขปรีดี (นิพนธ์ สุขปรีดี , 2519 : 69) ได้รวบรวมหลักของการสร้างบทเรียนโปรแกรมไว้เป็นต้น ๆ สรุปได้ดังนี้ คือ

ขั้นที่ 1 ตั้งจุดมุ่งหมายของบทเรียน (Objective) เราต้องถามว่าเราจะสร้างบทเรียนไปทำไม เพื่ออะไร เมื่อผู้เรียนเรียนจากบทเรียนแล้วให้เขาสามารถทำอะไรได้บ้าง

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ภาระกิจ (Task Analysis) การวิเคราะห์ภาระกิจ สามารถชี้ให้เห็นจุดมุ่งหมายของผู้เรียนได้ว่าเขาจะต้องเริ่มต้นจากที่ใด และจะไปทางใด จึงจะบรรลุจุดมุ่งหมายปลายทางได้

ขั้นที่ 3 จัดทำข้อสอบ (Prepare Test) เรามีความจำเป็นที่จะต้องรู้จักพฤติกรรมเบื้องต้นของผู้เรียนแต่ละคนโดยการทำข้อทดสอบก่อนบทเรียน (Pretest)

ขั้นที่ 4 การจัดลำดับการเรียนรู้ (Design the sequence) หลังจากได้วิเคราะห์ภาระกิจแล้วจำเป็นต้องมีการกำหนด Sub task และเนื้อหาที่จะนำผู้เรียนไปยังจุดมุ่งหมายขั้นสุดท้ายของการเรียน

ขั้นที่ 5 การเลือกสื่อ (Select Media) การเลือกสื่อใด ๆ ในบทเรียนขึ้นอยู่กับหลัก 5 ประการ คือ

- ก. เป็นสื่อที่เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ที่สุด
- ข. เป็นสื่อที่ผู้เรียนจะตอบสนองได้ดีที่สุด
- ค. เหมาะสมกับความสามารถและประสบการณ์เดิมของผู้เรียน
- ง. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม
- จ. เป็นสื่อที่เรามีอยู่หรือพอหาได้ไม่ยากนัก

ขั้นที่ 6 ทำ Frame การเรียน (Prepare Frame - Learning Situation)

ขั้นที่ 7 ทดลองกับบุคคล Individual Try-out) เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 8 ผู้ทดสอบจะแก้ไขอุปกรณ์และบทเรียนนั้น ๆ ในการทดสอบตามสภาพความเป็นจริง เราจะต้องการศึกษาค้นคว้า

- ก. การตอบสนองที่ผู้เรียนแสดงออกมา
- ข. ความยากง่ายของบทเรียนที่ทำให้เกิดแรงจูงใจ
- ค. ปัญหาเกี่ยวกับการบริหารและ เครื่องมือที่ใช้
- ง. ราคาของ เครื่องมือ

ขั้นที่ 9 ขั้นสุดท้ายของการสร้างบทเรียนโปรแกรม คือ การแจกจ่าย หรือจัดจำหน่ายสิ่งที่ได้ผลิตขึ้นไปยังผู้ใช้ เรายังคงต้องการ

จากครูและนักเรียนทั้งนี้เพื่อพาไปปรับปรุงแบบเรียนในการจัดทำบทเรียนต่อไป

เรื่อง กฎ (เรื่อง . กฎ , 2519 : 12 - 38) โศกสลา
สรุปถึงขั้นต่าง ๆ ในการสร้างบทเรียนโปรแกรมไว้ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร เพื่อให้ทราบว่า จะต้องสอนอะไรบ้าง เนื้อหาที่จะ
ใช้สอนเป็นอย่างไร ระบุไหน ประมวลการสอนก็อาจจะช่วยให้ทราบถึงระดับการสอน
เวลาสำหรับการสอนก็อาจกำหนดความลึกและขอบข่ายของ เนื้อหาได้ นอกจากนี้
สร้างบทเรียนยังต้องศึกษาเพิ่มเติมจากคู่มือครู หรือบันทึกการสอนของครู แบบฝึกหัด
ต่าง ๆ สำหรับนักเรียน หรืออาจสัมภาษณ์ผู้รู้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความคิดในการ
สร้างบทเรียนโปรแกรม

2. ตั้งจุดมุ่งหมาย การสร้างบทเรียนโปรแกรมต้องสร้างให้เหมาะสม
กับความสามารถของผู้เรียน ผู้สร้างบทเรียนโปรแกรมจะต้องพยายามแจกแจงจุด
มุ่งหมายให้เป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งสามารถจะวัดหรือสังเกตได้

3. การวางแผนของงาน การวางแผนของงานหรือการวางแผน
เค้าโครง เรื่องมีประโยชน์ในการสร้างบทเรียนโปรแกรมมาก เพราะจะช่วยให้การ
ลำดับเรื่องราวก่อนหลัง และป้องกันการหลงลืม เรื่องราวบางตอนไป

4. เขียนบทเรียนโปรแกรม กรอบของบทเรียนโปรแกรมควรมีลักษณะดังนี้

4.1 เขียนเนื้อหาเป็นหน่วยย่อย ๆ เล็ก ๆ แต่ละหน่วยย่อยทำให้เกิดความรู้อย่างเข้าใจในหน่วยถัดไป

4.2 มีเนื้อหาและคำอธิบายที่ดึงดูดความสนใจของนักเรียน

4.3 ทำให้ผู้เรียนเกิดความล้มเหลวมากที่สุดเท่าที่จะมากได้

4.4 การเขียนเนื้อหาแต่ละกรอบควรให้พากษ์ไปถึงกรอบที่
ผู้เรียนได้ศึกษามาก่อนแล้วด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการทบทวนสิ่งที่เรียนไปแล้วไว้ในตัว

4.5 ให้ทราบคำตอบที่ถูกต้อง เป็นการเสริมแรง เนื้อหาของบทเรียน
แต่ละกรอบต้องเขียนด้วยภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องตามหลักภาษาและการใช้ภาษา หาก
จะใช้ศัพท์ควรเป็นคำที่เหมาะสมกับพื้นฐานและอายุของผู้เรียน เนื้อหาที่ถูกต้องตาม
หลักวิชา และมีความต่อเนื่องกันในแต่ละกรอบ กรอบแต่ละกรอบอาจจะไม่ต้องการ
คำตอบก็ได้ เช่นกรอบแนะนำบทเรียน วิธีทำบทเรียน เป็นต้น

การวิจัย เปรียบเทียบการใช้โปรแกรมแบบสาขาและแบบเส้นตรง

การวิจัยเกี่ยวกับการใช้บทเรียนโปรแกรม เปรียบเทียบกับการสอนตาม
ปกตินั้นกระทำกันอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่วนการวิจัย
เปรียบเทียบคุณลักษณะพื้นฐานของโปรแกรมทั้งสองแบบ ยังไม่พบว่ามีการศึกษาวิจัยใน
ประเทศไทย ส่วนในต่างประเทศมีการวิจัยกันพอสมควรดังนี้

๔. ปีน โชนัค (Schramm , 1964 : 23) ได้ทำการทดลอง
เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ในเรื่องเส้นขนานและเส้นตั้งฉาก ในวิชา Plane
Geometry กับนักเรียนระดับ High School โดยใช้บทเรียนโปรแกรม
แบบสาขาและแบบเส้นตรง โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เรียน
จากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา กลุ่มที่ 2 เรียนจากโปรแกรมแบบเส้นตรง กลุ่ม
ที่ 3, 4 เรียนจากโปรแกรม ทั้งสองแบบอย่างละครึ่ง กลุ่มที่ 5 เรียนจากการสอน
ตามปกติ ของครู ผลปรากฏว่า ทั้ง 5 กลุ่ม เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ กลุ่มที่
มีความสามารถสูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการจำมากกว่า
กลุ่มที่มีความสามารถต่ำ บทเรียนโปรแกรมแบบสาขาใช้เวลาในการเรียนน้อยกว่า
การเรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง และนักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อโปรแกรม
แบบเส้นตรงมากกว่า

การวิจัยของ ปิน โคเอนด์ ได้ผลคล้ายกับการวิจัยของ เวนท์และคณะ (Wendt and others, 1968 : 106) ซึ่งใช้การสอนแบบโปรแกรมแบบเส้นตรงและแบบสาขา ในวิชาการไซของสมุค ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ก่อนข้างฉลาดสามารถเรียนจากโปรแกรมแบบสาขาได้ผลดีกว่า และใช้เวลาน้อยกว่า แต่โดยส่วนรวมแล้วได้ผลไม่แตกต่างกัน

๔. แต่การทดลองของ โร อาร์โนลด์ (Schramm, 1964 : 89) ซึ่งเปรียบเทียบการสอนความถี่ของเรื่อง Probability โดยใช้โปรแกรมแบบสาขา และแบบเส้นตรง กลุ่มตัวอย่าง เป็นนิสิตวิศวะ จำนวน 189 คน ปรากฏจากการเรียนโดยโปรแกรมทั้ง 2 แบบ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

อีกการทดลองหนึ่ง ในอนุกรมการทดลองของ แกมพ์เบล (1962) (เบรื่อง กุมพ , 2519 : 62) หนึ่งใน 5 ของการวิจัย พบว่า นักเรียนที่อ่อนเนื้อ เปรอร์เรนไพล์ที่ 50 ของแบบทดสอบ คีฟเฟอเรนเชียล แอปติจูด เทสต์ โปรแกรมเรื่องทฤษฎีเซต ซึ่งเป็นแบบให้นักเรียนสนองตอบถูกขามก่อนไปทางหน้าไค (by pass Programmed) ในทางการเรียนรู้อีกว่าโปรแกรมแบบ ลีเนียร์ (แบบเส้นตรง) อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถต่ำ เรียนจากโปรแกรมทั้งสองได้ผลพอกัน (แบบ by pass กับแบบ linear)

จากผลการวิจัยที่รวบรวมมานี้ จะเห็นได้ว่า โปรแกรมแบบเส้นตรง และแบบสาขามีแนวโน้มที่จะให้ผลต่างกันในการเรียนรู้ แต่ยังไมอาจสรุปได้แน่ชัดลงไป ทั้งนี้อาจจะ มีความสัมพันธ์ทางด้านอื่นอีก โกลด์สไตน์ (Orfiesh, 1964 : 221) ได้กล่าวไว้ในรายงานการสรุปผลงานการวิจัย เกี่ยวกับตัวแปรของโปรแกรมไว้ว่า เขายังมีความสงสัยในการทดลอง เปรียบเทียบ โปรแกรมตามแบบของสกินเนอร์ (Skinnerian Programming) และตามแบบของกราวเดอร์ (Crowderian Programming) นั้น ผลที่ออกมาในแบบใดแบบหนึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับเนื้อหาวิชาที่ใช้สอน วิธีการเสนอหรือการไร้มบทเรียน และคุณสมบัติของผู้เรียน

แกมพ์เบล (Schramm , 1964 ; 28) ยังได้ให้ข้อสังเกตว่า
โปรแกรมแบบสาขา หรือแบบ by passing ให้ประโยชน์มากที่สุด ถ้าตัวข้อที่
ใช้สอนมีโครงสร้างเป็นแบบลำดับชั้น (Hierarchical Structure)
และ สโคลโลโร (1967) (เป็รื่อง กุมท , 2519 : 62) ได้สรุปผลการวิจัยของ
แกมพ์เบล และให้เสนอแนะว่า ระดับของชั้นเรียน น่าจะมีความสัมพันธ์กับโครงสร้าง
ลำดับชั้น เพราะว่ายิ่งเด็กอายุมาก ความรู้เรื่องราวต่าง ๆ ที่เขามีมาก่อนย่อมมี
มากกว่เด็กย่อมเรียนไ้ง่ายกว่า จึงสามารถกระโดดข้ามชั้นของโปรแกรมบางส่วน
ไปได้

ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าควรได้มีการทดลองวิจัย หากความสัมพันธ์ของตัว
แปรต่าง ๆ ดังที่ได้อธิบายมาแล้ว เพื่อหาข้อเท็จจริงในสถานการณ์และสภาพแวดล้อม
ในประเทศไทย และจะได้เป็นแนวทางในการสร้างและใช้บทเรียนโปรแกรมให้มี
ประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

สมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงและแบบ
สาขาจะมีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ
2. นักเรียนที่มีความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา
จะมีผลการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถปานกลางและต่ำ ที่เรียนจาก
โปรแกรมชนิดเดียวกันและทุกความสามารถที่เรียนจากโปรแกรมแบบเส้นตรง
3. นักเรียนที่มีความสามารถต่ำ และปานกลาง ที่เรียนจากบทเรียน
โปรแกรมทั้งสองแบบจะมีผลการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดลอง
3. การดำเนินการทดลอง
4. การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่
โปรแกรม 1 โรงเรียนอุดมวิทยา จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2521 จำนวน 90 คน
โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Random sampling) จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 161 คน
แล้วนำกลุ่มตัวอย่างมาแบ่งระดับความสามารถเป็น 3 ระดับคือ ระดับความสามารถ สูง
กลาง และ ต่ำ โดยใช้คะแนนสอบกลางภาคเรียนที่หนึ่ง ปีการศึกษา 2521 ในหมวดวิชา
วิทยาศาสตร์ โดยถือเกณฑ์ดังนี้

ระดับความสามารถสูง คือนักเรียนที่ได้คะแนนตั้งแต่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 ขึ้นไป

ระดับความสามารถปานกลาง คือนักเรียนที่ได้คะแนนตั้งแต่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 26

ถึง 74

ระดับความสามารถต่ำ คือนักเรียนที่ได้คะแนนตั้งแต่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 ลงมา

เมื่อแบ่งระดับความสามารถออกเป็นสามระดับแล้ว ใช้วิธี อีควาท (Equate)
กลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีนักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันสามระดับ
และจะให้กลุ่มใดเป็นกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มทดลองนั้นใช้วิธีจับสลากอีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงไว้
ในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบ่งตามระดับความสามารถ สูง กลาง และ ต่ำ

ระดับ ความสามารถ \ กลุ่ม	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มควบคุม	รวม
สูง	9	9	9	27
กลาง	12	12	12	36
ต่ำ	9	9	9	27
รวม	30	30	30	90

จากตาราง 1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถสูงมีจำนวน 27 คน ระดับความสามารถปานกลางมีจำนวน 36 คน และระดับความสามารถต่ำมีจำนวน 27 คน ในแต่ละระดับของทั้งสามกลุ่ม มีจำนวนเท่า ๆ กัน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งมีแบบแผนการทดลองเป็นแบบ
 Pretest Posttest Control Group Design ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2 แสดงแบบแผนการทดลอง แบบ Pretest Posttest control
 group design

Random assigned	Pretest	Treatment	Posttest
R E ₁	O ₁	X ₁	O ₂
R E ₂	O ₁	X ₂	O ₂
R C	O ₁	$\sim X$	O ₂

R E₁ = กลุ่มทดลองที่ 1

R E₂ = กลุ่มทดลองที่ 2

R C = กลุ่มควบคุม

O₁ = การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

O₂ = การทดสอบหลังการเรียน (Posttest)

X₁ = การเรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา

X₂ = การเรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง

$\sim X$ = การเรียนจากการสอนตามปกติ

2. การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

ก. บทเรียนโปรแกรม ซึ่งแบ่งออกเป็นสองแบบ ได้แก่

1. บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง ซึ่งมีทั้งหมด 6 ตอน และจำนวนกรอบ (Frame) ทั้งหมด 311 กรอบ
2. บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา มีทั้งหมด 6 ตอน และมีจำนวนกรอบทั้งหมด 211 กรอบ

เนื้อหาของบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ เป็นเนื้อหาเดียวกันทุกตอน ในเรื่องต่อไปนี้

- ตอนที่ 1 เรื่อง อนุภาคพื้นฐานและไฟฟ้าสถิต
- ตอนที่ 2 เรื่อง ไฟฟ้ากระแส คำนวณและฉนวน
- ตอนที่ 3 เรื่อง การทำให้เกิดไฟฟ้ากระแส
- ตอนที่ 4 เรื่อง ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ
- ตอนที่ 5 เรื่อง ความต้านทาน และการวัดปริมาณทางไฟฟ้า
- ตอนที่ 6 เรื่อง ตัวต้านทาน

ข. แบบทดสอบ เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

ก. บทเรียนโปรแกรม ในการสร้างบทเรียนแต่ละตอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาที่ใช้ ในการเขียนบทเรียนโปรแกรมอย่างละเอียด

- เลือกความคิดรวบยอด (Concept) ใหญ่และย่อยสำหรับเนื้อหาแต่ละตอน
- 2.พิจารณากำหนดจุดมุ่งหมายทั่วไป
- 3.กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ของแต่ละความคิดรวบยอด
- 4.จัดทำแบบทดสอบ (Test Item) ให้ครอบคลุมเนื้อหาและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
- 5.ร่างและเขียนกรอบปัญหา เป็นบทเรียนไปตามลำดับโดยให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
- 6.ตรวจแก้ไขในด้าน ภาษา เนื้อหา การเรียงลำดับกรอบ (Frame) ให้ถูกต้องและเหมาะสม
- 7.นำบทเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นทั้งสองแบบ ไปทำการทดลองเป็นรายบุคคล (Individual try out) โดยได้ทำการทดลองกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ จำนวนสองคน โดยทำการทดลองบทเรียนคนละชนิด เพื่อหาข้อบกพร่องแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข
- 8.นำบทเรียนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขครั้งที่หนึ่งแล้ว ไปทำการทดลองเป็นรายกลุ่ม (Group try out) จำนวนกลุ่มละ 6 คน โดยสุ่มจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ โรงเรียนเดียวกันที่จะใช้ทำการทดลอง แต่ไม่ใช่กลุ่มเดียวกัน แล้วนำผลการทดลองมาปรับปรุงแก้ไข
- 9.นำบทเรียนที่ได้แก้ไขครั้งที่สองแล้วไปทำการทดลองภาคสนาม หรือทดลองกับกลุ่มใหญ่ (Field try out) โดยได้ทดลองกับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ โรงเรียนสตรีราชินูทิศ จังหวัดอุดรธานี จำนวนสองกลุ่ม ๆ ละ 41 คน แต่ละกลุ่มเรียนจากบทเรียนโปรแกรมกลุ่มละแบบ คือแบบเส้นตรง และแบบสาขา
- 10.นำผลจากการทดลองกลุ่มใหญ่มาวิเคราะห์ และได้แก้ไขอีกบางกรอบ แล้วจึงได้นำไปทำการทดลองจริง บทเรียนที่ได้วิเคราะห์แล้วผู้วิจัยถือตามเกณฑ์ 90/90 Standard ดังนี้คือ นักเรียนทั้งกลุ่มตอบได้ถูกต้องเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของ

ของจำนวนกรอบทั้งหมด และในการทำแบบทดสอบภายหลังการเรียน (Posttest)
นักเรียนทั้งกลุ่มได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 90 เปอร์เซนต์เช่นเดียวกัน

ข. แบบทดสอบ

1. ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก แต่ละข้อ
มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ข้อสอบแบ่งออกเป็น 2 ฉบับ

ก. ฉบับที่ 1 ครอบคลุมเนื้อหาตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 3

ข. ฉบับที่ 2 ครอบคลุมเนื้อหาตอนที่ 4 ถึงตอนที่ 6

2. การตรวจให้คะแนน ใช้วิธี 0-1 (Zero-One Method) โดย
ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบเกินหนึ่งข้อ ให้ 0 คะแนน

3. คุณภาพของแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบจาก
หนังสือเทคนิคการวัดผล (ชวาล แพรัตกุล, 2516:110-283) และจากหนังสือการวัดผล
และการประเมินผลการศึกษา (อนันต์ ศรีโสภา, 2521:78-165) เมื่อสร้างแบบ
ทดสอบเสร็จแล้ว ได้นำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ห้า โรงเรียนวัดราชโอรส
กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่หนึ่ง ปีการศึกษา 2521 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่ใช้ในการทดลองบทเรียน
โปรแกรม แล้วได้นำผลการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิค 27 % กลุ่มบนและ
กลุ่มล่าง (ชวาล แพรัตกุล, 2516:110-283) แล้วเปิดตารางสำเร็จรูปของ จุง เทห์
พาน (Fan, 1952: 3 - 32) เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจการจำแนก (r)
และค่าความยากมาตรฐาน (Δ) แล้วคัดเลือกเอาเฉพาะข้อที่มีความยากง่ายระหว่าง
.20-.80 และค่าอำนาจการจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ดังแสดงไว้ในตารางภาคผนวก

หลังจากนั้นก็ได้นำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร K-R 20
ของคูเคอร์ ริชาร์ดสัน (อนันต์ ศรีโสภา, 2521: 53-55) ค่าสถิติพื้นฐานของ
แบบทดสอบ แสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

ข้อสอบฉบับที่	จำนวนข้อ	$\bar{x}$	s	s^2	r_{tt}	SE_{meas}
1	30	19.56	5.00	25.08	0.784	2.360
2	30	16.40	5.45	29.69	0.813	2.356

3. การดำเนินการทดลอง

การทดลองวิจัยครั้งนี้ได้กระทำในวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ.2521 ถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ.2521 โดยได้ทำการทดลองวันละ 4 คาบ โดยให้เวลาพักระหว่างคาบครั้งละประมาณ 10 นาที วิธีดำเนินการทดลองได้ทำตามลำดับดังนี้

ก. ให้นักเรียนทุกกลุ่มทำการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เวลา 1 คาบ (Pretest)

ข. ให้กลุ่มทดลองทั้งสองเรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ คือ กลุ่มทดลองที่หนึ่งเรียนบทเรียนแบบสาขา กลุ่มทดลองที่สอง เรียนแบบเส้นตรง สำหรับกลุ่มควบคุมนั้นเรียนจากการสอนตามปกติ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง

ค. หลังจากการเรียนแต่ละวันสิ้นสุดลง ได้ทำการทดสอบทันที (Posttest)

ง. รวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการจัดกระทำข้อมูล ได้ใช้ค่าสถิติต่าง ๆ ดังนี้

ก. ค่าสถิติพื้นฐาน

ข. ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ คำนวณจากสูตรของคูคเกอร์ ริชาร์ดสัน

K-R 20 (อนันต์ ศรีโสภณ, 2521: 53-55)

$$\text{สูตร} \quad r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{\sigma_x^2} \right]$$

r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n = จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p = สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก

q = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด ($q = 1 - p$)

$\sum pq$ = ความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อ

σ_x^2 = ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

ค. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (Standard Error of Measurement)

คำนวณจากสูตร

$$SE_{meas} = S_x \sqrt{1 - r_{tt}}$$

SE_{meas} = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด

S_x = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการทดสอบ

r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ง. การวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
(Analysis of covariance) (อนันต์ ศรีโสภณ, 2521: 294-320)

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบมีองค์ประกอบเดียว (Single factor experiment)

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบมีสององค์ประกอบ
(Factorial experiment)

การทดสอบความแตกต่างระหว่าง two adjusted treatment

means

$$F = \frac{(\bar{T}'_j - \bar{T}'_m)^2}{MS'_e \left[\frac{2}{n} + \frac{(\bar{X}'_j - \bar{X}'_m)^2}{E_{xx}} \right]}$$

(อนันต์ ศรีโสภณ, 2521: 301)

จ.วิเคราะห์เปรียบเทียบรายเฉลี่ยของคะแนนแต่ละคู่โดยวิธี q - Statistic
(Winer , 1962 : 309)

สูตร

$$q = \frac{\bar{X}_{\text{largest}} - \bar{X}_{\text{smallest}}}{\sqrt{MS_{\text{error}} / n}}$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเสนอ และวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนจากบทเรียน โปรแกรมแบบสาขา แบบเส้นตรง และจากการสอนตามปกติ
 2. เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนจากบทเรียน โปรแกรมแบบสาขา และแบบเส้นตรง โดยแบ่งตามระดับความสามารถ สูง กลาง และต่ำ
- หลังจากการทดลองแล้วผู้วิจัยได้รวบรวมค่าสถิติพื้นฐานต่าง ๆ มาวิเคราะห์ดัง ตารางต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

ค่า สถิติ	กลุ่ม	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มควบคุม	รวม
$\bar{x}$		20.53	18.60	19.63	58.76
$\sum x$		616	558	589	1763
$\sum x^2$		13602	10936	12625	37163
S		5.73	4.38	6.05	16.16
s^2		32.88	19.21	36.58	88.67
N		30	30	30	90

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่าคะแนนการทดสอบก่อนเรียนของแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน โดยกลุ่มทดลองที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม และกลุ่มควบคุม สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 2

ตาราง 5 แสดงค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนทดสอบหลังการเรียนรู้ (Posttest)

ค่า สถิติ \ กลุ่ม	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มควบคุม	รวม
$\bar{X}$	39.00	36.23	33.83	109.06
$\sum x$	1170	1087	1015	3275
$\sum x^2$	47432	41325	36529	125286
S	7.88	8.18	8.63	24.74
S^2	62.13	60.87	75.45	198.45
N	30	30	30	90

จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าคะแนนรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 2 สูงกว่ากลุ่มควบคุมตามลำดับ เพื่อให้ทราบว่าทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ผู้วิจัยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม แสดงดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของคะแนนผลการทดลอง โดยมีคะแนนก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

Source	SS	df	MS	F
Total	$S_{yy} = 4515.2056$	88		
Error	$E_{yy} = 4199.9865$	86	48.8370	3.227**
Treatment	$T_{yyR} = 315.2190$	2	157.6095	

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 6 แสดงให้เห็นว่า คะแนนของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ($F = 3.227 >$

$$F_{.95}(2, 86) = 3.11$$

เนื่องจากผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งสามกลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ความแตกต่างรายเฉลี่ยระหว่างคู่ต่อไป ดังตาราง 7 - 9

ตาราง 7 แสดงการทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยระหว่าง กลุ่มทดลองที่ 1
กับกลุ่มทดลองที่ 2

กลุ่ม	$\bar{X}$	$\bar{Y}'$	MS'_e	E_{xx}	F
กลุ่มทดลองที่ 1	20.530	38.221	48.837	2571.632	0.424
กลุ่มทดลองที่ 2	18.60	37.033			

จากตาราง 7 แสดงว่ากลุ่มทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบ
สาขา และกลุ่มทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมแบบเส้นตรง มีผลการเรียนรู้แตกต่าง
กันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 8 แสดงการทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่ม
ควบคุม

กลุ่ม	$\bar{X}$	$\bar{Y}'$	MS'_e	E_{xx}	F
กลุ่มทดลองที่ 1	20.53	38.221	48.837	2571.632	6.003 **
กลุ่มควบคุม	19.63	33.789			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา มีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ($F = 6.003 > F_{.95}(1,86) = 3.96$)

ตาราง 9 แสดงการทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	$\bar{X}$	$\bar{Y}'$	MS'_e	E_{xx}	F
กลุ่มทดลองที่ 2	18.60	37.0336	48.837	2571.632	3.213
กลุ่มควบคุม	19.63	33.789			

จากตาราง 9 แสดงว่ากลุ่มทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง มีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 3.213 < F_{.95}(1,86) = 3.96$)

การวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 และข้อที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของกลุ่มที่มีระดับความสามารถต่าง ๆ กัน คือ สูง กลาง และต่ำ ที่เรียนจากโปรแกรมแต่ละแบบ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบมีสององค์ประกอบ (Factorial experiment)

เนื่องจากกลุ่มทดลองในระดับความสามารถปานกลาง มีมากกว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถสูง และระดับความสามารถต่ำ อยู่จำนวนสามคน เพื่อความสะดวกต่อการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างในระดับความสามารถปานกลางออกกลุ่มละสามคน เพื่อให้ในแต่ละ cell มีจำนวนเท่า ๆ กัน

ตาราง 10 แสดงค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ในระดับความสามารถต่าง ๆ กัน

ระดับ ความสามารถ	กลุ่มทดลองที่ 1					กลุ่มทดลองที่ 2				
	$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum y$	$\sum y^2$	$\sum xy$	$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum y$	$\sum y^2$	$\sum xy$
สูง	203	4871	435	21127	9882	200	4468	377	16101	8422
กลาง	198	4766	327	12239	7336	166	3226	317	11795	5967
ต่ำ	159	2927	301	10205	5364	150	2616	286	9212	4780

จากตาราง 10 แสดงให้เห็นค่าคะแนนผลรวมของคะแนนตัวแปรรวม ตัวแปรเกณฑ์ ผลคูณของตัวแปรรวมกับตัวแปรเกณฑ์ และกำลังสองของคะแนนตัวแปรรวมกับตัวแปรเกณฑ์ ของแต่ละ cell ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน

ตาราง 11 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในแต่ละ Cell

Source	SS	df	MS	F
ระดับความสามารถ A	$A_{yy} = 949.9429$	2	474.9714	14.9739**
ลักษณะของบทเรียน B	$B_{yy} = 77.9822$	1	77.9822	2.4584
Interaction AB	$AB_{yy} = 105.0784$	2	52.5390	1.6563
Error	$E_{yy} = 1490.8389$	47	31.7199	-
Total	2623.8424	52	-	-

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 11 แสดงว่าระดับความสามารถของนักเรียน ส่งผลต่อการเรียนรู้จากการเรียนโดยบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

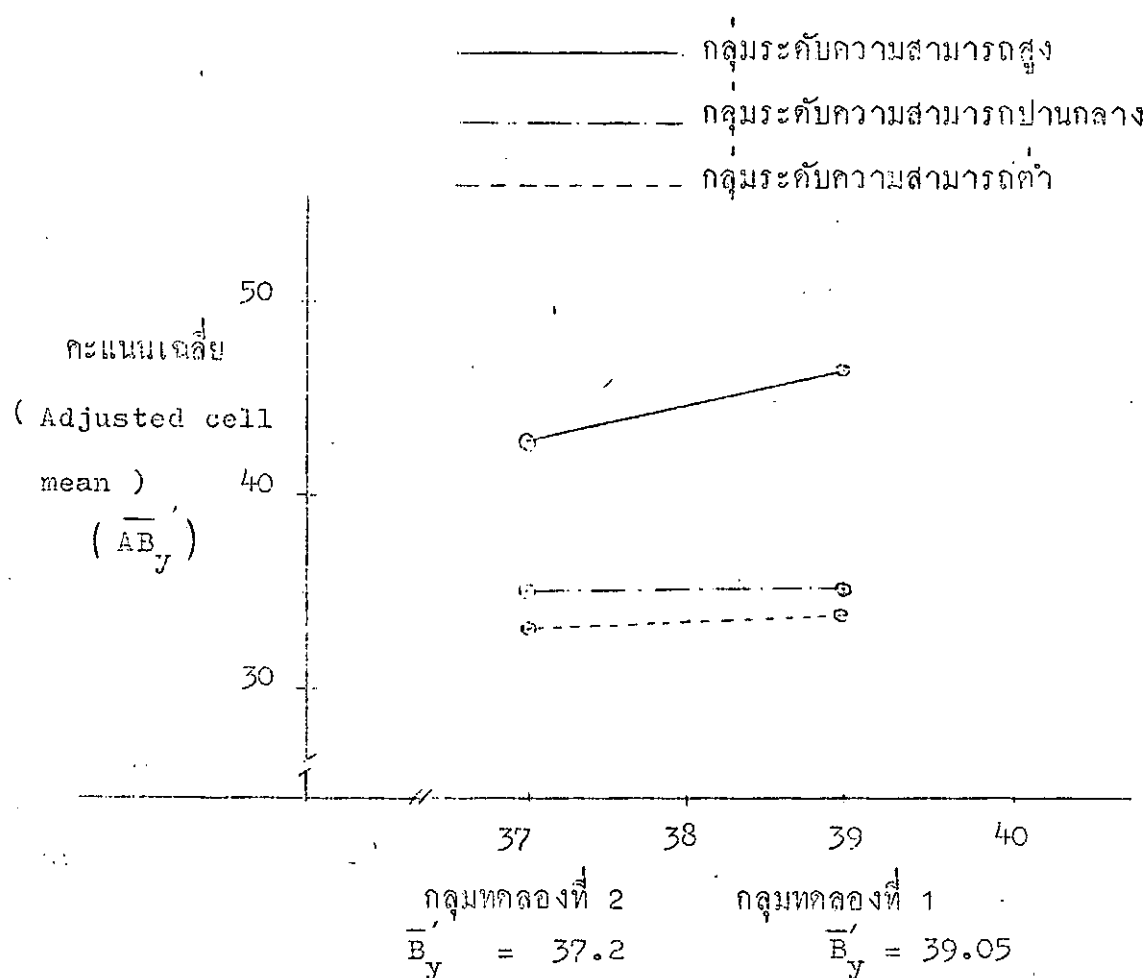
$$(F_A = 14.9739 > F_{.99}(2, 47) = 5.18)$$

ส่วนคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ $F_B = 2.4584 < F_{.95}(1, 47) = 4.08$

ลักษณะของบทเรียนโปรแกรมกับระดับความสามารถของนักเรียน ไม่มีปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) คือกั้น $(F_{AB} = 1.6563 < F_{.95}(2, 47) = 4.08)$

เมื่อนำค่าคะแนนเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted cell mean) ของกลุ่มที่มีระดับความสามารถต่างกันทุก ๆ Cell มาเขียนเป็นแผนภูมิ แสดงผลการเรียนรู้จะได้ดังนี้

แผนภูมิ แสดงผลของคะแนนเฉลี่ย ของกลุ่มที่มีระดับความสามารถต่างกัน ที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง และแบบสาขา



จากแผนภูมิ แสดงให้เห็นว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่มีระดับความสามารถสูง สูงกว่ากลุ่มปานกลางและต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มระดับความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา ได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าทุก ๆ กลุ่ม ส่วนกลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำ ได้คะแนนเฉลี่ย ใกล้เคียงกัน

เนื่องจากระดับความสามารถ ส่งผลต่อการเรียนรู้จากการเรียนโดยบทเรียน
โปรแกรมทั้งสองแบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผู้วิจัยจึงใช้วิธี
q - Statistic เพื่อทดสอบความแตกต่างรายเฉลี่ยระหว่างคู่ดังกล่าวต่อไปนี้

ตาราง 12 แสดงผลการเปรียบเทียบรายเฉลี่ยระหว่างคู่ของกลุ่มที่มีระดับความ
สามารถ สูง กลาง และต่ำ ที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา
และแบบเส้นตรง

กลุ่ม		¹ BR	¹ L	² L	² BR	³ BR	³ L
	$\bar{X}$	47.312	42.780	35.797	35.528	34.321	33.043
¹ BR	47.312	-	4.532	11.513	11.784	12.991	14.269
¹ L	42.780		-	6.983	7.252	8.459	9.737
² L	35.797			-	0.269	1.476	2.754
² BR	35.528				-	1.207	2.485
³ BR	34.321					-	1.278
³ L	33.043						-
r		r = 1	r = 2	r = 3	r = 4	r = 5	r = 6
q.05 (r, 47)			2.86	3.44	3.79	4.04	4.23
$q.05(r, 47) \cdot \sqrt{\frac{MS_{error}}{n}}$			5.36	6.46	7.11	7.58	7.94

จากตาราง 12 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ มีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และกลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา มีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

ส่วนกลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำที่เรียนจากโปรแกรมทั้งสองแบบ มีผลการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

บทที่ 5

บทย่อ สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากการเรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง แบบสาขา และจากการสอนตามปกติ
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากการเรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงและแบบสาขา ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การทดลองวิจัยครั้งนี้ ได้ทดลองกับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ โปรแกรมหนึ่ง โรงเรียนอุดมวิทยา จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่หนึ่ง ปีการศึกษา 2521
2. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการทดลองได้แก่วิชา ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น
4. ตัวแปรในการทดลองวิจัยครั้งนี้ได้แก่
 - ก. ตัวแปรอิสระ ได้แก่
 1. การเรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา
 2. การเรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง
 3. การเรียนจากการสอนตามปกติ
 4. ความแตกต่างระหว่างระดับความสามารถ สูง กลาง ต่ำ
 - ข. ตัวแปรตาม ได้แก่
ผลการเรียนรู้จากการเรียนโดยวิธีต่าง ๆ ทั้งสามวิธี

วิธีดำเนินการ

- ก. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้จากการสุ่มอย่างง่าย

(Simple random sampling) จำนวนทั้งหมด 3 กลุ่ม ๆ ละ 30 คน โดยสุ่มจากนักเรียนทั้งหมด 161 คน การแบ่งระดับความสามารถ ใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการทดสอบกลางภาคเรียนที่หนึ่ง ในหมวดวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหมด โดยถือเกณฑ์ดังนี้

ระดับความสามารถสูงคือคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 ขึ้นไป

ระดับความสามารถปานกลางคือคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 26 ถึง 74

ระดับความสามารถต่ำ คือ คะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 ลงมา

ข. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ตอน จำนวนกรอบทั้งหมด 211 กรอบ

ข. บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง ซึ่งเป็นบทเรียนที่มีเนื้อหาเดียวกันกับแบบสาขา แบ่งออกเป็น 6 ตอน และจำนวนกรอบ 311 กรอบ

ค. แบบทดสอบ เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก แบ่งออกเป็นสองฉบับ ๆ ละ 30 ข้อ

สรุปผลการค้นคว้าวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง และจากการสอนตามปกติ โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ปรากฏว่า ทั้งสามกลุ่ม มีผลการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างคู่ ผลปรากฏว่า กลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา มีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติหรือกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงกับกลุ่มควบคุมนั้น กลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงมีผลการเรียนรู้สูงกว่า อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกัน คือ ความสามารถสูง กลาง และต่ำ ผลปรากฏว่า กลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขาและแบบเส้นตรงมีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำ ทุก ๆ กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา มีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่มีความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถปานกลางและต่ำที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ ในระดับเดียวกันมีผลการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน และกลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางมีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถต่ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

1. จุดมุ่งหมายประการแรกของการทดลองวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากการเรียนโดยการใ้บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง แบบสาขาและจากการสอนตามปกติ ซึ่งตามสมมติฐานข้อที่หนึ่งของการวิจัยได้ตั้งไว้ว่า ผลการเรียนรู้จากการเรียนโดยบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ จะสูงกว่าการเรียนรู้จากการสอนตามปกติ จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่าผลการเรียนรู้ของกลุ่มที่เรียนโดยบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา สูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัยครั้งนี้

ส่วนกลุ่มที่เรียนโดยบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงมีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษา วิเคราะห์ถึงสาเหตุของการทดลองที่ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ซึ่งจากเอกสารอ้างอิงที่ได้ศึกษาค้นคว้าประกอบการวิจัยครั้งนี้ ส่วนมากจะสนับสนุนและสอดคล้องกับสมมติฐาน ผู้วิจัยจึงพอจะสรุปถึงสาเหตุได้ดังนี้

ประการแรก อาจจะเป็นเพราะความใหม่ หรือไม่คุ้นเคยต่อการเรียนแบบโปรแกรม มาก่อน วิธีการเรียนของนักเรียนอาจจะไม่เป็นไปตามลักษณะการเรียนแบบโปรแกรมโดย สมบูรณ์ เช่น การอ่านคำตอบก่อนโดยที่ไม่ได้คิดก่อน เป็นต้น ซึ่งไม่เหมือนกับบทเรียนโปรแกรม แบบสาขา ซึ่งผู้เรียนไม่มีโอกาสที่จะเห็นคำตอบก่อน นักเรียนจะต้องคิดและเลือกคำตอบก่อน จึงทำให้การเรียนจากโปรแกรมแบบสาขาได้ผลดีกว่า

ประการที่สอง ระยะเวลาในการทดลอง ผู้วิจัยไม่อาจจะกำหนด หรือเลือกเองตาม ความเหมาะสมได้ จะต้องอาศัยความร่วมมือกับทางโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลอง และกำหนด ระยะเวลาในการทดลองเท่าที่กระทำได้ดีที่สุดนั้น จะต้องทดลองภายในเวลา 2 วัน จึงได้กำหนด เวลาทดลองวันละ 4 คาบติดต่อกัน โดยมีเวลาพักบ้าง ในระหว่างคาบ การเรียนติดต่อกัน เป็นเวลานานเช่นนี้ อาจจะทำให้เกิดความเหนื่อยล้า ได้ อาจจะทำให้แรงจูงใจของ นักเรียนลดลงก็ได้

ประการที่สาม กลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกตินั้น ผู้วิจัยได้ทำการ สอนเอง ซึ่งผู้วิจัย ได้เตรียมตัวตั้งแต่เริ่มศึกษาเนื้อหา และการสร้างบทเรียนโปรแกรมทุก ชั้นตอน ผู้วิจัยจึงมีความเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนโปรแกรมตลอดจนการลำดับเนื้อหา เป็น อย่างดี จึงเหมือนกับผู้วิจัยได้เตรียมการสอนเป็นอย่างดี และเป็นไปได้ที่การสอนอาจจะ สอดคล้องกับลักษณะของบทเรียนโปรแกรม จึงทำให้คะแนนผลการเรียนรู้ของกลุ่มควบคุม สูง กว่าปกติ ใกล้เคียงกับกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม

แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมก็ยังมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุม หรือกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ

2. จุดมุ่งหมายของการวิจัยประการที่สอง เพื่อที่จะศึกษาถึงผลการเรียนรู้ของนักเรียน ที่มีระดับความสามารถต่างกัน คือ สูง กลาง และต่ำ ที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งสอง แบบ ซึ่งสมมติฐานของการวิจัยตั้งไว้ว่า กลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียน โปรแกรมแบบสาขา จะมีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำ ที่เรียนจากโปรแกรมชนิดเดียวกัน และทุกความสามารถที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบ เส้นตรง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ผลการเรียนรู้ของกลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา มีผลการเรียนรู้สูงกว่าทุก ๆ กลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำ ที่เรียนจากโปรแกรมทั้งสองแบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูงกว่ากลุ่มที่มีความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงอย่างไม่มีนัยสำคัญ เฉพาะกลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงนี้ จึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัยครั้งนี้ แต่ผลการทดลองครั้งนี้ไปสอดคล้องกับการทดลองของ บีน โคไนต์ (Schramm, 1964:23) เวนด์ และคณะ (Wendt and others , 1968:106) ซึ่งพบว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงหรือค่อนข้างฉลาด จะเรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขาได้ดี แต่เมื่อพิจารณาโดยส่วนรวมแล้ว แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ปรากฏว่า เมื่อพิจารณาโดยส่วนรวมทุกระดับความสามารถแล้วแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในระดับความสามารถสูงแล้วกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมแบบสาขาได้คะแนนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมแบบเส้นตรง

ส่วนกลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำที่เรียนจากโปรแกรมทั้งสองแบบ มีผลการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัยข้อที่สาม

นอกจากนี้การวิจัยยังพบว่า กลุ่มที่มีความสามารถต่ำที่เรียนจากโปรแกรมทั้งสองแบบมีผลการเรียนรู้ต่างกับกลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิตินั้นคือ กลุ่มที่มีระดับความสามารถต่ำสามารถเรียนได้ดีพอ ๆ กับกลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลาง

โดยสรุปแล้ว การวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า

1. ผลการเรียนรู้จากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงและแบบสาขา โดยส่วนรวมแล้วแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนของกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมแบบสาขา สูงกว่า โปรแกรมแบบเส้นตรง
2. ผลการเรียนรู้ของกลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงที่เรียนจากโปรแกรมแบบสาขา สูงกว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงที่เรียนจากโปรแกรมแบบเส้นตรง

อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. กลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงมีผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. กลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ ในระดับเดียวกันมีผลการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. กลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมชนิดเดียวกัน มีผลการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมแบบสาขา และแบบเส้นตรง

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการใช้บทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ ให้ผลการเรียนรู้สูงกว่า การสอนตามปกติ จึงควรจะได้มีการนำบทเรียนโปรแกรมมาใช้ให้กว้างขวางขึ้น เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องการเพิ่มของจำนวนนักเรียน หรือใช้ประกอบการสอนของครูในบางโอกาสที่ครูไม่อาจทำการสอนนักเรียนเป็นรายบุคคลได้

2. จากการวิจัยครั้งนี้ปรากฏว่ากลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา ได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีระดับความสามารถสูง นอกจากนี้นักเรียนกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา มีความสนใจ และกระตือรือร้น มากกว่ากลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง ทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะลักษณะของกรอบสาขา ทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะติดตาม หาคำตอบของแต่ละกรอบของบทเรียน ก็ได้ และเวลาที่ใช้ในการเรียนบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา น้อยกว่า เวลาที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง ดังนั้นจึงควรจะได้มีการทดลองใช้บทเรียนโปรแกรมแบบสาขาให้กว้างขวางขึ้น

3. การเรียนจากบทเรียนโปรแกรม ควรจะมีเวลาอย่างพอเพียง ไม่ควรจำกัดเวลา และบทเรียนแต่ละตอนไม่ควรจะยาวเกินไป

4. จากการวิจัยพบว่ากลุ่มที่มีระดับความสามารถต่ำ สามารถเรียนได้คือพอ ๆ กับกลุ่มที่มีระดับความสามารถปานกลาง ดังนั้นจึงควรจะใช้บทเรียนโปรแกรมเพื่อประกอบการสอน หรือใช้สอนซ่อมเสริมในกลุ่มที่มีระดับความสามารถต่ำ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรจะได้ศึกษาวิจัยบทเรียนโปรแกรมแบบสาขาในแง่ของลักษณะ รูปแบบการเขียนกรอบสาขา แบบต่าง ๆ กัน
2. ควรจะได้ศึกษาทัศนคติของผู้เรียน ที่ได้เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบ เนื่องจากผลจากการสังเกตพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา รู้สึกสนุกสนานกับการเรียนมากกว่ากลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง
3. เนื่องจากระยะเวลาในการเรียน และขนาดความยาวของบทเรียนโปรแกรม มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน จึงควรจะได้มีการศึกษาถึงเรื่อง เวลา และขนาดความยาวของบทเรียนโปรแกรม ซึ่งจะส่งผลต่อการเรียนรู้ได้ดีที่สุด
4. ควรจะได้มีการศึกษาเปรียบเทียบ บทเรียนโปรแกรมทั้งสองแบบนี้ในวิชาอื่น ๆ ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น และศึกษาในค่านิยมสัมพันธ ระหว่างลักษณะของบทเรียนโปรแกรม กับระดับความสามารถของผู้เรียนด้วย เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่มีความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่มีความสามารถสูงที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง จึงควรจะได้ศึกษาวิจัยในวิชาอื่น ๆ อีกต่อไป.

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

คณะนิติศาสตร์เทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เทคโนโลยีทางการศึกษา เจริญวิทย์การพิมพ์ 2519, 190 หน้า

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคนอื่น ๆ "ระบบสื่อการสอน" เอกสารประกอบการสัมมนาเชิง
ปฏิบัติการระบบการสอนแผนจุฬาและระบบการสอนแบบศูนย์การเรียน เอกสาร
โรเนียว 2520 , 144 หน้า

ชวาล แพทย์กุล เทคนิคการวัดผล วัฒนาพานิช 2516 , 452 หน้า

นิพนธ์ สุขปรึคี นวัตกรรมการและเทคโนโลยีทางการศึกษา พิมพ์ 2519 , 175 หน้า

เปื้อง กุมุท เทคนิคการเขียนบทเรียนโปรแกรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร พิมพ์โรเนียว 2519 , 134 หน้า .

เปื้อง กุมุท การวิจัยสื่อและนวัตกรรมการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
พิมพ์โรเนียว 2519 , 141 หน้า

/เปื้อง กุมุท บทเรียนโปรแกรมกับเครื่องสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
พิมพ์โรเนียว 2519 , 82 หน้า.

ไพโรจน์ เภาใจ คู่มือการเขียนบทเรียนโปรแกรม ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2520 , 59 หน้า

วิจิตร ศรีสุอาน "เทคนิควิทยาทางการศึกษา" การพิจารณานวัตกรรมการและเทคโนโลยี
มาปรับปรุงคุณภาพการประถมศึกษาในโรงเรียนที่มีครูสอนไม่ครบชั้น ครูสภา
2516 , 150 หน้า

ศึกษาธิการ , กระทรวง กรมวิชาการ ประมวลบทความเกี่ยวกับนวัตกรรมการและเทคโนโลยี
ทางการศึกษา ครูสภา 2517 , 250 หน้า

ศึกษาธิการ , กระทรวง กรมวิชาการ การสำรวจปัญหาและเจตคติของครูในเอเชีย
ที่มีต่อการใช้นวัตกรรมการเรียนการสอนระดับประถมศึกษา จงเจริญการพิมพ์
2520 , 106 หน้า

- ศิริบูรณ์ ศรีสุวรรณ และคนอื่น ๆ "ทฤษฎีการเรียนรู้" เอกสารประกอบคำบรรยายวิชา
จิตวิทยาการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 2518 , 150 หน้า
- สง สุธกานนท์ และคนอื่น ๆ ไฟฟ้าเบื้องต้น เล่ม 1 นำอักษร 2520 , 166 หน้า.
- สวัสดิ์ ปุษปาคม นวัตกรรมการและเทคโนโลยีทางการศึกษา โอเคียนส์ไทร์ 2517 , 116
หน้า
- อนันต์ ศรีโสภาก การวัดผลและการประเมินผลทางการศึกษา ไทยวัฒนาพานิช 2520 ,
251 หน้า
- อนันต์ ศรีโสภาก สถิติเบื้องต้น ไทยวัฒนาพานิช 2521 , 396 หน้า
- Donald , Beane., A Comparison of Linear and Branching Technique of
Programmed Instruction in Plane Geometry, A.V. Communication
Review 15 : 190 , Summer, 1967.
- Fan, Chung-Teh., Item Analysis Table, Educational Testing Services,
Princeton , New Jersey, 1952, 32 pp.
- Fry, Edward B., Teaching Machine and Programmed Instruction, Mc-Graw
Hill Book Company, Inc., New York, 1963, 244 pp.
- Gullikson, Harold, Theory of Mental Test, John Wiley and Sons, Inc.,
New York, 1967, 486 pp. *
- Leedham, John and Unwin, Derich., Programmed Learning in The Schools,
Richard Clay (The Chaucer Press) Ltd., 1967, 140 pp.
- Leith , G.O.M., A Handbook of Programmed Learning, Robert Cunningham
and Sons Ltd., 1966, 152 pp.
- Markle , Susan Mayer., Good Frames and Bad, A Grammar of Frame
Writing Second Edition, John Willy & Sons Inc., 1969, 308 pp.

Mouly, George J., Psychology for Effective Teaching , 2nd. Ed.,
Holt, Rinehart and Winston , Inc., New York, 1968, 639 pp.

Ofiesh Gabriel D., Trends in Programmed Instruction, Department
of Audiovisual Instruction, National Education Association
of the United States, 1964, 289 pp.

Richardson, M.W. and Kuder, C.F., " The Calculation of Test
Reliability Coefficients Based Upon The Method of Rational
Equivalence " Journal of Educational Psychology , 30:361-687,
1939.

/ Schramm, Wilber., The Research on Programmed Instruction An
Annotation Bibliography, U.S. Government Printing,
Washington, 1966, 114 pp.

Stolurow, Lawrence M., Teaching by Machine , U.S. Government
Printing Office, Washington D.C., 1961 , 137 pp.

Smith , Wendell I. and Moore, J William., Programmed Learning
D. Van Nostrand, Company, Inc. Princeton, New Jersey , 1962,
239 pp.

Winer, B.J. Statistical Principles in Experimental Design ,
Mc.Graw-Hill Book Company , New York , 1962, 672 pp.

/ Wendt, Paul R. and Rust, Grosvener "Pictorial and Performance
Frames in Branching Programmed Instruction " Journal of
Educational Research, 55 (1962) p. 430-32.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การวางแสดงค่า p , r และ Δ ของแบบทดสอบ

ตาราง 14 แสดงค่า p , r และ Δ ของแบบทดสอบ ฉบับที่ 2 เรื่อง
ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ลำดับข้อ	p	r	Δ	ลำดับข้อ	p	r	Δ
1.	.24	.77	15.8	16.	.37	.87	14.3
2.	.70	.43	10.9	17.	.37	.87	14.3
3.	.24	.77	10.8	18.	.75	.32	10.3
4.	.58	.62	12.2	19.	.37	.27	14.3
5.	.75	.32	10.3	20.	.42	.63	13.8
6.	.63	.87	11.7	21.	.58	.62	12.2
7.	.58	.62	12.2	22.	.43	.38	13.7
8.	.42	.63	13.8	23.	.75	.32	10.3
9.	.43	.38	13.7	24.	.37	.87	14.3
10.	.56	.39	12.4	25.	.35	.54	14.5
11.	.70	.82	10.9	26.	.35	.54	14.5
12.	.63	.53	11.6	27.	.63	.87	11.7
13.	.75	.32	10.3	28.	.43	.38	13.7
14.	.56	.39	12.4	29.	.75	.32	10.3
15.	.70	.43	10.9	30	.70	.43	10.9

ตาราง 13 แสดงค่า p , r และ Δ ของแบบทดสอบแต่ละข้อ ในแบบทดสอบ
ฉบับที่ 1 เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ลำดับข้อ	p	r	Δ	ลำดับข้อ	p	r	Δ
1.	.24	.77	15.8	16.	.50	.73	13.0
2.	.74	.41	10.5	17.	.24	.77	15.8
3.	.64	.53	11.6	18.	.59	.46	12.0
4.	.75	.78	10.2	19.	.59	.46	12.0
5.	.63	.27	11.7	20.	.70	.82	10.9
6.	.49	.73	13.1	21.	.64	.53	11.6
7.	.59	.46	12.0	22.	.49	.73	13.1
8.	.75	.78	10.3	23.	.70	.82	10.9
9.	.59	.46	12.0	24.	.49	.25	13.1
10.	.70	.82	10.9	25.	.63	.27	11.7
11.	.49	.25	13.1	26.	.63	.27	11.7
12.	.63	.27	11.7	27.	.49	.73	13.1
13.	.54	.36	12.6	28.	.70	.82	10.9
14.	.63	.87	11.7	29.	.43	.38	13.7
15.	.43	.35	13.7	30.	.64	.53	11.6

ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบที่ใช้ในการทดลอง

แบบทดสอบฉบับที่ 1
เรื่อง ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ถ้าแบ่งแยกสสารให้มีชิ้นส่วนเล็กลง ๆ จะได้โมเลกุล ถ้าแบ่งแยกโมเลกุลต่อไป จะได้อนุภาคที่เรียกว่า " อะตอม " คำว่า อะตอม มีความหมายตรงกับข้อใด

- ก. อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุที่สามารถจะดำรงอยู่ตามลำพังได้
 - ข. อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุซึ่งเมื่อแบ่งแยกต่อไปแล้วก็ยังคงมีคุณสมบัติของธาตุนั้น ๆ อยู่
 - ค. อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุที่ยังคงแสดงคุณสมบัติของธาตุอยู่ ถ้าแบ่งแยกต่อไปแล้ว จะไม่มีคุณสมบัติของธาตุนั้น ๆ อยู่เลย
 - ง. อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุที่ไม่มีคุณสมบัติของธาตุ จะต้องรวมกันเป็นโมเลกุล
-

2. ธาตุใด ๆ ก็ตาม จะประกอบด้วยอนุภาคที่เหมือนกันทุกประการ คือ อนุภาคโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แต่เพราะเหตุใด ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ จึงแตกต่างกัน

- ก. ความหนาแน่นของวัตถุต่างกัน
 - ข. แต่ละโมเลกุลของธาตุ มีจำนวนอะตอมไม่เท่ากัน
 - ค. อะตอมของแต่ละธาตุประกอบด้วยอนุภาคโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน ไม่เท่ากัน
 - ง. สภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความกดดัน ทำให้โมเลกุลต่าง ๆ เกิดการรวมตัวต่าง ๆ กัน
-

3. โครงสร้างของอะตอมต่าง ๆ
อนุภาคใดบ้าง

ตรงแกนกลางของอะตอมประกอบไปด้วย

ก. โปรตอน

ข. นิวตรอน

ค. อิเล็กตรอนกับโปรตอน

ง. โปรตอนกับนิวตรอน

4. " นิวเคลียส " (Nucleus) ของอะตอมใด ๆ จะแสดงประจุไฟฟ้าอย่างไร

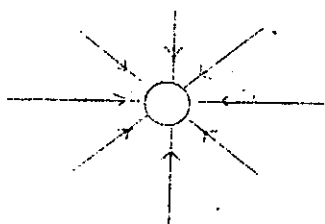
ก. เป็นกลางหรือไม่มีประจุ

ข. ขึ้นอยู่กับจำนวนของอิเล็กตรอน

ค. แสดงประจุ บวก เสมอ

ง. แสดงประจุ ลบ เสมอ

5. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า จะมีสนามไฟฟ้ารอบ ๆ ตัวของมัน เส้นแรงของสนามไฟฟ้าต่อไปนี้แสดงถึงเส้นแรงสนามไฟฟ้าของอะไร



ก. โปรตอน

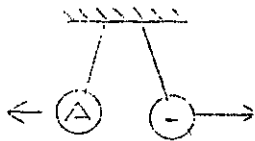
ข. นิวตรอน

ค. อิเล็กตรอน

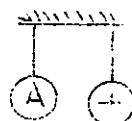
ง. นิวเคลียส

6. ในรูปต่อไปนี้ ข้อใดที่แสดงว่า (A) มีประจุเป็น บวก

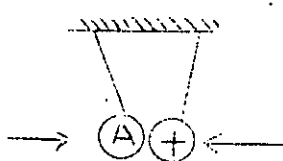
ก.



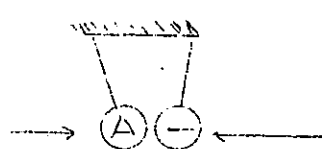
ข.



ค.

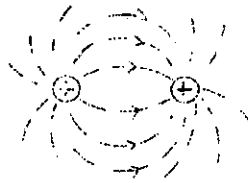


ง.



7. ในรูปต่อไปนี้ รูปใดที่แสดงคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกต้อง

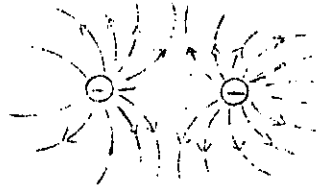
ก.



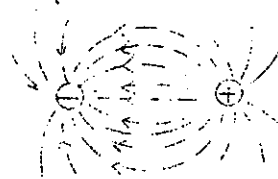
ข.



ค.



ง.



8. อะตอมของธาตุ ๆ หนึ่งแสดง "ไอออน" (Ion) เป็น ลบ แสดงว่าธาตุนั้นเป็นอย่างไร

ก. อะตอมเสียอิเล็กตรอนไป

ข. อะตอมมีอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอน

ค. อะตอมมีโปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอน

ง. อะตอมได้รับนิวตรอนมากกว่าอิเล็กตรอน

9. จากบัญชีรายชื่อของวัตถุที่เมื่อนำมาถูกันแล้วเกิดไฟฟ้าสถิต ผ่าชนสัตว์อยู่อันดับที่ 1 แท่งแก้วอยู่อันดับที่ 6 เมื่อถูกันแล้วจะเกิดผลอย่างไร

ก. แท่งแก้วจะได้รับอิเล็กตรอนจากผ่าชนสัตว์

ข. ผ่าชนสัตว์จะได้รับอิเล็กตรอนจากแท่งแก้ว

ค. ผ่าชนสัตว์และแท่งแก้วจะถ่ายเทอิเล็กตรอนให้แก่กันและกัน

ง. แท่งแก้วจะเกิดประจุบวก ผ่าชนสัตว์จะเป็นกลางหรือสะเทิน

10. การทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตโดยวิธีใดที่ทำไม่ถูกต้อง

- ก. นำวัตถุสองชนิดต่างกันมาถูกัน
- ข. ใช้มือสัมผัสกับวัตถุที่ต้องการให้มีประจุ
- ค. นำวัตถุที่มีประจุมาแตะกับวัตถุที่ต้องการให้เกิดประจุ
- ง. นำวัตถุที่มีประจุมาใกล้กับวัตถุที่ต้องการให้เกิดประจุแล้วใช้มือแตะวัตถุที่ต้องการให้เกิดประจุ

11. อีเล็กตรอนในอะตอมใด ๆ ไม่หลุดออกจากวงโคจรของมัน เพราะเหตุใด

- ก. เพราะมีแรงที่เกิดจากสนามไฟฟ้าของอีเล็กตรอน
- ข. เพราะมีแรงเหวี่ยงเข้าสู่ศูนย์กลาง
- ค. เพราะมีแรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของนิวตรอนและอีเล็กตรอน
- ง. เพราะมีแรงดึงดูดจากนิวเคลียสภายในอะตอม

12. อีเล็กตรอนจะหลุดออกจากวงโคจรของมันได้ในการตีใด

- ก. เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจากภายนอก
- ข. เมื่ออะตอมมีจำนวนอีเล็กตรอนมากกว่าปกติ
- ค. เมื่ออะตอมมีโปรตอนมากกว่าอีเล็กตรอน
- ง. เมื่อแรงดึงดูดของอีเล็กตรอนมีมากกว่าปกติ

13. ข้อใดเป็นลักษณะหนึ่งของการเรียงตัวของอีเล็กตรอนในอะตอมของธาตุ

- ก. อีเล็กตรอนจะอยู่ในแต่ละชั้นเต็มตามจำนวนทุกชั้น
- ข. ชั้นที่มีอีเล็กตรอนน้อยที่สุดจะอยู่ห่างจากนิวเคลียสมากที่สุด
- ค. ชั้นนอกสุดของอะตอมปกติจะมีอีเล็กตรอนได้ไม่เกินแปดตัว
- ง. ชั้นที่มีอีเล็กตรอนมากที่สุดคือชั้นที่อยู่ใกล้กับนิวเคลียสมากที่สุด

14. "วาเลนซ์อิเล็กตรอน" ของอะตอมที่หลุดออกจากวงโคจรยากที่สุด วาเลนซ์อิเล็กตรอนในชั้นนั้นจะมีลักษณะอย่างไร

- ก. มีอิเล็กตรอนน้อยที่สุด
- ข. มีอิเล็กตรอนมากกว่า 18 ตัว
- ค. มีอิเล็กตรอน 8 ตัว
- ง. มีอิเล็กตรอน 4 ตัว

15. อะตอมของธาตุที่วาเลนซ์อิเล็กตรอนแต่ละตัวจะได้รับพลังงานจากภายนอกมากที่สุด ได้แก่อะตอมที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนจำนวนเท่าไรในข้อต่อไปนี้

- ก. มีมากกว่า 18 ตัว
- ข. มีจำนวน 8 ตัว
- ค. มีจำนวน 4 ตัวพอดี
- ง. มีจำนวน 1 ตัว

16. ธาตุ ๆ หนึ่งมีอะตอมมิกซ์เบอร์ (Atomic number) เท่ากับ 12 การจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนของธาตุนี้นี้ประการหนึ่งที่เรารู้คือข้อใด

- ก. วาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2
- ข. ชั้นของอิเล็กตรอนมีได้จะมีได้ 4 ชั้น
- ค. วาเลนซ์เชล จะมีอิเล็กตรอน 8 ตัว
- ง. อิเล็กตรอนในชั้นที่ 3 มีได้ 4 ตัว

17. สารต่อไปนี้ ชนิดใดที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน ว่องไว หรือเป็นอิเล็กตรอนอิสระได้ง่ายที่สุด

- ก. ปลาสติก
- ข. ซีดีแผ่น
- ค. ทองแดง
- ง. อาร์กอน

18. ถ้าต้องการสารที่คี่ที่สุดมาทำตัวนำไฟฟ้า เราควรจะเลือกสารชนิดใด

- ก. สารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยที่สุด
 - ข. สารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนมากที่สุด
 - ค. สารที่ในหนึ่งโมเลกุลมีอะตอมมากที่สุด
 - ง. สารที่ในหนึ่งโมเลกุลมีอิเล็กตรอนอิสระมากที่สุด
-

19. สารใดที่มีคุณสมบัติในการ เป็นฉนวนที่คี่ที่สุด

- ก. มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนแปดตัว
 - ข. มีอิเล็กตรอนอิสระมากที่สุด
 - ค. มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัว
 - ง. มีชั้นอิเล็กตรอนมากที่สุด
-

20. อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เช่น ทรานซิสเตอร์ สร้างจากสารถึงตัวนำ ดังนั้นจึงสร้างมาจากสารจำพวกใด

- ก. อาร์กอน นีออน เซนอน
 - ข. ซิลิกอน เยอรมาเนียม
 - ค. อลูมิเนียม แคลเซียม
 - ง. นิเกิล คาร์บอน
-

21. ในลวดตัวนำไฟฟ้า อะตอมของมันจะอยู่กันอย่างหนาแน่น ทำให้วงจรสั้นนอกสุดซ้อนกัน (Overlap) ดังนั้นในสภาวะปกติเมื่อเรายังไม่ได้นำไปต่อในวงจรไฟฟ้า อิเล็กตรอนชั้นนอกสุดจะอยู่กันอย่างไร

- ก. ยังคงโคจรอยู่ในวงโคจรของมันเท่านั้น
- ข. จะมีการ เคลื่อนที่ไปทางใดทางหนึ่งอย่างมีทิศทาง
- ค. อาจจะมีการ เปลี่ยนวงโคจรไปในอะตอมอื่น ๆ โดยไม่มีทิศทาง
- ง. อิเล็กตรอนจะส่งแรงหักล้างกันทำให้เป็นกลางและไม่มีการเคลื่อนที่

22. เมื่อเอาลวดตัวนำไฟฟ้ามาต่อกับแบตเตอรี่ไฟฟ้าให้ครบวงจร การเคลื่อนที่หรือการถ่ายเทพลังงานของอิเล็กตรอนภายในตัวนำจะมีลักษณะอย่างไร

ก. ถ้าตัวนำมีอิเล็กตรอนอิสระมากอิเล็กตรอนก็จะถ่ายเทพลังงานได้เร็ว

ข. ถ้าแบตเตอรี่มีประจุลบมากอิเล็กตรอนก็จะเคลื่อนที่หรือถ่ายเทพลังงานได้อย่างรวดเร็ว

ค. การถ่ายเทพลังงานระหว่างอิเล็กตรอนจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในอัตราเร็วของแสง

ง. อิเล็กตรอนทุก ๆ ตัว จะเคลื่อนที่ไปในลวดตัวนำด้วยความเร็วแสง

23. ลักษณะหรือการกระทำในข้อใดที่แสดงว่า วงจรเปิด

ก. กดสวิตช์แล้วหลอดไฟฟ้าสว่าง

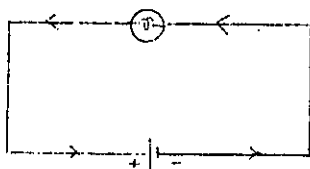
ข. แบตเตอรี่ไฟฟ้าหมดหลอดไฟฟ้าไม่สว่าง

ค. พิวส์ขาดไฟฟ้าไม่สว่าง

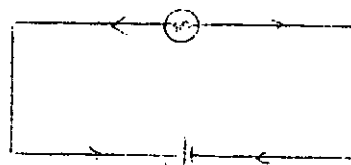
ง. เปิดโทรทัศน์มีภาพไม่มีเสียง

24. ในวงจรไฟฟ้าต่อไปนี้ ข้อใดที่แสดงทิศทางของ กระแสไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า "กระแสนิยม"

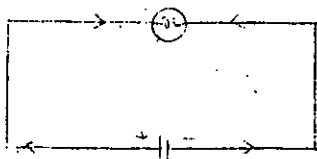
ก.



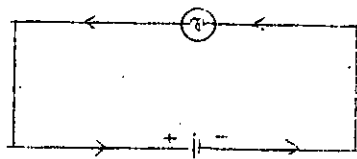
ข.



ค.



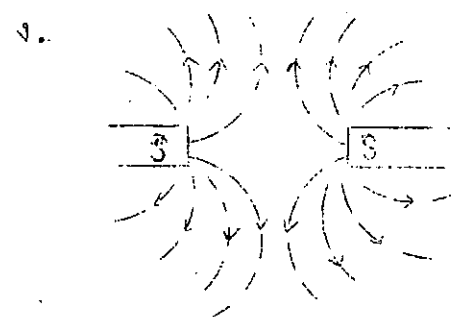
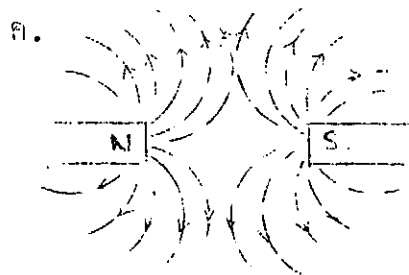
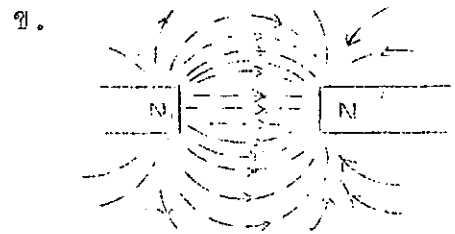
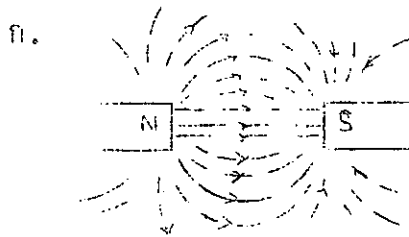
ง.



29. การกระทำในเรื่องเกี่ยวกับ ไฟฟ้ากระแส ต่อไปนี้ข้อใดที่ถูกต้องที่สุด

- ก. เมื่อเอาวัตถุสองชิ้น ชนิดเดียวกัน ประกมกันแล้วเผาตรงรอยต่อ จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหล
- ข. ถ้าลวดตัวนำและแม่เหล็กมีการเคลื่อนที่ร่วมกันจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในลวดตัวนำ
- ค. เมื่อโลหะสองชนิดทำปฏิกิริยากับกรดเจือจางบางชนิดจะเกิดประจุที่วัตถุทั้งสองไม่เท่ากันเมื่อเอาลวดตัวนำมาต่อระหว่างโลหะทั้งสอง จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหล
- ง. เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าใด ๆ เราจะต้องมีลวดตัวนำมาต่อและเปิดวงจรจึงจะมีกระแสไฟฟ้าไหล

30. ในรูปต่อไปนี้ ข้อใดที่แสดงเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างถูกต้องที่สุด



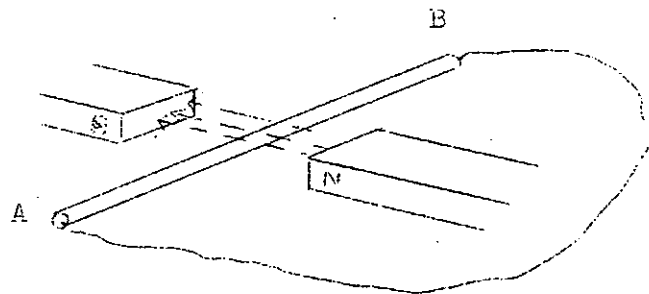
โปรดนำข้อสอบส่งคืนด้วย.

แบบทดสอบฉบับที่ 2

เรื่องไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

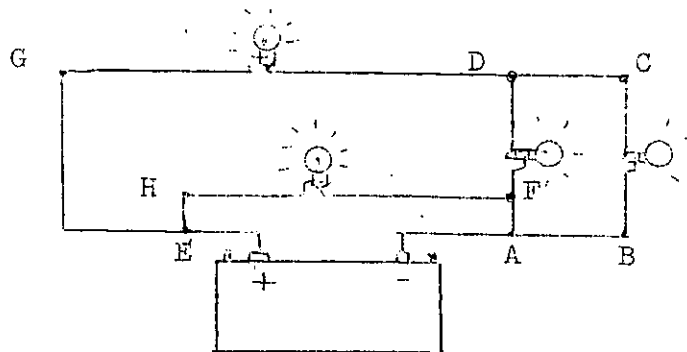
จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด เพียงคำตอบเดียว

1. รูปต่อไปนี้ถ้าเคลื่อนที่ลวดตัวนำ ไปในทิศทางขึ้นข้างบน ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก ผลที่เกิดขึ้นตามกฎมือขวาของเฟรมมิ่ง ได้อย่างไร



- ก. กระแสไหลในลวด AB ในทิศทางจาก A ไปยัง B
- ข. กระแสอิเล็กตรอนไหลในลวด AB จาก B ไปยัง A
- ค. กระแสไหลผ่านลวดตัวนำภายนอกจากขั้ว A ไปยังขั้ว B
- ง. กระแสอิเล็กตรอนไหลผ่านลวดตัวนำภายนอกจากขั้ว A ไปยังขั้ว B

* พิจารณารูปต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 2 - 4



2. ทรงจุดใดที่มี "ศักดาไฟฟ้า" สูงที่สุด

ก. A

ข. C

ค. G

ง. E

3. ทรงจุดใดที่มี "ศักดาไฟฟ้า" ค่าที่สุด

ก. A

ข. D

ค. F

ง. G

4. ระหว่างจุดใดกับจุดใดที่มีศักดาไฟฟ้าเท่ากัน

ก. A - D

ข. H - F

ค. B - C

ง. G - H

5. เมื่อเกิดความต่างศักดาไฟฟ้าหรือเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น จะมีลักษณะคล้ายกับข้อใดมากที่สุด

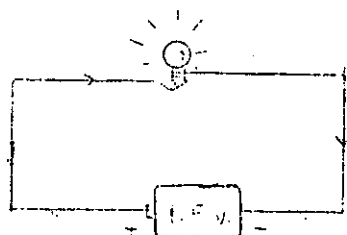
ก. ระดับน้ำในถังสองถังไม่เท่ากัน

ข. ปริมาณของน้ำในถังมีไม่เท่ากัน

ค. ปริมาณของน้ำในถังที่มีขนาดไม่เท่ากัน

ง. การไหลของน้ำในแม่น้ำลำคลอง

⑥ ในวงจรไฟฟ้าต่อไปนี้
ขึ้นอยู่กับสิ่งใดมากที่สุด



มาจากการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรจะมากหรือน้อย

- ก. ขนาดของลวดตัวนำไฟฟ้า
- ข. ปริมาณของประจุลบที่ขับเคลื่อน
- ค. ความต้านทานของหลอดไฟฟ้า
- ง. ขนาดของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า

7. การวัดปริมาณทางไฟฟ้าอย่างหนึ่งบอกว่าวัดได้ "10 แอมแปร์" แสดงว่าเป็นการวัดสิ่งใด

- ก. แรงดันไฟฟ้า
- ข. กระแสไฟฟ้า
- ค. แรงเคลื่อนไฟฟ้า
- ง. ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า

8. ณ จุด ๆ หนึ่ง ในวงจรไฟฟ้าถ้ามีประจุลบเคลื่อนที่ผ่านไป 6.28×10^{18} ตัว หรือ 1 คูลอมป์ ในเวลา 1 วินาที เรากำหนดให้เป็นหน่วยใด

- ก. 1 โวลต์
- ข. 1 แอมแปร์
- ค. 1 โอห์ม
- ง. 1 เฮิรตซ์

9. แรงดันไฟฟ้า หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งใด ในข้อต่อไปนี้

- ก. ความต้านทานของวงจรไฟฟ้า
- ข. ปริมาณของประจุไฟฟ้า
- ค. ความต่างศักย์ไฟฟ้า
- ง. ขนาดของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า

10. ถ้าวัตถุ A เสียประจุลบไป 5 คูลอมป์ วัตถุ B เสียประจุลบไป 10 คูลอมป์ วัตถุทั้งสองจะเป็นอย่างไร

- ก. มีศักดาไฟฟ้าเท่ากัน เพราะมีประจุบวกเหมือนกัน
- ข. วัตถุ A จะมีศักดาไฟฟ้าสูงกว่า B เพราะเสียประจุลบไปน้อยกว่า
- ค. วัตถุ B มีประจุบวกมากกว่า A จึงมีศักดาไฟฟ้าสูงกว่า A
- ง. วัตถุทั้งสองจะเป็นกลาง เพราะเสียประจุลบไปเหมือนกัน

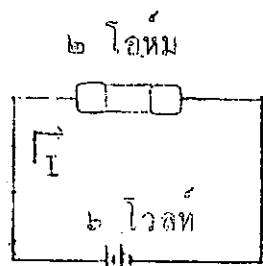
11. การไหลของกระแสไฟฟ้า ตามกฎของโอห์ม ตรงกับข้อใด

- ก. ถ้าความต้านทานคงที่ แรงดันมาก กระแสจะไหลน้อย
- ข. ถ้าแรงดันคงที่ ความต้านทานน้อย กระแสจะไหลมาก
- ค. ถ้าแรงดันคงที่ ความต้านทานมาก กระแสจะไหลมาก
- ง. ถ้าความต้านทานคงที่ แรงดันน้อย กระแสจะไหลมาก

12. เราเขียนความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กระแส ความต้านทาน ตามกฎของโอห์ม ได้อย่างไร

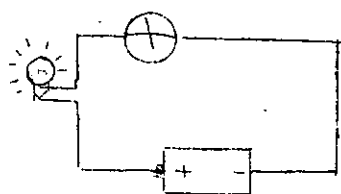
ก. $V = \frac{I}{R}$ ข. $R = \frac{I}{V}$ ค. $I = \frac{V}{R}$ ง. $R = VI$

13. ถ้าเราต่อวงจรดังรูป และกำหนดค่าของอุปกรณ์ให้ดังในวงจร จะมีกระแสไหล เท่าไร



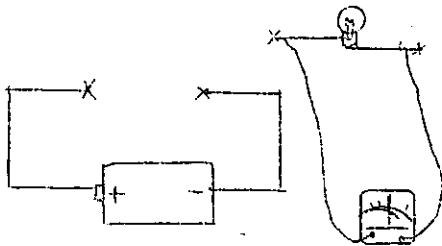
- ก. ๓๓ แอมแปร์
- ข. ๓ แอมแปร์
- ค. ๑๒ แอมแปร์
- ง. ๒ แอมแปร์

14. เครื่องมือวัด  ในวงจรนี้ คือเครื่องมือชนิดใด



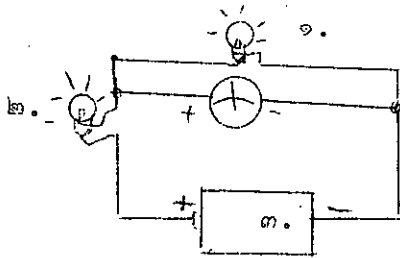
- ก. แอมมิเตอร์ ข. โอห์มมิเตอร์
- ค. โวลต์มิเตอร์ ง.

15. ในรูปข้างล่างนี้ เป็นการวัดปริมาณอย่างหนึ่ง การวัดลักษณะนี้ เป็นการวัดเพื่อต้องการทราบสิ่งใด



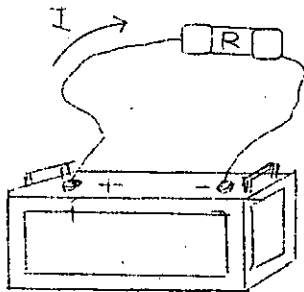
- ก. กระแสที่ไหลผ่านหลอดไฟ
- ข. แรงดันไฟฟ้าในวงจร
- ค. กำลังของหลอดไฟฟ้า
- ง. ความต้านทานของหลอดไฟฟ้า

16. การต่อเครื่องมือวัดแบบอนุกรมกับวงจร ดังรูป เป็นการวัดเพื่อต้องการทราบอะไร



- ก. กระแสในวงจร
- ข. แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วหลอดไฟ
- ค. ความต้านทานของวงจรทั้งหมด
- ง. แรงเคลื่อนไฟฟ้าของถ่านไฟฉาย ๓

17. ให้พิจารณาวงจรไฟฟ้าข้างล่าง ถ้าค่าความต้านทานของอุปกรณ์ R มีค่าเป็น ๐ (ศูนย์) ถ้าพิจารณาตามกฎของโอห์มแล้ว จะเกิดผลอย่างไร



- ก. ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร
- ข. แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะมีค่าสูงสุด
- ค. จะมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์ R มากมาย
เหมือนกับสวิตช์วงจร
- ง. จะมีกระแสไหลผ่าน R น้อยที่สุด เพราะ
ค่าความต้านทานเป็น ๐ (ศูนย์)

18. ถ้าวางวงจรไฟฟ้าวงจรหนึ่ง ประกอบด้วย หลอดไฟ ๑ หลอด และแบตเตอรี่
แรงเคลื่อน ๒ โวลต์ ปรากฏว่า มีกระแสไหลในวงจร ๐.๐๓ แอมแปร์ หลอดไฟนั้นมีความ
ต้านทานเท่าไร

ก. ๑๔๐ โอห์ม

ข. ๖.๔๐ โอห์ม

ค. ๒๐๐ โอห์ม

ง. ๔๕๐ โอห์ม

19. เมื่อเราต้องการทราบแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแบตเตอรี่รถยนต์ เราจะใช้
เครื่องมือชนิดใดวัด

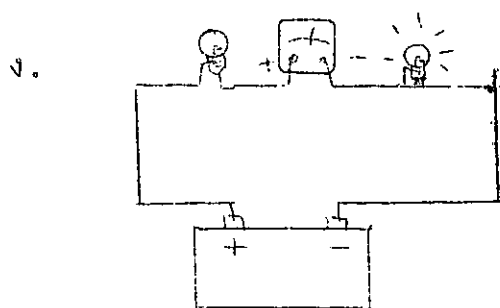
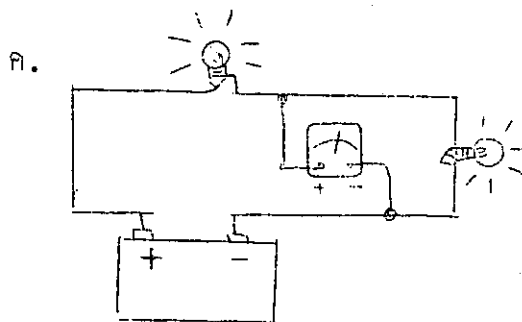
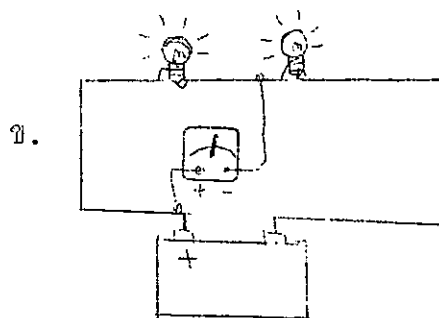
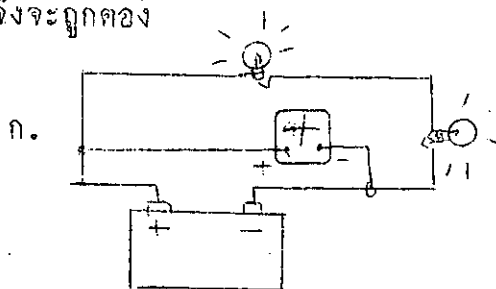
ก. โอห์มมิเตอร์

ข. โวลต์มิเตอร์

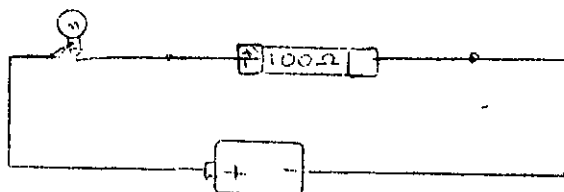
ค. แอมมิเตอร์และโอห์มมิเตอร์

ง. แอมมิเตอร์

20. เราต้องการวัดแรงเคลื่อนของแบตเตอรี่ เราจะต่อ หรือใช้เครื่องมือวัด
อย่างไรจึงจะถูกต้อง



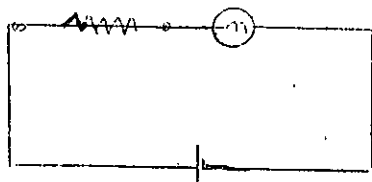
212. วงจรต่อไปนี้ ถ้าเขียนเป็นสัญลักษณ์โดยสมบูรณ์ จะได้ทั้งข้อใด



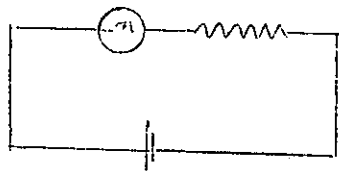
ก.



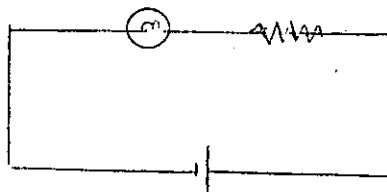
ข.



ค.



ง.

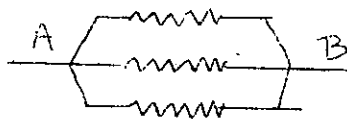


* ใช้ภาพที่ ๑ ถึง ๖ ตอบคำถาม ข้อ ๒ , ๓ , ๔

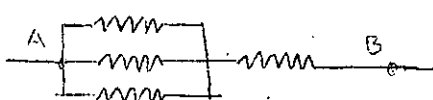
๑.



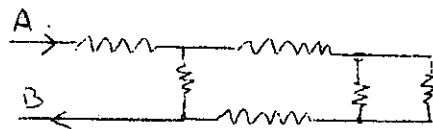
๒.



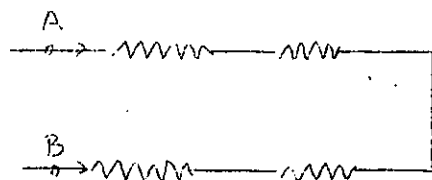
๓.



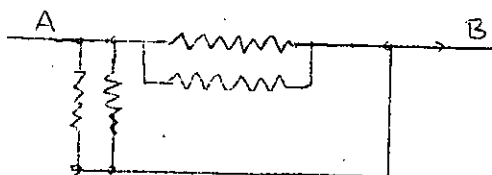
๔.



๕.



๖.



(22) ถ้าความต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากันหมด การต่อข้อใดที่มีค่า น้อยที่สุด

ก. ๑ , ๕

ข. ๓ , ๔

ค. ๒ , ๖

ง. ๔ , ๖

(23) การต่อความต้านทานแบบขนานได้แก่ข้อใดบ้าง

ก. ๑ , ๕

ข. ๒ , ๔

ค. ๓ , ๕

ง. ๒ , ๖

(24) การต่อความต้านทานแบบผสมได้แก่ข้อใดบ้าง

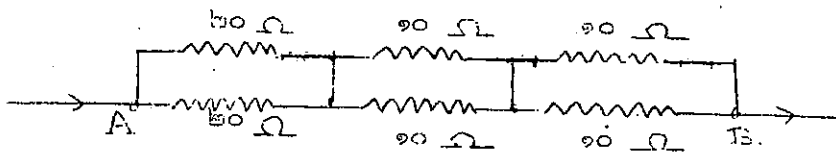
ก. ๑ , ๕

ข. ๑ , ๖

ค. ๔ , ๖

ง. ๓ , ๔

(25) จากรูปนี้ ความต้านทานรวมระหว่างจุด A กับจุด B มีค่าเท่าไร



ก. ๒๐ โอห์ม

ข. ๔๐ โอห์ม

ค. ๑๕ โอห์ม

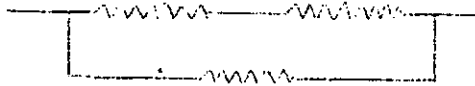
ง. ๔๐ โอห์ม

ข้อนี้ ค่าความต้านทาน สำหรับตอบข้อ ๔ , ๕ ..

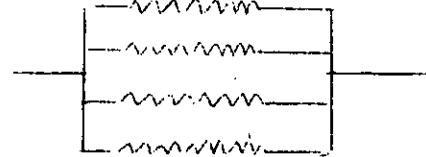
ค่า	๐	เหลือง	๔	เทา	๘
น้ำตาล	๑	เขียว	๕	ขาว	๙
แดง	๒	น้ำเงิน	๖	สีเงิน	๑๐ %
ส้ม	๓	ม่วง	๗	สีทอง	๕ %

26. ตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่า 100 โอห์ม นำมาต่อกันแบบต่าง ๆ ข้อใดที่มีค่าเท่ากับ 200 โอห์ม

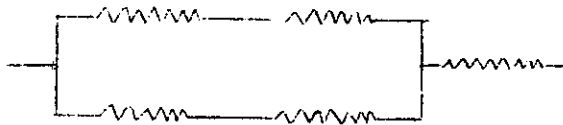
ก.



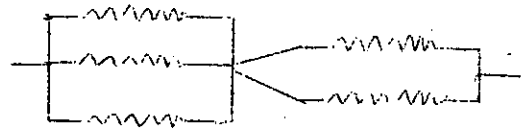
ข.



ค.

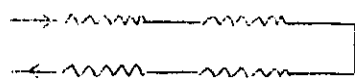


ง.

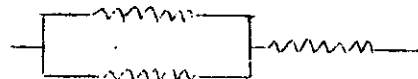


27. ถ้าตัวต้านทานเปรียบดังสะพาน ลวดตัวนำเปรียบดังถนน การต่อความต้านทานแบบใด ที่เปรียบเหมือนกับสะพานแคบที่สุด

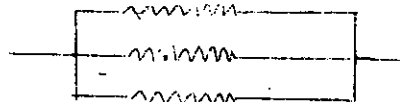
ก.



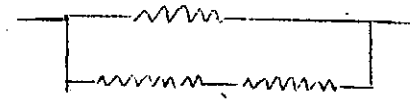
ข.



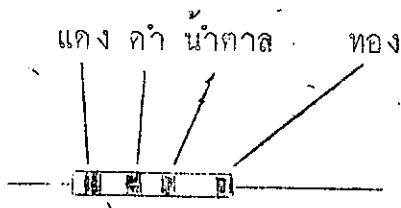
ค.



ง.



28. ตัวต้านทานในรูปต่อไปนี้ มีค่าเท่าไร



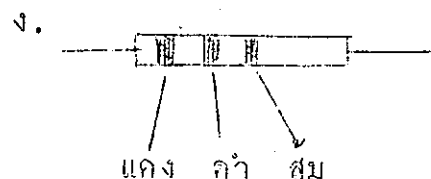
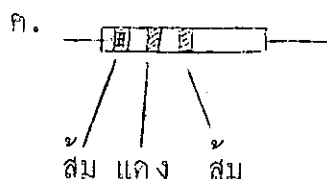
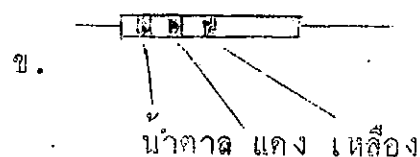
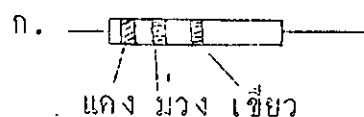
ก. 2000 โอห์ม ผิดพลาด 10 %

ข. 200 โอห์ม ผิดพลาด 5 %

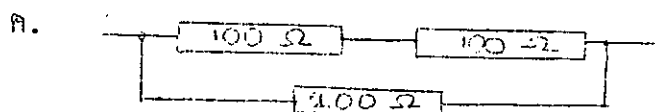
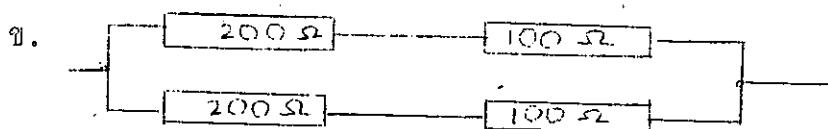
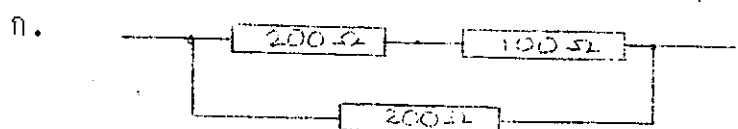
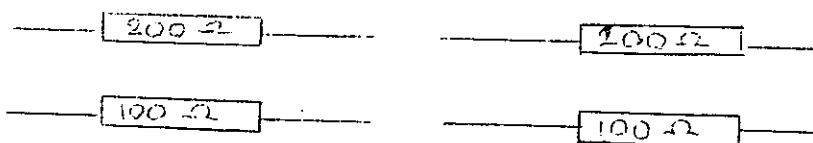
ค. 201 โอห์ม ผิดพลาด 5 %

ง. 2100 โอห์ม ผิดพลาด 10 %

29. ถ้าตัวต้านทานในเครื่องรับวิทยุของเราเสียหาย ปรากฏว่าเป็นค่า 20 K นักเรียนจะเลือกเอาตัวไหนมาเปลี่ยนตัวที่เสียนั้น



30. ถ้าท่านต้องการความต้านทาน 150 โอห์ม แต่ว่าตัวต้านทานเท่าที่มีอยู่มีเพียงในรูปนี้เท่านั้น เราจะต้องนำมาต่อกันแบบใด จึงจะได้ 150 โอห์ม ทอ



ภาคผนวก ก.

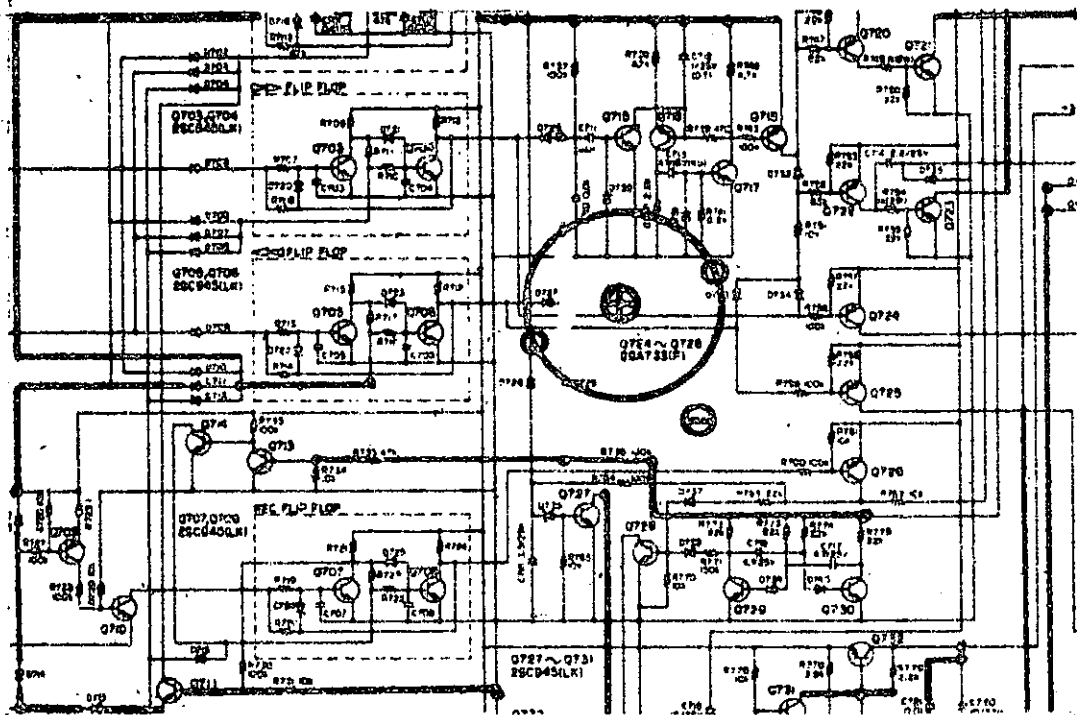
ตัวอย่างบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรงและแบบสาขา

เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง ไฟฟ้า·อิเล็กทรอนิกส์ II

◦ BASIC — ELECTRICITY & ELECTRONICS ◦
PROGRAMMED LEARNING◦



ศาสตราจารย์ ดร. สว่างมิ่ง เพ็ชรน้อย

มศว. ประสานมิตร ◦

โปรดทำความเข้าใจก่อน

๑. บทเรียนที่นักเรียน กำลังจะได้เรียนต่อไปนี้ ไม่เหมือนกับหนังสือเรียนธรรมดาทั่วไป เราเรียกว่า "บทเรียนสำเร็จรูป "
๒. แต่ละข้อของบทเรียนเราเรียกว่า " กรอบ "
๓. นักเรียนจะต้องอ่านไปตามลำดับ และปฏิบัติตามคำสั่งในแต่ละกรอบ เช่น เขียนเติมคำ หรือ เลือกคำตอบ
๔. นักเรียนอย่าข้ามกรอบใดกรอบหนึ่งไป เพราะอาจทำให้ นักเรียนเกิดความสับสนได้
๕. คำตอบของแต่ละกรอบ จะเฉลยไว้ข้างหน้าของกรอบถัดไป แต่ นักเรียนจะต้องไม่ดูคำตอบก่อน นักเรียนจึงจะเรียนได้ดี
๖. บทเรียนนี้สามารถเรียนได้ทั้งผู้ ที่ เก่งมาก และ เก่งน้อย
๗. เมื่อนักเรียนได้ปฏิบัติตามข้อตกลงดังกล่าวมาแล้ว นักเรียนก็จะพบว่า "ตัวเองก็มีความสามารถไม่แพ้ใคร ๆ เหมือนกัน "

โปรดพลิกหน้าถัดไป

บทที่ ๔

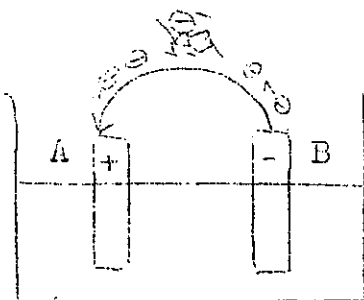
ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

เราจะได้เรียนกันถึงเรื่อง ชนิดของกระแสไฟฟ้า กันต่อไป เพราะ
ว่าไฟฟ้าที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้มีได้มอยู่เพียงชนิดเดียว เราควรจะได้ทำ
ความเข้าใจให้ได้

อีกเรื่องหนึ่ง เกี่ยวกับการวัด ปริมาณของกระแสไฟฟ้า เขาวัด
กันอย่างไร มีหน่วยในการวัดอย่างไร

หวังว่า นักเรียนคงจะพร้อมแล้ว เริ่มบรรเลงได้

๑. ไฟฟ้ากระแสนั้นยังแบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแส
สลับ



ให้นักเรียนพิจารณารูปเข้ไฟฟ้าต่อไปนี้ประกอบ
นักเรียนทราบแล้วว่า อิเล็กตรอน จะเคลื่อนที่ได้
ทางเดียว คือ จาก

- ก. A ไปยัง B
ข. B ไปยัง A
-

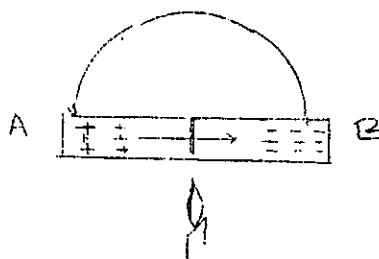
2.

ไฟฟ้าที่ได้จากความร้อน ตามที่เราได้เรียนมาแล้วทั้งรูป
ตัวอย่าง อีเล็กตรอนจะไหลได้ทางเดียวเหมือนกัน คือ ไหลจาก

ตอบ ข.

ก. $A \rightarrow B$

ข. $B \rightarrow A$

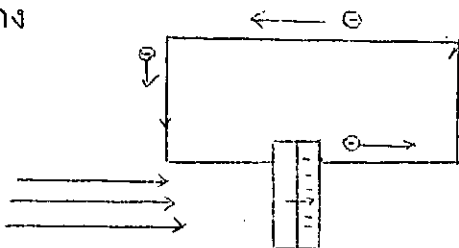


3.

หรืออีกรูปหนึ่ง ไฟฟ้าที่ได้จากแสงสว่าง อีเล็กตรอนจะไหล
ได้ทาง ก. ทางเดียว

ตอบ ข.

ข. 2 ทาง



4.

ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี เราเรียกว่า ไฟฟ้ากระแสตรง
(Direct current) เพราะว่า อีเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ทางเดียว
ดังนั้น ไฟฟ้ากระแสตรง จึงหมายถึงไฟฟ้าชนิดที่

ตอบ ก.

ก. กระแสอีเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วลบไปขั้วบวก

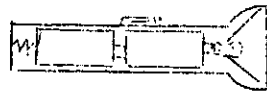
ข. กระแสไฟฟ้าไหลทางเดียวจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ
(กระแสนิยม)

ค. ถูกทั้ง 2 ข้อที่กล่าวมา

5.

ไฟฉายที่เราใช้กันอยู่ คือ กระแสไฟฟ้าจากถ่านไฟฉาย ซึ่ง
เป็นแบตเตอรี่แห้ง ไฟฟ้าที่ได้อาจเป็นกระแส.....(ตรง, สลับ)

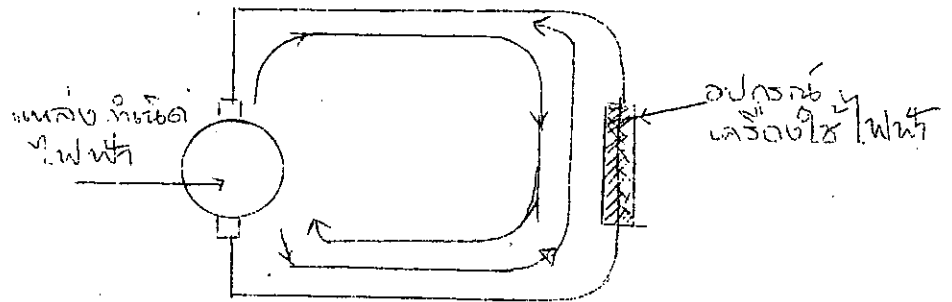
ตอบ ก.



6.

ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ ไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนทิศทาง
ไปกลับมาสลับกัน เช่น ไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก
กับขดลวดตัวนำ

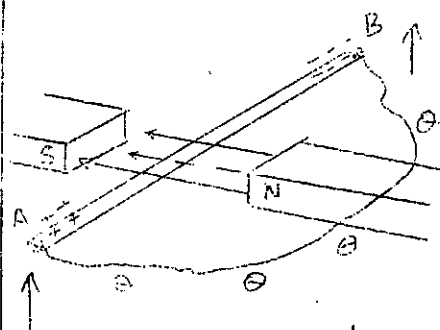
ไฟฟ้ากระแสตรง



7.

ให้นักเรียนพิจารณารูปนี้

ถ้าเกิดขดลวดตัวนำใน



ทิศทางที่ขดลวดตัวนำจะถูก
เหนี่ยวนำมาอยู่ปลาย B ดังนั้น
ถ้าขดลวดตัวนำจากปลาย A ไปยัง
B ดังรูป อีกเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อน
ที่ จาก ก. A → B

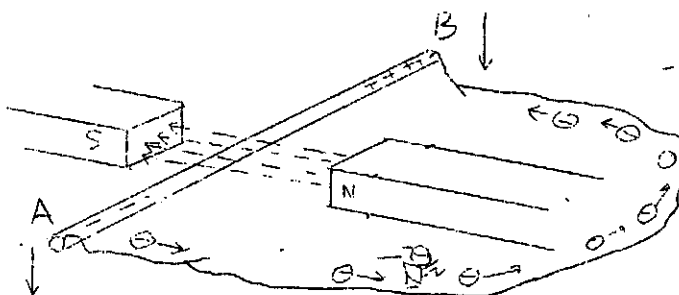
ข. B → A

โดยผ่านตัวนำภายนอก

8.

ตอบ ข.

ทรงกันขวาน ถ้าเคลื่อนที่ลวดจากข้างบนลงล่างอีเล็กตรอน
ก็จะถูกเหนี่ยวนำมาที่ A ดังนั้นอีเล็กตรอนจะไหลภายนอกอย่างไร
ก. จาก A ผ่านตัวนำภายนอกไปยัง B
ข. จาก B ผ่านตัวนำภายนอกไปยัง A



9.

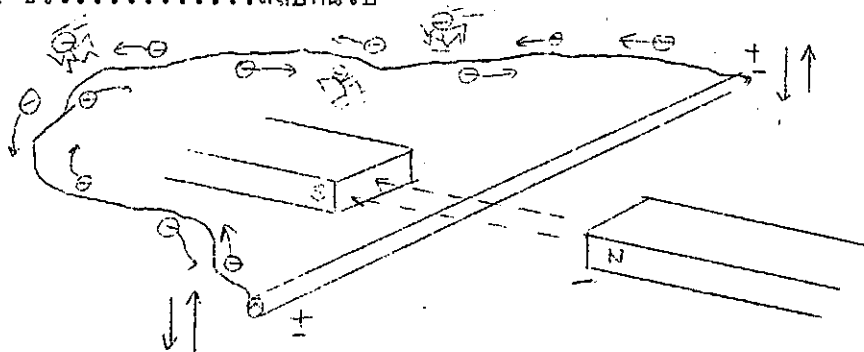
ตอบ ก.

ถ้าเราเคลื่อนที่ลวดตัวนำขึ้น ๆ ลง ๆ จะเป็นอย่างไร
ก. อีเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปทางเดียว
ข. อีเล็กตรอนจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมา

10.

ตอบ ข.

เมื่อเราเคลื่อนที่ลวดตัวนำขึ้น ๆ ลง ๆ สลับกันที่ปลายขดลวด
กลับขั้วประจุบวกและลบตลอดเวลาสลับกัน
ดังนั้นที่ปลายลวดตัวนำ จึงแสดงขั้ว + ขั้ว คือ ขั้ว.....
และขั้ว.....สลับกันไป



11. ข้าวบวก และ ข้าวลบ	กระแสไฟฟ้าที่ได้จากการเหนี่ยวนำดังกล่าว เราเรียกว่า ไฟฟ้าชนิดใด ก. กระแสตรง ข. กระแสสลับ
12. ตอบ ข.	เราได้จำลองการเหนี่ยวนำนี้ไปสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเรียกอีกอย่างว่า เครื่องปั่นไฟ เราจึงได้ไฟฟ้ากระแส.....จากเครื่องปั่นไฟหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (dynamo)
13. ไฟฟ้ากระแสสลับ	ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนของเรา <u>ตามถนนหนทาง</u> ก็ได้กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไดนาโมนั่นเอง ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือน ตามถนนหนทาง จึงเป็นไฟฟ้า ก. กระแสตรง ข. กระแสสลับ
14. กระแสสลับ	เมื่อเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสสลับขึ้น การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำอย่างไรนั้น อธิบายได้ควมกฎที่เรียกว่า "กฎมือขวา"

ดังนั้น "กฎมือขวา" จึงใช้หมายถึง

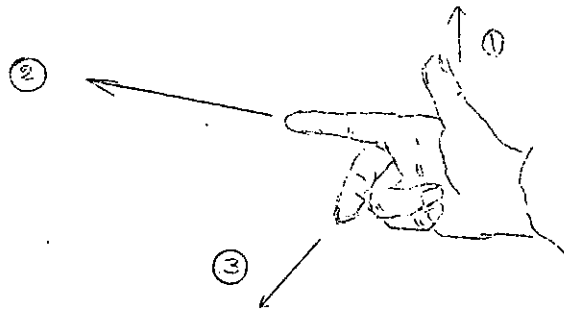
- ก. ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า
- ข. ทิศทางการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำ
- ค. ทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็ก
- ง. ถูกทุกข้อ

15.

"กฎมือขวา" กล่าวสรุปว่า...

เมื่อนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลางตั้งฉากซึ่งกันและกันแล้ว
 นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ นิ้วชี้จะชี้ทิศทางของ
 เส้นแรงแม่เหล็ก และนิ้วกลางจะเป็นทิศทางของกระแสไหล

ตอบ ถูกทุกข้อ



- 1. ทิศทางลวดตัวนำ
- 2. ทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก
- 3. ทิศทางของ.....

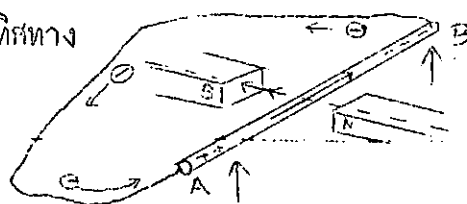
16.

เปรียบเทียบมือขวากับการเหนี่ยวนำ ต่อไปนี้

ถ้าเคลื่อนที่ขดลวดตัวนำขึ้นข้างบน อีเล็กตรอนจะถูกเหนี่ยวนำให้ไปอยู่ที่ปลาย B ดังนั้น ทิศทางของอีเล็กตรอนในลวด AB จึงมี

ทิศทางของกระแส

ทิศทาง



ก. จาก A → B

ข. จาก B → A



17.

จาก B ผ่านลวด
ภายนอกไปยัง A

ทิศทางของกระแส จะสวนทางกับทิศทางของอิเล็กตรอน

ดังนั้นทิศทางของกระแสไฟฟ้าความกฎ "มือขวา" จึงมีทิศทาง

จาก ก. $A \rightarrow B$

ข. $B \rightarrow A$

18.

ถ้าเคลื่อนที่ลวดตัวนำลงล่าง ทิศทางของหัวแม่มือจะลงข้าง
ล่าง ดังนั้นทิศทางของกระแสจะไหลจาก

ก. $A \rightarrow B$

ข. $B \rightarrow A$

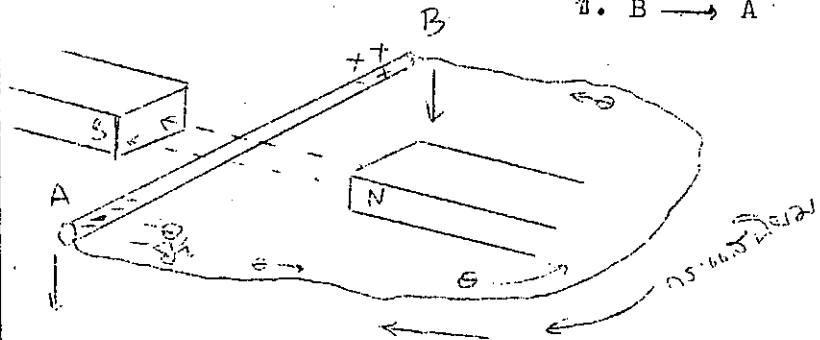
และทิศทางของอิเล็กตรอนจะไหลจาก

ก. $A \rightarrow B$

ข. $B \rightarrow A$

จาก $B \rightarrow A$ หรือ

(จาก A ผ่านลวดตัวนำ
ไป B)

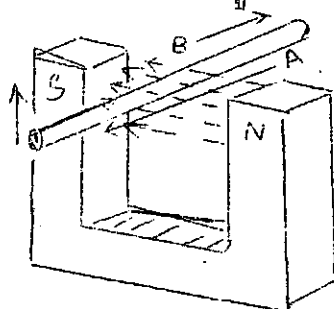


19.

ให้พิจารณารูปข้างล่างนี้

ก. $B \rightarrow A$

ข. $A \rightarrow B$



A คือทิศทางของ กระแส.....

.....

B คือทิศทางของ อิ.....

.....

20.

คือทิศทางของ

กระแส

คือทิศทางของ

อีเล็กตรอน

เราสามารถอธิบายทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
โดยใช้กฎ.....

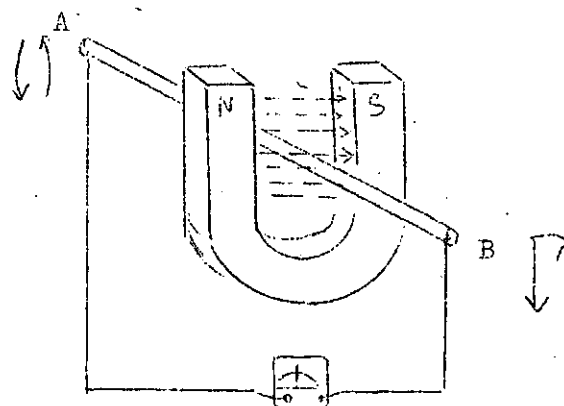
21.

การเคลื่อนที่ขึ้น 1 ครั้ง ลง 1 ครั้ง เราเรียกว่า
การเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ

ถ้าใน 1 วินาที ลวดตัวนำเคลื่อนที่ 1 รอบ กระแสไฟฟ้า
ก็จะเคลื่อนที่จาก $A \rightarrow B$ และ $B \rightarrow A$ ครบ 1 รอบ

ดังนั้น ถ้าลวดตัวนำเคลื่อนที่ 50 รอบต่อวินาที กระแส
ไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ไป - กลับ.....รอบต่อวินาที

กฎมือขวา



 = เครื่องวัด
กระแสไฟฟ้า

22.

50 รอบต่อวินาที

จำนวนการเคลื่อนที่ครบรอบ ในเวลา 1 วินาที เราเรียกว่า
ความถี่ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน 30 รอบต่อวินาที เรา
เรียกว่า เครื่องนั้นมี.....30 รอบต่อวินาที

23. ความถี่ 50 รอบต่อวินาที	ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านเรานั้น เขากำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน 50 รอบต่อวินาที เราจึงได้กระแสไฟฟ้าซึ่งมี.....ต่อวินาที
24. ความถี่ 50 รอบต่อวินาที	ในปัจจุบันคำว่า "รอบต่อวินาที" เขาเรียกกันว่า "เฮิรตซ์" (Hertz) เพื่อเป็นเกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ที่มีผลงานคือค้นทางไฟฟ้าท่านหนึ่ง ดังนั้น เราจึงเรียกว่า ไฟฟ้าบ้านเรามีความถี่..... ก. 50 รอบต่อวินาที ข. 50 เฮิรตซ์
25. ตอบ ข.	ถ้ากล่าวว่า ไฟฟ้าจากเครื่องนี้เป็น 60 เฮิรตซ์ เราจึงทราบได้ว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นหมุน ก. 60 รอบต่อวินาที ข. 60 รอบต่อวินาที
26. ตอบ ข.	เรานิยมบอกความถี่ของกระแสไฟฟ้าสลับเป็น..... จบเรื่องกระแสตรงและกระแสสลับเท่านี้ก่อน พัก 1 นาที หรือใครจะพลิกกลับไปทบทวนก็ได้
"เฮิรตซ์"	ต่อไปเราจะได้พูดถึงเรื่องของการวัดปริมาณของกระแสแรงดัน และอื่น ๆ อีกเล็กน้อย พอเข้าใจ

27.

ตามปกติ วัตถุยังไม่มีประจุ เราถือว่า ระดับของประจุ
เท่ากัน หรือมีศักดาไฟฟ้าเท่ากัน คือเป็น 0 หรือไม่มีศักดาไฟฟ้าตนเอง

ในรูปนี้ วัตถุ A และ B
ต่างก็มีประจุบวกลบเท่ากัน
แสดงว่า วัตถุ A กับ B
มี.....ไฟฟ้าเท่ากัน



A

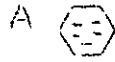


B

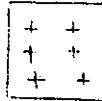
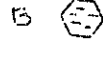
28.

ประจุเท่ากัน หรือ
ศักดาไฟฟ้าเท่ากัน

อีกกรณีหนึ่ง ถ้าวัตถุ A หรือ B เกิดประจุขึ้น เช่น



A



B

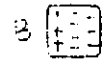
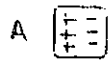
ถ้ามีประจุบวกเท่ากันหรือประจุ
ลบเท่ากัน เราก็ถือว่า
มี.....ไฟฟ้าเท่ากัน

29.

ประจุ หรือศักดา
ไฟฟ้า

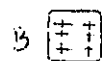
ถ้าหาก วัตถุ มีประจุไม่เท่ากัน อาจจะมีประจุบวก
มากกว่าหรือประจุลบมากกว่า เราเรียกว่า มีศักดาไฟฟ้าไม่เท่ากัน

ในรูป วัตถุ A และ B มีศักดาไฟฟ้า



ก. เท่ากัน

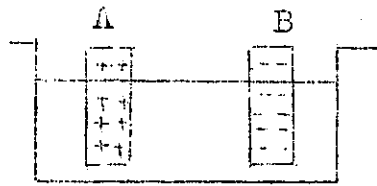
ข. ไม่เท่ากัน



30.

ตอบ ข.

การเกิดศักดาไฟฟ้าไม่เท่ากัน เราเรียกว่า มีศักดาไฟฟ้า
ต่างกัน หรือมีความต่างศักดากัน หรือเรียกสั้น ๆ ว่า "มีความต่าง
ศักย์"



รูปเซลล์ไฟฟ้านี้ ที่ขั้ว A เกิด
ประจุบวก ที่ขั้ว B เกิด
ประจุลบ ฉะนั้นที่ขั้ว A และ
B จึงมี.....

31.

ศักดาไฟฟ้าไม่เท่ากัน
หรือมีความต่างศักย์กัน

เวลาฝนตกฟ้าคะนอง จะเกิดฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ก็เพราะ
เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าในระหว่างก้อนเมฆนั่นเอง แสดงว่า
ในก้อนเมฆเกิดอะไรขึ้น

- ก. เกิดศักดาไฟฟ้า
- ข. เกิดประจุไฟฟ้า
- ค. ถูกทั้ง ๒ ข้อ

32.

ตอบ ก.

เมื่อเกิดศักดาไฟฟ้าขึ้น ประจุลบ หรืออิเล็กตรอนจะพยายาม
เคลื่อนที่ไปหาประจุบวก แรงพยายามจะเคลื่อนที่นี้ เราเรียกว่า
"แรงเคลื่อนไฟฟ้า" (Electro motive force)

ดังนั้น เมื่อวัตถุมีศักดาไฟฟ้า มันจึงเกิดแรง.....ขึ้น

33.

แรงเคลื่อนไฟฟ้า

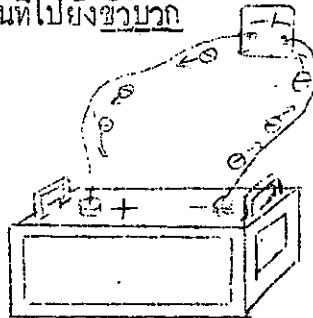
ในแบตเตอรี่ไฟฟ้า จะมีประจุบวกที่ขั้วบวก และมีประจุลบ
ที่ขั้วลบ

ดังนั้น จึงเกิดศักดาไฟฟ้า และเกิดแรง เ.....ไฟ...ขึ้น

34.

แรงเคลื่อนไฟฟ้า

ถ้ามีตัวนำไฟฟ้ามาต่อระหว่างขั้ว ก็จะทำให้อิเล็กตรอน
เคลื่อนที่ไปยังขั้วบวก



เรารู้ว่า ประจุบวกมีศักดา
ไฟฟ้าสูงกว่าประจุลบ

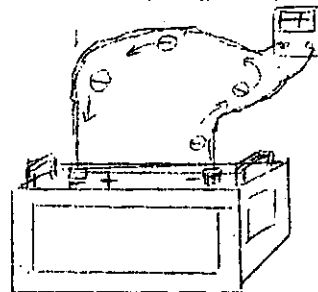
- ดังนั้น อิเล็กตรอนจะไหลอย่างไร
- ก. จากที่มีศักดาไฟฟ้าสูงไปหาต่ำ
 - ข. จากที่มีศักดาไฟฟ้าต่ำไปหาสูง

35.

ตอบ ข.

ทิศทางของกระแสไฟฟ้า เราหมายถึงทิศทางที่ตรงกันข้ามกับ
ทิศทางของ อิเล็กตรอน หรือทิศทางที่สวนทางกัน

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าจะไหลอย่างไร



- ก. ไหลจากที่มีศักดาไฟฟ้าสูง
ไปยังที่มีศักดาต่ำ
- ข. ไหลจากที่มีศักดาต่ำไปยัง
ที่มีศักดาไฟฟ้าสูง

36.

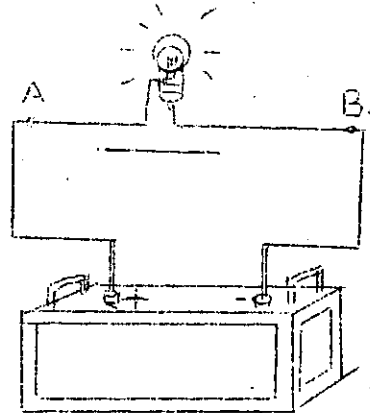
ตอบ ก.

สรุปแล้ว กระแสไฟฟ้าจะไหลได้จะต้องมีศักดาไฟฟ้าเกิดขึ้น
และเมื่อมีศักดาไฟฟ้าเกิดขึ้น จะทำให้เกิดแรง.....ไฟฟ้า

"กระแสไฟฟ้า" จะไหลจากในที่มีศักดาไฟฟ้า.....
ไปยังที่มีศักดาไฟฟ้า.....

37.

แรงเคลื่อนไฟฟ้า
สูง ไป ต่ำ
 →



ถ้าพิจารณาการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร

ที่จุด A จะมีศักดาไฟฟ้าสูงกว่า
ที่ B เพราะ A อยู่ห่างขั้วบวก B
อยู่ทางขั้วลบ

ระหว่างจุด A กับ B จึงมี...

.....

ก. ศักดาไฟฟ้าเท่ากัน

ข. ศักดาไฟฟ้าต่างกัน

38.

เราเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ที่จุด A กับจุด B มี.....

.....

ตอบ ข.

ก. ความต่างศักย์กัน

ข. มีความต่างศักย์กัน

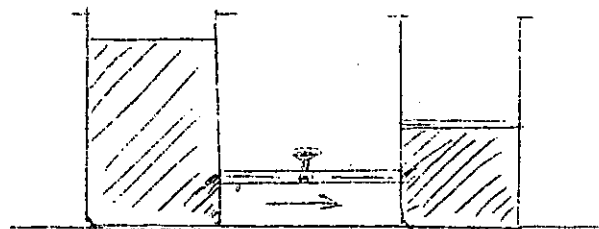
ค. ถูกทั้ง ๒ ข้อ

39.

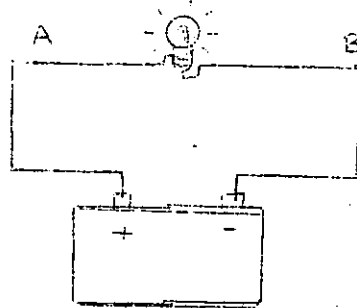
การที่เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นระหว่าง ๒ จุดใด ๆ นี้

เราเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "แรงดันไฟฟ้า" (voltage) ซึ่งคล้ายกับ
ระดับน้ำในถัง ระดับ ถังรูป ความต่างกันของระดับน้ำทำให้เกิด
แรงดัน

ตอบ ค.



พิจารณาวงจรไฟฟ้าอีกครั้ง

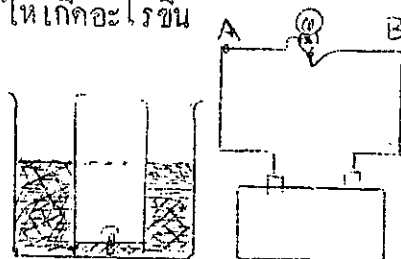


ที่จุด A กับจุด B มีความต่างศักย์ไฟฟ้ากัน ดังนั้น
ที่จุด A กับจุด B นี้จึงมีแรง.....

40.

แรงดันไฟฟ้า

ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่จุด A เท่ากับที่จุด B นั่นคือมีศักดาไฟฟ้า
เท่ากัน จึงทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล เหมือนน้ำในถังทั้ง 2 ที่มีระดับ
เท่ากัน เพราะฉะนั้นเมื่อมี "แรงดันไฟฟ้า" เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า จะทำ
ให้เกิดอะไรขึ้น



ก. กระแสไฟฟ้าไหล

ข. ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล

41.

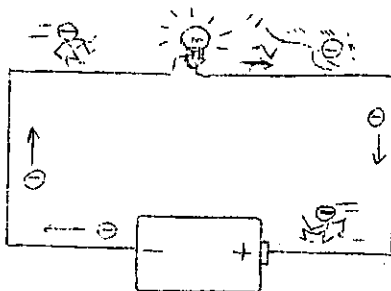
ก. กระแสไฟฟ้าไหล

วิธีที่จะทำให้เกิด แรงดันไฟฟ้า ก็คือ ทำให้เกิดประจุ หรือ
เกิดศักดาไฟฟ้า ซึ่งมีวิธีต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วตั้งแต่ต้น
นักเรียนลองนึกทบทวนดูก็แล้วกันว่ามีวิธีใดบ้าง คิดเอง แล้วก็ลองเอง
ด้วยก็แล้วกันนะครับ หวังว่าคงจะจำได้กันทุกคน

เราพักกันก่อนสัก 1 นาที แล้วค่อยเรียนต่ออีกนิดหนึ่ง

42.

ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีมากน้อยเพียงไรนั้น เราวัดกันอย่างไร มีมาตรฐานอย่างไร เราจะได้เรียนกันต่อไป

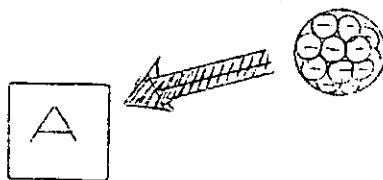


เราทราบแล้วว่า กระแสไฟฟ้าไหลมาก น้อย ขึ้นอยู่กับ ปริมาณของอิเล็กตรอน หรือ ประจุลบ

เขาได้กำหนด "หน่วย" ในการวัดปริมาณของอิเล็กตรอนขึ้นมา หน่วยแรกได้แก่ "คูลอมบ์" (Coulomb) โดยกำหนดว่า "ประจุ 1 คูลอมบ์ เท่ากับ ประจุลบอิเล็กตรอน 6.28×10^{18} ตัว"

43.

ถ้าเราด่าว่า วัตถุ A ได้รับประจุ 1 คูลอมบ์ แสดงว่าวัตถุนั้นได้รับ อิเล็กตรอน.....ตัวนั่นเอง



44.

ตอบ 6.28×10^{18}

ในทำนองเดียวกัน ถ้ากล่าวถึง วัตถุ B เสียประจุไป 1 คูลอมบ์ แสดงว่าวัตถุนั้นเสียอิเล็กตรอนไป.....ตัว

กรอบนี้ ไม่มีอะไรครับ พักผ่อนสายตาก่อน

45.

6.28×10^{18}

เราใช้หน่วย คูลอมบ์ สำหรับบอกปริมาณของ.....

46.

ประจุไฟฟ้า

เราคงจะนับอิเล็กตรอนกันไม่ไหวแน่ ๆ และจริง ๆ เราก็
นับไม่ไ้ค้วย

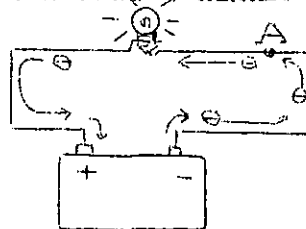
คูลอมบ์ เป็นหน่วยที่เล็ก เรายังมีหน่วยที่ใหญ่กว่านี้อีกหน่วย
หนึ่ง และเป็นหน่วยที่ใช้กันจริง ๆ ในทางปฏิบัติ หน่วยนี้ คือ "แอมแปร์"
(Ampere)

ดังนั้น "แอมแปร์" เป็นหน่วยที่ใช้วัด

47.

"กระแสไฟฟ้า "

สมมติว่า เราให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรนี้ แล้วเราเฝ้า
สังเกตหรือวัดปริมาณของประจุที่ผ่านจุด A ถ้า 1 วินาที ประจุไหล
ผ่านไป 1 คูลอมบ์ หรือ อิเล็กตรอนผ่านไป 6.28×10^{18} ตัว
เรากำหนดให้เป็นกระแส 1 แอมแปร์



ดังนั้น กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ คือ ปริมาณของประจุที่ไหล.....คูลอมบ์ ในเวลา.....วินาที

48.

1 คูลอมบ์, 1 วินาที

ถ้าเราวัดปริมาณของประจุได้ 2 คูลอมบ์ ในเวลา 2 วินาที ถ้าคิดเป็นแอมแปร์จะได้กี่แอมแปร์

ก. 1 แอมแปร์

ข. 2 แอมแปร์

49.

1 แอมแปร์

ในทางปฏิบัติ เราวัดกระแสไฟฟ้าโดยมีหน่วยเป็น.....

50.

แอมแปร์

เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้า เรามีหน่วยสำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าอย่างไร เราทราบแล้วว่า ประจุจะเคลื่อนที่ได้ เมื่อมันมีความต่างศักย์ หรือมีแรงดัน

"แรงดัน" ที่ทำให้ประจุ 1 คูลอมบ์จากที่ที่มีศักย์ต่ำกว่าไปยังที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า แล้วเกิดงาน 1 จูล แรงดันที่ได้จะเท่ากับ 1 โวลต์

B.



A.



ถ้าออกแรงเคลื่อนประจุจาก A → B เกิดงาน 1 จูล แสดงว่ามีแรงดัน 1 โวลต์ "จูล" (Joule) เป็นหน่วยของงาน ซึ่งถ้าจะให้ง่ายขึ้นคิดเป็นกำลังดังนี้ "ทำงาน 1 จูลในเวลา 1 วินาที จะเท่ากับ 1 วัตต์ หรือ 0.00134 กำลังม้า)

51.

ถ้าเรากล่าวถึง "โวลต์" จึงหมายถึงหน่วยที่ใช้วัด.....

.....

52.

แรงดันไฟฟ้า

สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ เรามักจะเรียกว่า "แรงเคลื่อน" ดังนั้นคำว่า "แรงเคลื่อนไฟฟ้า" ก็คือแรง.....
.....นั่นเอง

53.

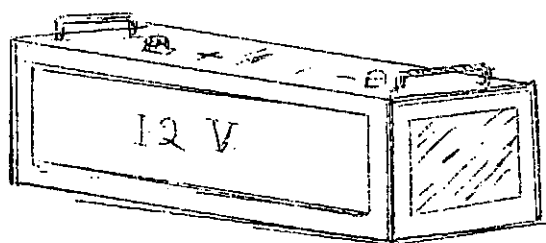
แรงดันไฟฟ้า

ที่ข้าง ๆ ของแบตเตอรี่ เขามักจะเขียนบอกไว้ อักษร V ย่อมาจาก Volt (โวลต์) ดังนั้น "12 V." หมายความว่า แบตเตอรี่นี้มี แรง.....เท่ากับ 12 โวลต์ นั่นเอง

54.

แรงเคลื่อนหรือแรงดัน

จากรูป แสดงว่า แบตเตอรี่มีแรง.....โวลต์



55.

แรงเคลื่อน หรือแรงดัน
12 โวลต์

ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านเรา คือ ไฟฟ้า 220 โวลต์ ตัวเลข 220 โวลต์ บอกให้ทราบว่า.....

56.

ไฟฟ้ามีแรงดัน หรือ
มีแรงเคลื่อน 220 โวลต์

สรุป การวัดกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น.....
การวัดแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น.....

แอมแปร์
โวลต์

เอะ เราเรียนอะไรมาบ้างในบทนี้ ให้นักเรียนเขียนหัวข้อ
เรื่องที่เรียนมาควย

1.....

2.....

3.....

4.....

นักเรียนคงจะเข้าใจพอสมควร ถ้ายังสงสัย พลิกกลับไป
พบทวนสักนิด

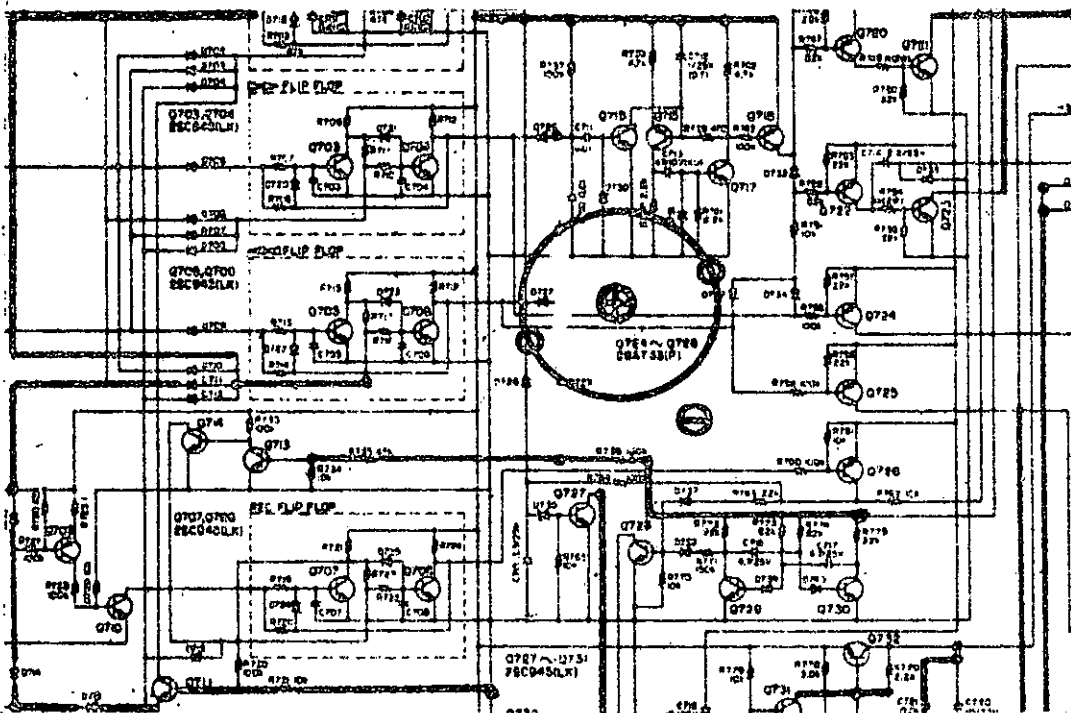
ขณะนี้ เวลา.....น.

บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง ไฟฟ้า·อิเล็กทรอนิกส์ I

◦ BASIC — ELECTRICITY & ELECTRONICS ◦

PROGRAMMED LEARNING ◦



ศาสตราจารย์ ดร. ประสงค์ **ศาสตราจารย์ ดร. ประสงค์**

มศว. ประสงค์มิตร ◦

เมื่อจบบทนี้แล้ว นักเรียนจะต้องมีความสามารถอย่างไรบ้าง

1. สามารถเขียนอธิบายคำจำกัดความของคำว่า ตัวนำ และ ความต้านทาน ได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถเขียนอธิบายกฎของโอห์ม ได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถคำนวณหาค่า ความต้านทานของตัวต้านทาน กระแส และแรงดันไฟฟ้า เมื่อกำหนดค่าใด ๆ ให้ ๒ ค่า ได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถอธิบายชนิดของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และวิธีวัด ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้แก่ โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ และ โอห์มมิเตอร์

เอะ บทนี้ทำไมน้อยจัง สงสัยจะยาก

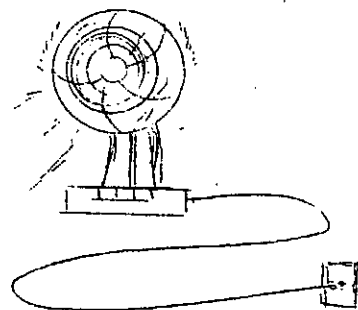
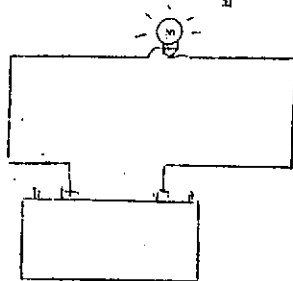
1.

ขณะเวลา.....

บทที่ 5

เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความต้านทาน

ในวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ที่เราใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวันของเรา
ส่วนมากจะประกอบไปด้วย อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า สายไฟ (ตัวนำ)
สวิตช์เปิด - ปิดวงจร เป็นต้น
ถ้าเราต่อวงจรดังรูป



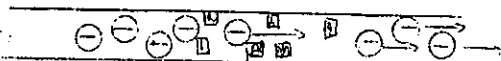
วงจรปิด จะมีกระแสไหลในวงจร ผ่านอุปกรณ์เครื่องใช้
ไฟฟ้า กระแสอิเล็กตรอนที่ไหลผ่าน มันจะผ่านไปไม่สะดวกเลยที่
เดียว เพราะมันจะมีความต้านทาน ต่อกระแสอิเล็กตรอนที่ไหลใน
วงจร

ดังนั้น เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ มันจะมีความ.....

2.

แม้แต่ในสายไฟ หรือ ตัวนำ ก็ยังไม่เป็น ตัวนำ ให้
อิเล็กตรอนผ่านได้ดี 100 % มันยังมี.....อยู่

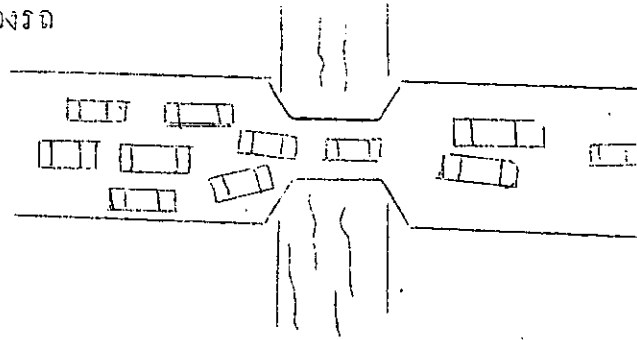
ความต้านทาน



3.

การจราจร

ในถนนใหญ่ ๆ ที่มีรถวิ่งมาก ๆ แต่พอถึงสะพานแคบ ๆ
รถก็ต้องคอย ๆ ผ่านไปทีละคันสองคัน สะพานจึงก้าวนการเคลื่อนที่
ของรถ



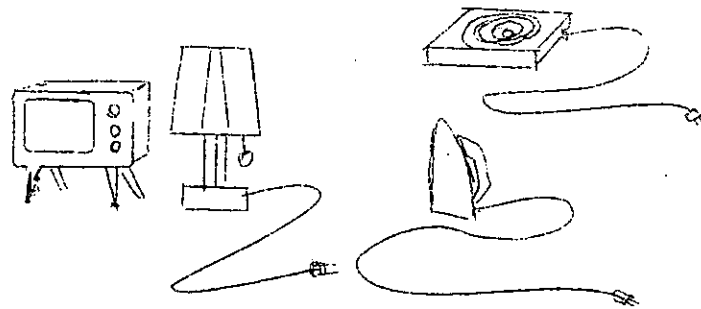
รถเปรียบเสมือน อีเล็กตรอน ที่เคลื่อนที่

สะพาน จึงเปรียบเหมือนตัว.....

4.

ความต้านทาน

อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด มันจะมีความ.....
ตลอดกระแสอีเล็กตรอน



5.

ความต้านทาน

สิ่งที่ต้านการไหลของอีเล็กตรอน เราเรียกว่าเป็น ความต้านทาน
ดังนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เรานำมาต่อในวงจร เราอาจเรียกว่าเป็น....
.....

6.
ตัวต้านทาน

ในการควบคุมกระแสอิเล็กทรอนิกส์ให้ไหล มาก - น้อย ใ้ใน
ทิศทางต่าง ๆ ตามต้องการ เราจะสร้างตัวต้านทานขึ้นมาใช้โดยเฉพาะ
ซึ่งเราจะได้เรียนต่อไป

7.

เรามีหน่วยสำหรับบอกค่าความต้านทานอย่างไร

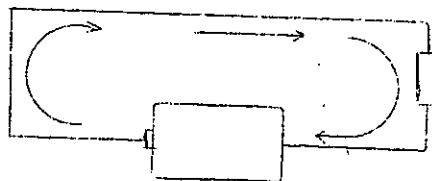
ค่าความต้านทานต่าง ๆ เรามีหน่วยเป็น "โอห์ม" (ohm)
ซึ่งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความ
ต้านทาน กระแส และแรงดันไฟฟ้า

ดังนั้น เราจึงบอกค่าความต้านทานเป็น.....

8.

ความต้านทาน 1 โอห์ม หมายถึงความต้านทานขนาดหนึ่ง
ซึ่งให้ไฟฟ้าที่มีแรงดัน 1 โวลต์ ไหลผ่านไปได้ 1 แอมแปร์

$$I = 1 \text{ แอมแปร์}$$



$$V = 1 \text{ โวลต์}$$

ข้อนี้ให้นักเรียนพิจารณา

โอห์ม

9.

กระแสไฟฟ้าที่ไหล ความต้านทานนั้นจะเป็นสัดส่วนผกผัน
หรือกลับกัน คือ ถ้าความต้านทานมากขึ้น กระแสจะน้อยลง

ในวงจรเดิม (ข้อ 8) ให้แรงดันเท่าเดิม ความต้านทาน
เพิ่มขึ้นเป็น 2 โอห์ม นักเรียนคิดว่ากระแสจะไหลเป็นอย่างไร

ก. ไหลมากกว่า 1 แอมแปร์

ข. ไหลน้อยกว่า 1 แอมแปร์

10

น้อยกว่า 1
แอมแปร์

บอร์จ เซมธอน โอห์ม ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์เหล่านี้
ซึ่งเราเรียกว่า กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

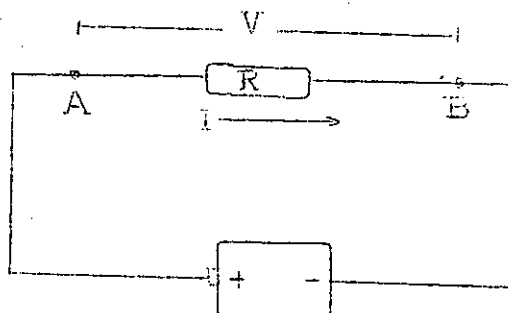
ดังนั้น กฎของโอห์ม จึงใช้อธิบายความสัมพันธ์ของ.....

- ก. แรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า
- ข. แรงดันไฟฟ้ากับความต้านทาน
- ค. แรงดันไฟฟ้า กระแส และความต้านทาน

11.

ตอบ ค.

สาระสำคัญของกฎนี้ กล่าวว่า "ระหว่าง 2 จุดใด ๆ
ในวงจรไฟฟ้า อัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าต่อกระแสที่ไหลผ่าน
จะมีค่าคงที่" หรือมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานระหว่าง 2 จุดนั้นเอง



12.

ถ้ายังมองเห็นไม่ชัดเจน เขียนใหม่ ดูวงจรข้อ 11

ให้ V คือ แรงดันไฟฟ้า

I คือ กระแสไฟฟ้า

R คือ ความต้านทาน

อัตราส่วนระหว่าง แรงดันต่อกระแส เราเขียนได้อย่างไร

- ก. $V : R$ หรือ $\frac{V}{R}$
- ข. $R : V$ หรือ $\frac{R}{V}$
- ค. $V : I$ หรือ $\frac{V}{I}$

13.

อัตราส่วนระหว่างแรงดันต่อกระแส จะเท่ากับค่าคงที่ หรือ
เท่ากับ ค่าความต้านทาน
คิงนั้น

ตอบ ค.

$V : I$ หรือ

$\frac{V}{I}$

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

ก. I

ข. R

14.

ความสัมพันธ์ที่เราถือว่าเป็นสูตรเบื้องต้นที่เป็นหลักของ
วิชาไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ให้นักเรียน
ทำความเข้าใจให้ดี

ตอบ ข.

สูตร $\frac{V}{I} = R$ เราเขียนใหม่ดังนี้ $V = IR$

นักเรียนคิดว่าถูกต้องไหม ลองพิจารณา

ก. ถูกต้อง

ข. ไม่ถูกต้อง

15.

ถูกต้อง

สูตรหรือกฎ $V = IR$ นี้ เราเรียกว่าเป็นกฎของ.....
.....

16.

กฎของโอห์ม

กฎของโอห์ม ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของอะไรบ้าง

ก.

ข.

ค.

17.

แรงดันไฟฟ้า
กระแสไฟฟ้า
ความต้านทาน

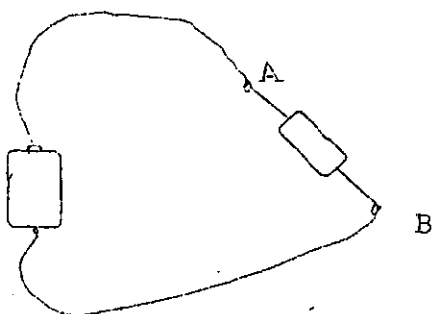
V มีหน่วยเป็น.....
I มีหน่วยเป็น.....
R มีหน่วยเป็น.....

18.

โวลต์
แอมแปร์
โอห์ม

นักเรียนลองคำนวณเล่น ๆ ซักข้อซิ

ในวงจรนี้ ถ้าแรงดันไฟฟ้า
ระหว่างจุด A, B เท่ากับ 2
โวลต์ ความต้านทานเท่ากับ 2
โอห์ม จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
ตัวต้านทานเท่าไร



สูตร $V = IR$

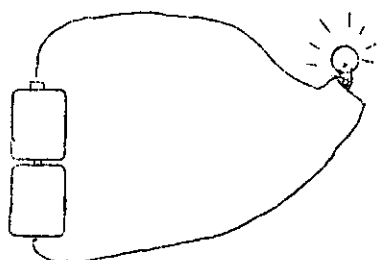
แทนค่า = ...

.....ตอบ

19.

1 แอมแปร์

ลองอีกข้อหนึ่ง นะ



แบตเตอรี่ มีแรงดันหรือแรง
เคลื่อน 3 โวลต์ หลอดไฟฟ้า
มีความต้านทาน 12 โอห์ม
กระแสจะไหลผ่านหลอดไฟเท่าไร

ตอบ.....

20.

แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ เราเรียกว่า แรงเคลื่อน
ไฟฟ้า (Electromotive force) เราแทนด้วย E

0.25 แอมแปร์

ดังนั้น สูตร $V = IR$ เราจึงเขียนใหม่ได้ดังนี้

ก. $E = IR$

ข. $V = ER$

21.

ก. $E = IR$

E หมายถึง.....

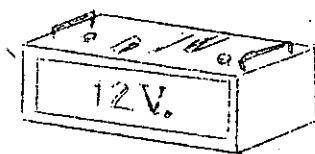
I หมายถึง.....

R หมายถึง.....

22.

แรงเคลื่อนไฟฟ้า
กระแสไฟฟ้า
ความต้านทาน

แบตเตอรี่ดังรูป เขียนไว้ข้างว่า 12 V หมายถึงอะไร



ก. มีแรงเคลื่อน 12 โวลต์

ข. มีกระแส 12 แอมแปร์

ค. มีความต้านทาน 12 โอห์ม

23.

ถ้านำเอาแบตเตอรี่ ข้อ 22 มาต่อกับหลอดไฟที่มีความต้านทาน 24 โอห์ม จะมีกระแสไหลเท่าไร

ตอบ ก.

ก. 3 แอมแปร์

ข. $\frac{1}{2}$ แอมแปร์

ค. 1 แอมแปร์

24.

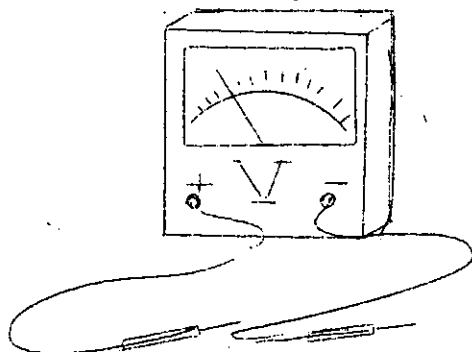
ตอบ ข.

ที่ผ่านมา เราทราบปริมาณของกระแส แรงดัน และความต้านทาน โดยการคำนวณ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว เรามีเครื่องมือสำหรับวัด ตามต้องการว่าจะวัดอะไร

(หน้าถัดไป)

เครื่องมือในรูปนี้ เรียกว่า
โวลท์มิเตอร์ นักเรียนลองคิด
ดูว่า จะใช้วัดอะไร

$\frac{1}{2}$ แอมแปร์

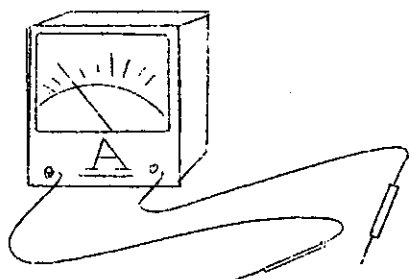


- ก. วัดแรงดัน
- ข. วัดกระแส
- ค. วัดความต้านทาน

25.

รูปนี้เป็น "แอมมิเตอร์" ซึ่งมีลักษณะ และการทำงานคล้ายกับ โวลท์มิเตอร์ นักเรียนคิดว่า แอมมิเตอร์นี้ ใช้วัดอะไร

ใช้วัดแรงดัน

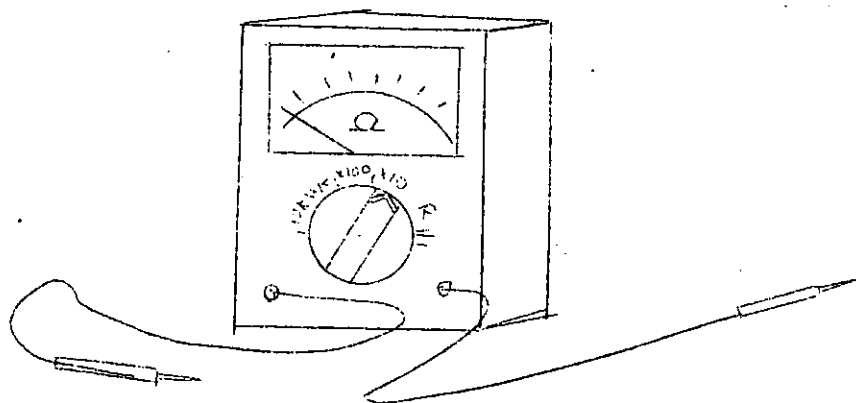


- ก. แรงดัน
- ข. กระแส
- ค. ความต้านทาน

26.

รูปนี้เป็น "โอห์มมิเตอร์" นักเรียนตอบได้ทันทีว่า ใช้วัด

๓๐๒ ข

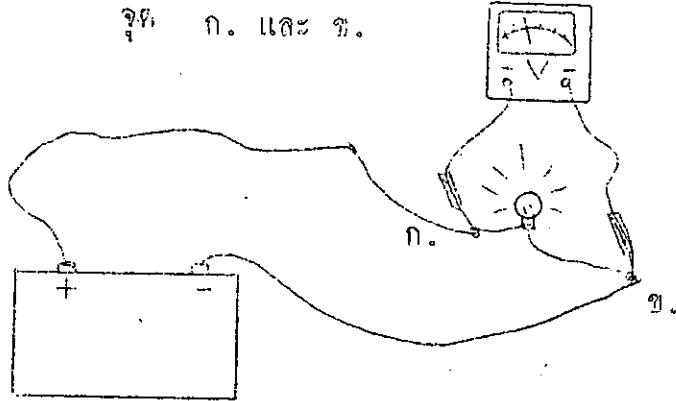


27.

การใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า ถ้าเราต้องการทราบแรงดันระหว่างจุดใด ๆ เราจะต่อโวลต์มิเตอร์คร่อมหรือขนานกับจุดนั้น ๆ โดย ดังรูป เราต้องการวัดแรงดันระหว่างจุด ก. และ ข. เราจึงใช้โวลต์มิเตอร์ต่อ.....ระหว่าง

ใช้วัดความต้านทาน

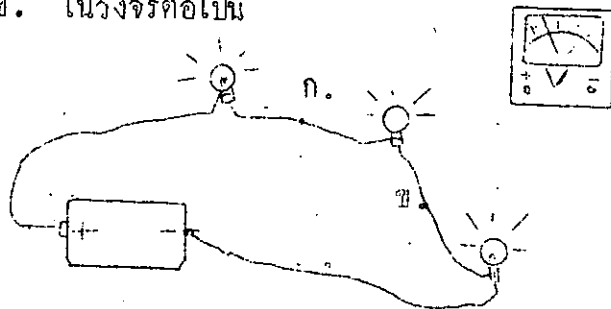
จุด ก. และ ข.



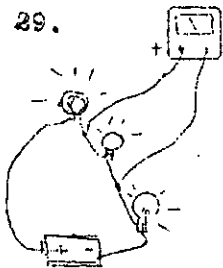
28.

ให้นักเรียนเขียนรูปแสดงการวัดแรงดันระหว่างจุด ก. กับจุด ข. ในวงจรต่อไปนี้

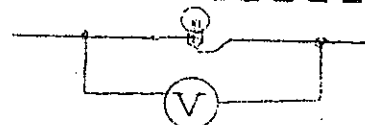
คร่อม หรือขนาน



29.



การต่อลักษณะนี้



สังเกตให้ดี เราจะเอาโวลต์มิเตอร์ต่อ "ขนาน" กับหลอดไฟ เราจึงเรียกว่าการต่อแบบ ขนาน

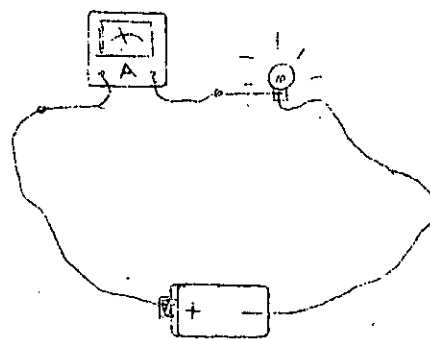
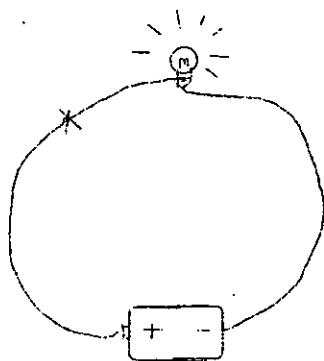
ดังนั้น การใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันระหว่าง ๕ จุดใด ๆ เราจะใช้ต่อแบบ.....

30.

การใช้ แอมมิเตอร์ วัดกระแส เพื่อจะทราบว่ากระแสไหลในวงจรเท่าไร เราจะต่อดังรูป

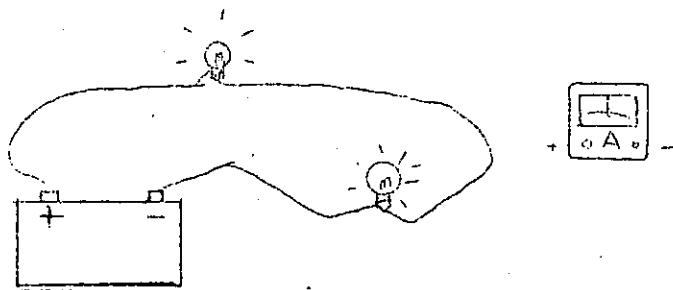
เราจะตัดวงจรออกแล้ว ต่อแอมมิเตอร์เข้าไป

แบบขนาน



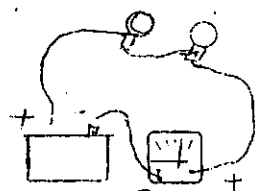
31.

การต่อแอมมิเตอร์ เราจะตัดวงจรตรงไหนก็ได้ แล้วต่อแทรกเข้าไป นักเรียนลองต่อ แอมมิเตอร์ ในวงจรต่อไปนี้



32.

อาจจะต่อดังนี้



การต่อวงจร ในลักษณะเรียงกันแบบนี้



เราเรียกว่าการต่อแบบ อันกับ หรือแบบอนุกรม

ดังนั้น การต่อแอมมิเตอร์ เราจึงต่อแบบ.....

33.

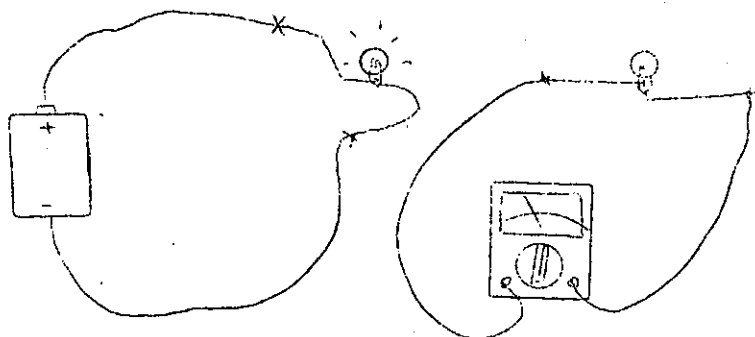
อนุกรม

การวัด ความต้านทาน เราจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า....

.....

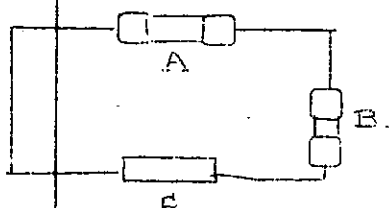
การใช้โอห์มมิเตอร์ วัดความต้านทาน เราจะใช้คล้ายกับ
โวลต์มิเตอร์ คือ ต่อ ขนาน กับสิ่งที่ต้องการวัด แต่ต้องตัดอุปกรณ์
นั้น ๆ ออกจากวงจร ดังรูป

โอห์มมิเตอร์



34.

ถ้าเราต้องการวัด ความต้านทาน ของอุปกรณ์ A เราจะวัด
อย่างไร



- ก. วัดคร่อมได้เลย
- ข. ต่อโอห์มมิเตอร์ขนาน
- ค. ตัดออกจากวงจรแล้ววัด

35.

ข้อใด ผ.

บางครั้งเครื่องวัดเขาจะสร้างรวมกันอยู่ในเครื่องเดียว
เวลาจะวัด ก็บิတ်สวิตช์ไปตามต้องการ เช่น ต้องการวัดกระแส
ก็บิดไปที่ ต้องการวัดแรงดันก็บิတ်สวิตช์ไปที่ เป็นต้น

ก.

เราเรียกเครื่องมือนี้ว่า

มัลติมิเตอร์ (Multimeter)

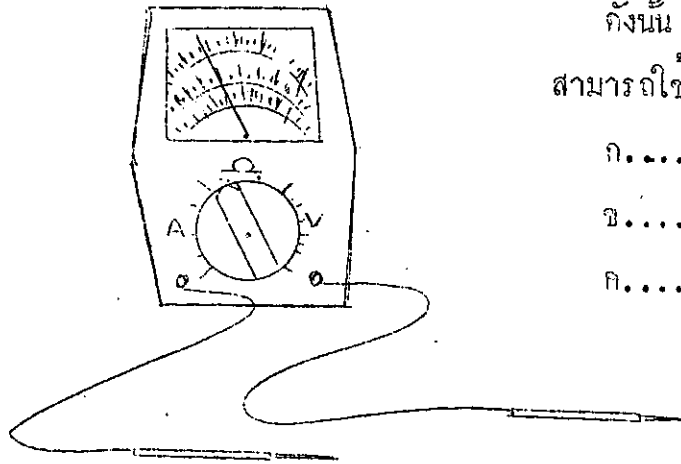
ดังนั้น มัลติมิเตอร์ อย่างน้อย

สามารถใช้วัดอะไรได้บ้าง

ก.

ข.

ค.



36.

แรงดัน

กระแส

ความต้านทาน

เราอาจสรุปได้ว่า เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าแบบพื้นฐาน
อย่างน้อยมี 3 ชนิดคือ

1.

2.

3.

37.

โวลท์มิเตอร์

แอมป์มิเตอร์

โอห์มมิเตอร์

ข้อพิพาทรายการด้วยการทดสอบเล็ก ๆ น้อย ๆ

ให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์ต่อไปนี้

.....1. โวลท์มิเตอร์ A ใช้วัดกระแส

.....2. แอมป์มิเตอร์ B ใช้วัดความต้านทาน

.....3. โอห์มมิเตอร์ C ใช้วัดแรงดัน

.....4. การวัดกระแส D ต่อขนานกับวงจร

.....5. การวัดความต้านทาน E ต่อขนานกับวงจร

.....6. มัลติมิเตอร์ F ตัดอุปกรณ์ออกจากวงจร

.....7. การวัดแรงดัน แล้วจึงวัด

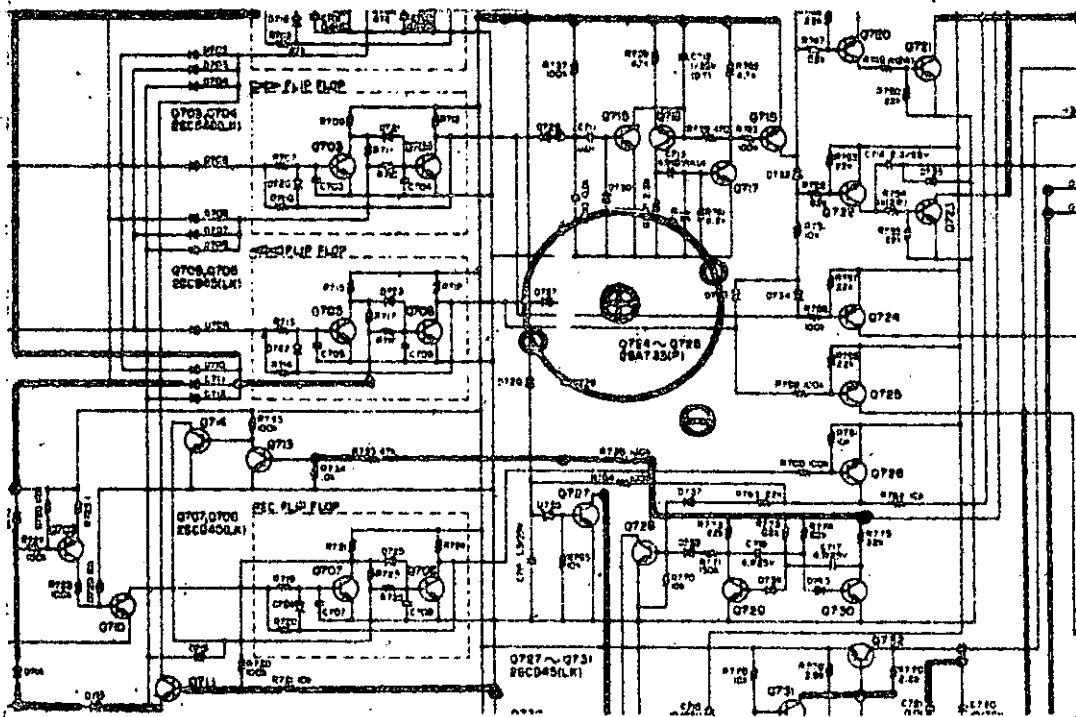
	G มีเครื่องวัดหลายชนิดรวม อยู่ในเครื่องเดียวกัน
1 - C	เห็นทางจะสมควรแก่เวลาแล้วกระมัง โปรดพลิกกลับไปพบพวก สักเล็กน้อย แล้วคอยพักคงจะคืนะครับ โปรดบันทึกเวลาค้น ขณะนี้เวลา.....น.
2 - A	
3 - B	
4 - E	
5 - F	
6 - G	
7 - D	

บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง ไฟฟ้า·อิเล็กทรอนิกส์ II

◦ BASIC — ELECTRICITY & ELECTRONICS ◦

PROGRAMMED LEARNING ◦



ศาสตราจารย์ ดร. ประสงค์

มศว. ประสานมิตร ◦

บทที่ 6

ตัวต้านทาน (Resistor)

เมื่อนักเรียนเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนต้องมีความสามารถดังนี้

1. สามารถเขียนวงจรการต่อความต้านทานได้ 3 วิธี คือ แบบขนาน แบบอนุกรม และแบบผสม
2. สามารถคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร เมื่อกำหนดค่าความต้านทานและวิธีต่อให้ ได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถเขียนค่าความต้านทานที่ได้จากการอ่านค่าจากรหัสสีที่ตัวต้านทานได้อย่างถูกต้อง โดยดูค่าสีจากตาราง
4. เมื่อกำหนดหน่วยใด ๆ ขึ้นมา ได้แก่ โวลต์ แอมแปร์ โอห์ม นักเรียนสามารถเขียนตอบได้อย่างถูกต้องว่า เป็นการวัดอะไร
5. เมื่อนักเรียนได้เห็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องรับวิทยุ โทรทัศน์ หรือเครื่องขยายเสียง สามารถชี้บอกได้ว่าอุปกรณ์ใดคือตัวต้านทาน

ขณะเวลา.....

บทที่ 6

ตัวต้านทาน , การต่อตัวต้านทาน

ในบทนี้ เราจะเริ่มเข้าสู่วิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นวิชา
ที่ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์อย่างละเอียดละออ เช่น
วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องขยายเสียง ตลอดจนถึง คอมพิวเตอร์ ฯลฯ
ก่อนนั้น เราจะต้องศึกษาและเข้าใจถึงอุปกรณ์พื้นฐาน ที่ใช้
ในการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ก่อน ซึ่งได้แก่

1. ตัวต้านทาน (Resistor)
2. แคลปซิเตอร์ หรือ คอนเดนเซอร์ (Capacitor ,
condener)
3. อินดักเตอร์ (Inductor)
4. หลอดสุญญากาศ และ สารโซลิดสเตท (Vacuumtube
and Solid state)

เราจะไปศึกษาเป็นอย่าง ๆ ไป อันดับแรกในบทนี้
จะเรียนเรื่องตัวต้านทาน กันก่อน

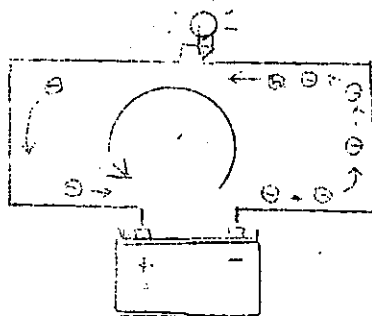
1.

ตัวต้านทานเป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อต้าน หรือ ขัดขวาง
การไหลของอิเล็กตรอนโดยเฉพาะ
ดังนั้น ถ้าเราต้องการให้อิเล็กตรอนในวงจร ไหลมาก-น้อย
ตามที่เรต้องการ เราจึงใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า.....

2.

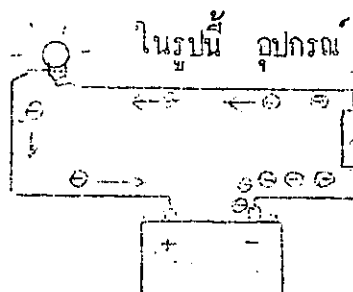
ในรูปวงจรนี้ มีกระแสไหล 0.5 แอมแปร์ (Ampere)
(รูปอยู่นำหน้าถัดไป)
ถ้าเราต้องการให้กระแสไหลน้อย
กว่านี้ เราต้องหาตัว.....

ตัวต้านทาน



การไหลของ.....

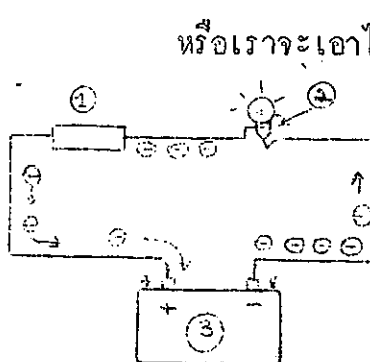
ตัวต้านทาน
อีเล็คตรอน



ในรูปแบบ อุปกรณ์ หมายเลข ① เป็นตัวต้านทานการไหลของ
อีเล็คตรอน อุปกรณ์นั้นคือ...
.....

3.

ตัวต้านทาน



หรือเราจะเอาไปต่อกับอีกด้านหนึ่ง ก็จะได้ผลเหมือนกัน คือ

ตัว.....จะต้องการ
ไหลของ.....ในวงจร

4.

ตัวต้านทาน
อีเล็คตรอน

ต่อไปเราจะใช้สัญลักษณ์ ~~~~ เขียนแทนตัวต้านทาน
(สัญลักษณ์สากล ใช้นานทั่วโลก)

จากข้อ 3 เราจึงเขียน

~~~~~ แทนอุปกรณ์ใด

ก. 1

ข. 2

ค. 3

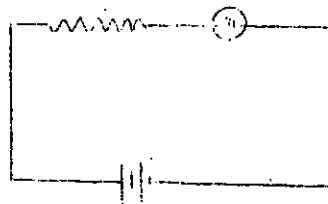
5.

ก. 1

เราใช้สัญลักษณ์  แทน แบตเตอรี่

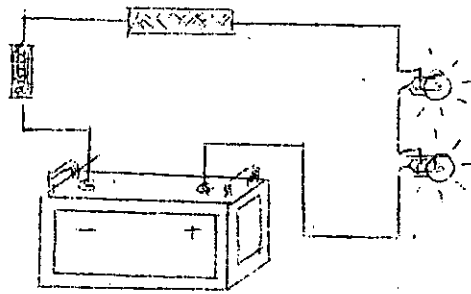
 แทน หลอดไฟ

จากรูปวงจร ขด 3, เราจึง  
เขียนเป็นสัญลักษณ์โดยสมบูรณ์  
ดังรูป ข้างนี้



6.

ในวงจรนี้ ให้นักเรียนเขียนเป็นสัญลักษณ์โดยสมบูรณ์บ้าง



รูป

สัญลักษณ์

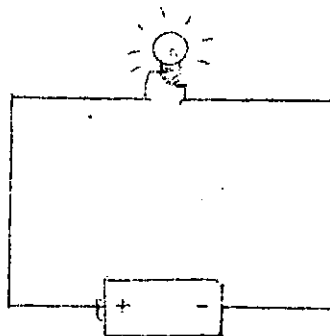
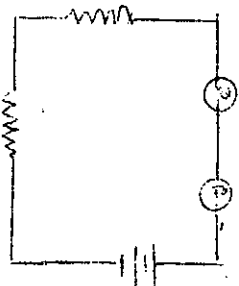
7.

ถ่านไฟฉาย ก็เป็นแบตเตอรี่แบบหนึ่ง เป็นแบบ 1 ห่อง

เราใช้สัญลักษณ์  แทน

เหมือนกัน จงเขียนรูปวงจรนี้

ให้เป็นสัญลักษณ์โดยสมบูรณ์

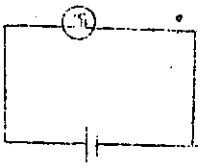


รูป

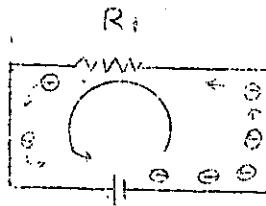


เขียนสัญลักษณ์

8.



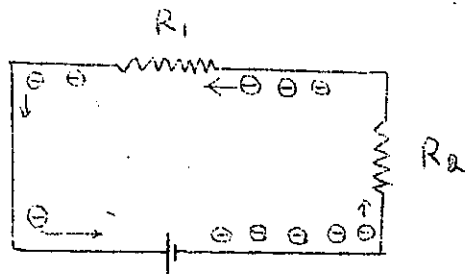
การต่อความต้านทานในวงจร เราทำได้หลายแบบ



นักเรียนคงจะ มีตัวต้านทาน  
1 ตัว มัน ทำหน้าที่ให้ของ  
ไฟฟ้าไหลของ  
อิเล็กตรอนขนาดหนึ่ง

9.

ถ้าเราเพิ่มตัวต้านทานอีกตัวหนึ่งในวงจร การต่อแบบนี้



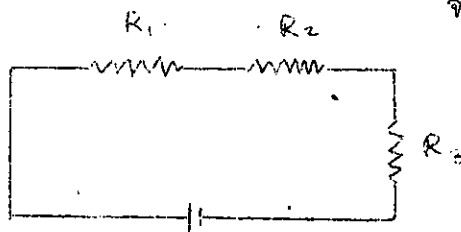
ตัวต้านทานมันจะช่วยกันต้านการ  
ไหลของอิเล็กตรอน ดังนั้น  
อิเล็กตรอนจึงไหล.....

- ก. มากขึ้น
- ข. เท่าเดิม
- ค. น้อยลง

10.

ถ้าเราเพิ่ม.....อีกตัวหนึ่ง อิเล็กตรอน

จะยิ่งไหลน้อยลงกว่าเดิมอีก



น้อยลง

11.

การต่อตัวต้านทานที่กล่าวมา เป็นการต่อแบบอนุกรม

หรือแบบอนุกรม

ตัวต้านทาน

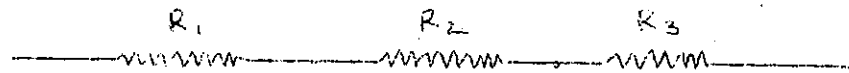
ดังนั้นการต่อตัวต้านทานแบบ อนุกรม ความต้านทานจะ.....

- ก. เท่าเดิม
- ข. เพิ่มขึ้น
- ค. ลดลง

12.

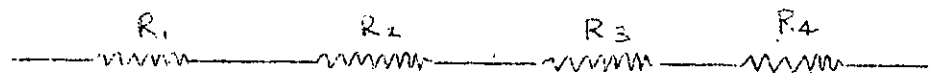
เพิ่มขึ้น

ถ้าเราต่อตัวต้านทานอนุกรมกันดังรูป



ความต้านทานรวมทั้งหมดจะเท่ากับ  $R_1 + R_2 + R_3$

ดังนั้น ถ้ามีตัวต้านทาน 4 ตัวดังรูป

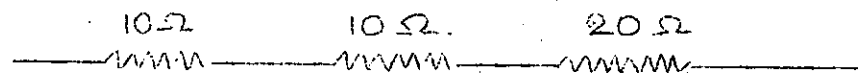


ความต้านทานรวมจึงเท่ากับ

13.

$$R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

จงหาความต้านทานรวมของตัวต้านทานชุดนี้



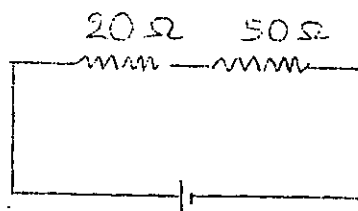
ความต้านทานรวมจะเท่ากับ.....โอห์ม

(เราใช้เครื่องหมาย  $\Omega$  แทนคำว่า โอห์ม)

14.

40  $\Omega$

วงจรนี้  $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$  รวม จะมีค่าเท่าไร



ก. 70  $\Omega$

ข. 30  $\Omega$

ค. 20  $\Omega$

15.

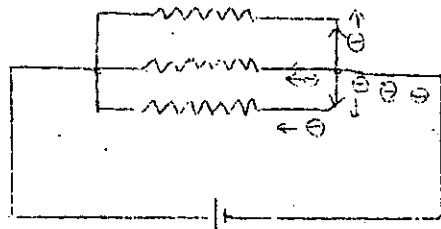
70  $\Omega$

การหาค่าความต้านทานรวม โดยเอาค่า ความต้านทานแต่ละตัวมารวมกัน

เราใช้กับวงจรที่ ตัวต้านทานต่อกันแบบ.....

16.

อนุกรม



เรามีวิธีการต่อตัวต้านทานอีกแบบหนึ่ง ดังรูป เราเรียก

ว่า การต่อแบบขนานกัน

ในวงจรนี้ ต่อตัวต้านทาน

3 ตัว ดังนั้นอีเล็กตรอนจึง

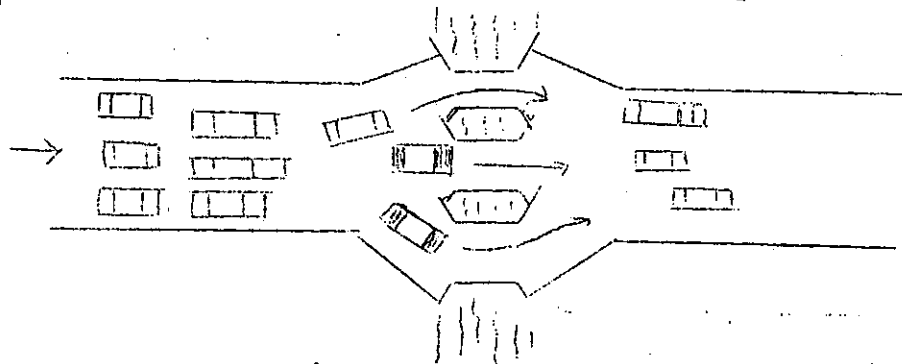
สามารถเคลื่อนที่ไปได้ 3 ทาง

นักเรียนลองคิดดู อีเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปสะดวกขึ้น

หรือว่าลำบากกว่าเดิม (ให้คิดดูเอง ตอบในใจ)

17.

เปรียบเทียบกับรถวิ่งบนถนน พอถึงแม่น้ำจะมีสะพานข้าม  
แทนที่จะมีสะพานเดียว กลับมีถึง 3 สะพาน ดังรูป



รถจะวิ่งได้สะดวก หรือว่ารถจะติด .....

18.

สะดวก

การไหลของอีเล็กตรอน ก็คล้ายกับรถ

ดังนั้น ในข้อ 16 อีเล็กตรอนจะไหลหรือเคลื่อนที่เป็นอย่างไร

ก. สะดวกขึ้น ข. ลำบากขึ้น

19.

ตอบ ก.

เพราะ

แน่นอน ถ้ามีสะพานมาก รถก็ยังวิ่งผ่านสบาย ไม่ต้องแออัด  
กันขึ้นสะพานเดียว ดังนั้น ยิ่งต่อตัวต้านทานขนานกันมาก อีเล็กตรอน  
ก็จะเคลื่อนที่.....

20.  
สะดวกยิ่งขึ้น

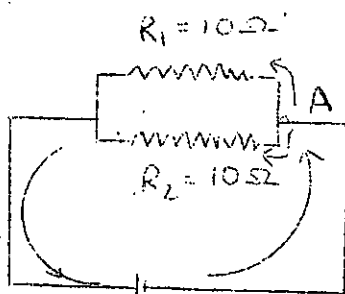
การต่อตัวต้านทานขนานกัน จะทำให้ความต้านทาน หรือ  
แรงต้านต่ออิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง

21.

ให้พิจารณาวงจรต่อไปนี้



ลดลง

ถ้าอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่มาถึงจุด A

มันก็จะแยกกันไปทาง  $R_1$

และ  $R_2$  แต่  $R_1$  และ  $R_2$

มีค่าเท่ากัน หรือมีแรงต้าน

เท่า ๆ กัน ความสะดวกของ

อิเล็กทรอนิกส์ก็มีมากขึ้น  $R_1$ ,  $R_2$

จะแบ่งเบาภาระกันลดลงครึ่งหนึ่ง หรือความต้านทานของ R รวม

จะลดลงครึ่งหนึ่ง ดังนั้นความต้านทานรวมจะเท่ากับ.....โอห์ม

22.

5 โอห์ม

ถ้าตัวต้านทานเพิ่มขึ้นเป็น 3 ตัว ความต้านทานก็จะลดลง  
อีกเหลือ 1 ใน 3 ส่วน นั่นคือความต้านทานจะเหลือ.....โอห์ม

23.

$\frac{10}{3}$  โอห์ม

ถ้ามีตัวต้านทานหลาย ๆ ตัว แต่ละตัวความต้านทานเท่ากัน  
ความต้านทานรวมจะเท่ากับ ค่าความต้านทานตัวใดตัวหนึ่งหารด้วย  
จำนวน R ทั้งหมด

ดังนั้น ถ้ามีตัวต้านทานอยู่ 10 ตัว แต่ละตัวมีความต้านทาน  
20 โอห์ม ถ้าต่อขนานกัน จะมีความต้านทานรวมเท่าไร

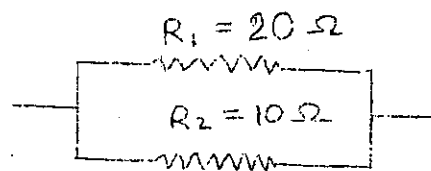
ก. 200 โอห์ม

ข. 2 โอห์ม

24.

ถ้าตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากัน ทอขนานกัน เราจะ  
หาจำนวนหารไม่ได้ แต่เรามีวิธีหา โดยใช้สูตร

ตอบ ข.



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

รูปนี้ จะได้อะไรความต้านทานรวมดังนี้

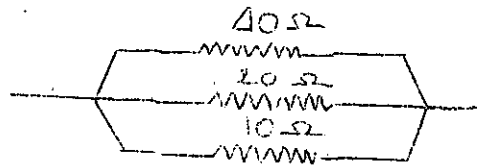
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{20} + \frac{1}{10}$$

$$R_{รวม} = \dots \dots \dots \Omega$$

25.

ลองหาค่า ความต้านทานรวม ขั้วขั้ว

$$R = \frac{20}{3} \Omega$$



$$R_{รวม} = \dots \dots \dots \Omega$$

26.

ไม่ว่าค่าความต้านทานของแต่ละตัวจะเท่ากันหรือไม่ก็ตาม  
ถ้าต่อกันแบบ ขนาน เราสามารถคำนวณโดยใช้สูตรนี้ได้

$$R = 5.72 \Omega$$

$$\text{สูตร} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \frac{1}{R_n}$$

ลองหาค่าความต้านทานรวมต่อไปนี้ ซึ่งถ้านำมาทอขนานกัน

1. 20  $\Omega$ , 20  $\Omega$ , 20  $\Omega$ , 20  $\Omega$  ตอบ.....

2. 50  $\Omega$ , 25  $\Omega$ , 75  $\Omega$  ตอบ.....

3. 4  $\Omega$ , 8  $\Omega$ , 32  $\Omega$  ตอบ.....

27.

ก. 5  $\Omega$

ข. 13.63  $\Omega$

ค. 3.46  $\Omega$

นักเรียนสังเกตข้อ 2, 3 ถ้าความต้านทานรวม จะมีค่า  
เป็นอย่างไร

ก. มากกว่าค่าความต้านทานตัวที่ค่าน้อยที่สุด

ข. เท่ากับค่าความต้านทานของตัวที่ค่าน้อยที่สุด

ค. น้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวที่ค่าน้อยที่สุด

28.

ตอบ ก.

เราจึงสังเกตได้ง่าย ๆ ถ้าเป็นการต่อความต้านทานแบบ  
ขนาน ความต้านทานรวมจะมีค่าน้อยกว่าตัวที่มีค่าน้อยที่สุด เช่น  
 $R_1 = 20 \Omega, R_2 = 30 \Omega, R_3 = 100 \Omega$  ค่า R รวมจะน้อยกว่า 20  $\Omega$

ดังนั้น  $R_1 = 3,000 \Omega, R_2 = 200 \Omega$  รวมจะ.....

ก. มากกว่า 200  $\Omega$

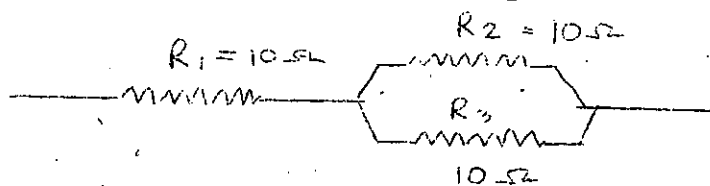
ข. น้อยกว่า 200  $\Omega$

29.

ตอบ ข.

(ถ้าไม่เชื่อลองเอา  
แทนค่าในสูตรแล้ว  
คิดดู นะ)

เรายังมีวิธีต่อตัวต้านทานอีกแบบหนึ่งคือ การต่อแบบผสมกัน  
คือทั้งแบบอนุกรม และแบบขนานกัน ดังรูป



ส่วนที่ขนานกันคือ..... ก.  $R_1$  กับ  $R_2$  , ข.  $R_3$  กับ  $R_2$

30.

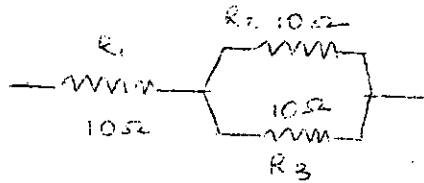
บ.  $R_3$  กับ  $R_2$

จากข้อ 29 เราหาค่าความต้านทานรวมของ  $R_2$  กับ  $R_3$   
จะได้.....

31.

5 โอห์ม

ถ้า  $R_2$  กับ  $R_3$  รวมกันแล้ว เป็นอนุกรมกับ  $R_1$  อยู่  
ดังนั้น  $R$  รวมทั้งหมดจึงเท่ากับ



$$R_1 + \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

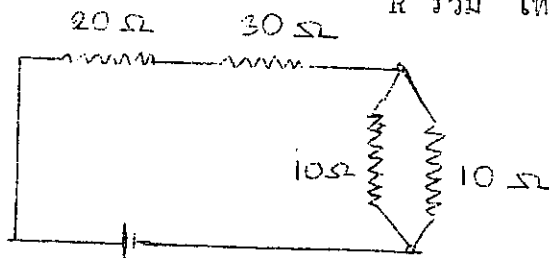
$$R_{รวม} = \dots\dots\dots$$

32.

15  $\Omega$

วงจรนี้ จะมี  $R$  รวมเท่ากับกี่โอห์ม

$R$  รวม เท่ากับ.....โอห์ม



33.

55 โอห์ม

สรุปแล้ว เราทอคว้านทานได้ 3 วิธี คือ

1. ทอแบบ.....

2.....

3.....

สูตร การหา  $R$  รวม ถ้าทอแบบอนุกรม

.....

สูตร การหา  $R$  รวม ถ้าทอแบบขนาน

.....

การทอแบบผสม เราต้องหา  $R$  รวม ส่วนที่.....

(ขนาน / อนุกรม) ก่อน แล้วจึงรวมกับตัวที่ต่อ.....(อนุกรม/ขนาน)

34.

รูปต่อไปนี้เป็นลักษณะของตัวต้านทาน ที่ใช้ใน วิทยุ โทรทัศน์  
เครื่องขยายเสียง แบบที่เห็นอยู่นี้เป็นแบบมีค่า คงที่ คือแต่ละตัวมี  
ค่ากำหนดไว้ อาจจะเป็น 100 โอห์ม , 500 โอห์ม เป็นต้น

1. อนุกรม

2. ขนาน

3. ผสม

สูตร

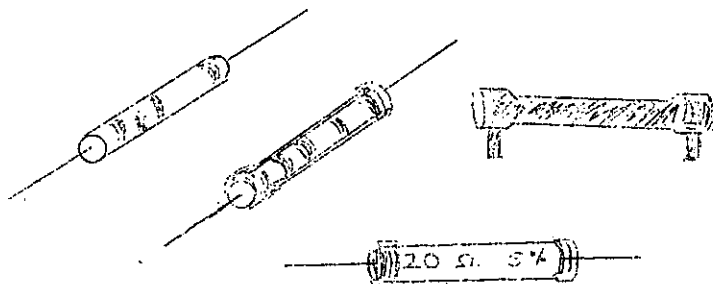
$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

สูตร

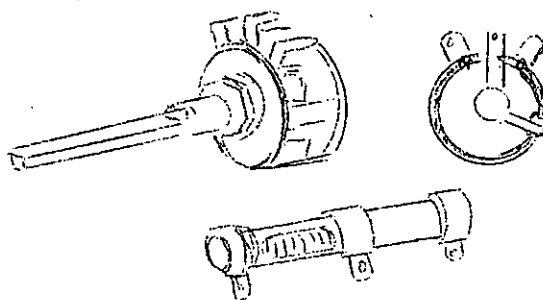
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ขนาน

อนุกรม



แบบนี้ เป็นแบบเปลี่ยนค่าได้ คือมีแกนหมุนเปลี่ยนค่าได้ตาม  
ความต้องการ อาจจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1,000 โอห์มโดยการปรับ  
ตามต้องการ



สรุป เราแบ่งประเภทของตัวต้านทานเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

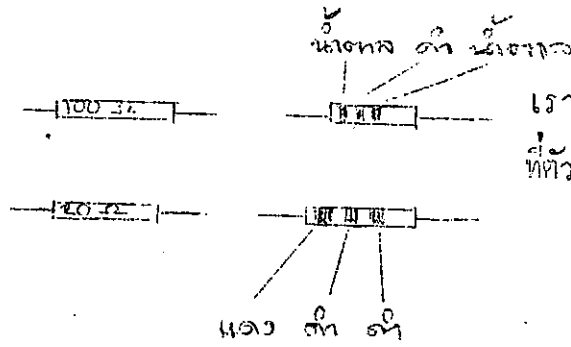
1.....

2.....

35.

การบอกค่าความต้านทาน บางทีจะเขียนค่าไว้ที่ตัวของมัน  
และบางทีบอกเป็น โค้ดสี (Code) ให้เป็นที่เข้าใจกัน

แบบคางที่  
แบบเปิดบนคาโด



เราจึงบอกค่าความต้านทานไว้  
ที่ตัวต้านทานแต่ละตัวได้ 2 แบบคือ

- 1.....
- 2.....

36.  
แบบตัวเลข  
แบบโค้ดสี

การบอกเป็นตัวเลข อาจจะทำให้ ตัวเลขหลุด ลอกได้  
ถ้านาน ๆ ไป เขาจึงใช้แบบโค้ดสี ซึ่งคิดได้ทนทานกว่า เขาจึง  
นิยมบอกค่าความต้านทานเป็นแบบ.....

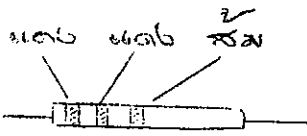
37.

การอ่านโค้ดสี นั้น เขาได้กำหนดเป็นสากลทั่วโลก ไว้ดังนี้

|        |   |         |   |
|--------|---|---------|---|
| สีคำ   | ๐ | น้ำเงิน | 6 |
| น้ำตาล | 1 | ม่วง    | 7 |
| แดง    | 2 | เทา     | 8 |
| ส้ม    | 3 | ขาว     | 9 |
| เหลือง | 4 |         |   |
| เขียว  | 5 |         |   |

โค้ดสี

ถ้านักเรียนสนใจที่จะเป็นนักอิเล็กทรอนิกส์ จำเป็นที่จะต้อง  
จำให้ได้นะ นักเรียนดูตัวต้านทานตัวนี้ ถ้าแทนตัวเลขลงไปจะได้  
อะไรบ้าง



.....

38.

แต่การแทนตัวเลขนั้น แถบสีหลังสุด จะแทนด้วยจำนวนเลข 0  
(ศูนย์) ดังนั้นจากข้อ 37

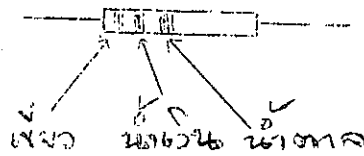
2 2 3

จึงแทนได้ดังนี้.....โอห์ม

39.

ตัวนี้จะใช้ทำอะไร

22,000 โอห์ม



ก. 561  $\Omega$

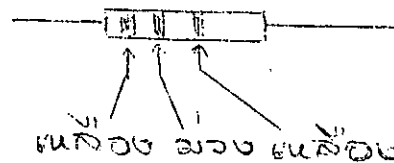
ข. 560  $\Omega$

ค. 5600  $\Omega$

40.

ให้อ่านอีกตัวหนึ่ง ตัวนี้จะใช้ทำอะไร

560  $\Omega$

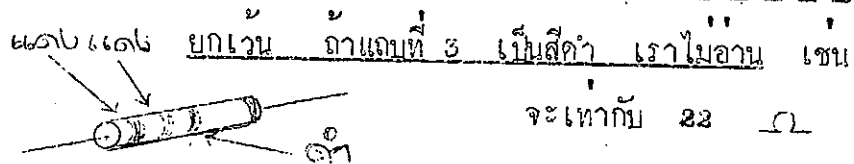


ก. 474  $\Omega$

ข. 47,000  $\Omega$

ค. 470,000  $\Omega$

41.



470,000  $\Omega$

จะเท่ากับ 22  $\Omega$

ดังนั้น ตัวนี้เท่ากับ.....  
สีน้ำตาล สีดำ สีทอง

42.

ถ้ามี 0 มาก ๆ ถ้าบอกเป็นโอห์ม รู้สึกว่าบอกยาก ตัวเลข  
มาก เขาเลยบอกเป็น กิโลโอห์ม คือ 1 กิโลโอห์ม เท่ากับ 1,000  
โอห์ม เช่น

50  $\Omega$

120,000  $\Omega$  = 120 กิโลโอห์ม

ดังนั้น 22,000  $\Omega$  = .....

43.

22 กิโลโอห์ม

กิโลโอห์ม เขาจะเขียนเป็น K

ดังนั้น ในข้อ 42 120 กิโลโอห์ม จึงเขียนเป็น 120 K

22 กิโลโอห์ม จึงเขียนเป็น - - - -

44.

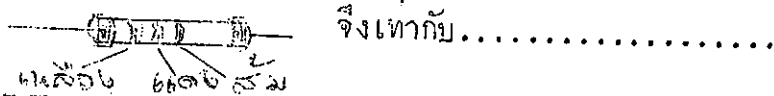
120 K

22 K

K $\Omega$  ก็ยังยาวไป เซานิมเขียน K เฉย ๆ

เช่น 120 K $\Omega$  ก็เขียนเพื่อง 120 K

กึ่งนั้น



45.

ลองอ่านค่าความต้านทาน ของตัวต้านทานต่อไปนี้

- เหลือง แดง เหลือง : ๑.....
- แดง เหลือง น้ำตาล : ๒.....
- น้ำตาล แดง ดำ : ๓.....
- น้ำตาล เขียว เหลือง : ๔.....
- เขียว ดำ แดง : ๕.....

42 K

46.

1. 420 K

2. 240  $\Omega$

3. 12  $\Omega$

4. 150 K

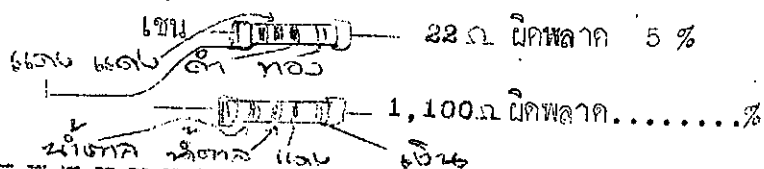
5. 5 K

ยังมีอีก 3 แถบสี ที่เรายังไม่ได้อ่าน ก็แถบสุดท้าย อยู่  
หลังสุด เป็น สีเงิน และ สีทอง เป็นแถบสีที่บอกค่า ผิดพลาด  
บอกเป็น %

สีเงิน ผิดพลาด 10 %

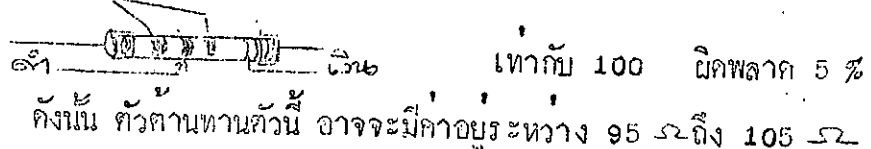
สีทอง ผิดพลาด 5 %

ถ้าไม่มีแถบสีนี้ ผิดพลาด 20 %

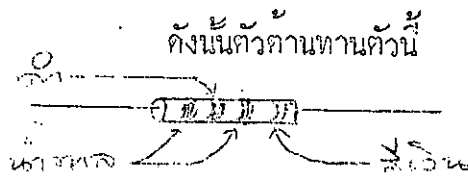


47.

น้ำเงิน ตัวต้านทานต่อไปนี้



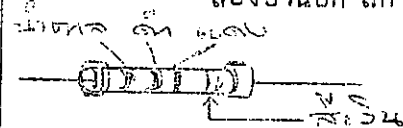
10 %



มีค่าอยู่ระหว่าง.....ถึง.....

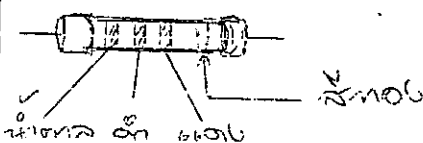
48.

ลองอ่านอีก สัก 2 ตัว



มีค่าอยู่ระหว่าง.....ถึง.....

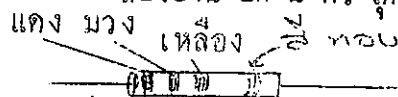
90 ถึง 110



มีค่าอยู่ระหว่าง.....ถึง.....

49.

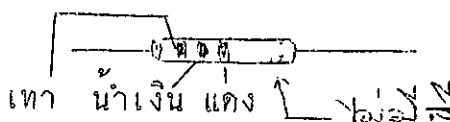
ลองอ่าน อีก 2 ตัว สุดท้าย (จริง ๆ )



เท่ากับ.....ผิดพลาด.... %

ก. 900 - 1,100

ข. 950 - 1,050



เท่ากับ.....ผิดพลาด.... %

เราเพิ่งย่างก้าวเข้าสู่วิชา อีเล็กทรอนิกส์ เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ยังมีเรื่องที่จะต้องเรียนอีกมากมาย อย่างน้อยที่สุด อุปกรณ์พื้นฐานต่าง ๆ เราควรจะมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ความสนใจจะได้อ่านขยายศึกษาเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป สำหรับการเรียนที่ผ่านมา เป็นเพียงการนำทางเริ่มต้นเท่านั้น หวังว่านักเรียนคงได้รับความรู้พอสมควร

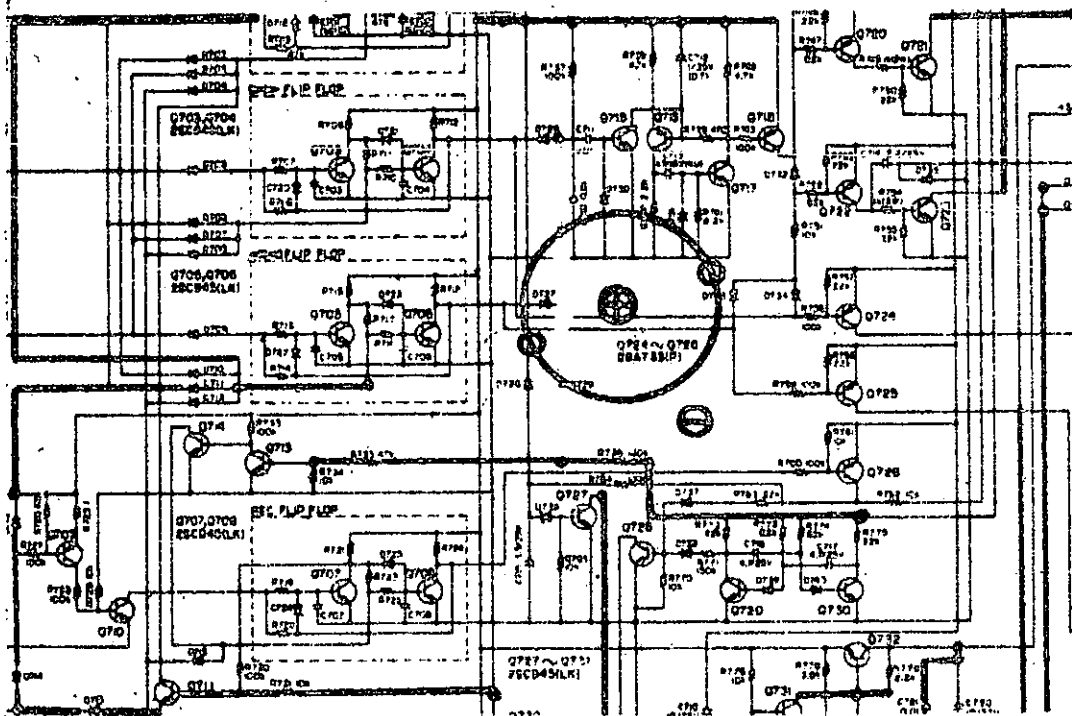
พบกันใหม่ในโอกาสต่อไป สวัสดี

บทเรียนสำเร็จรูป

# เรื่อง ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ II

◦ BASIC — ELECTRICITY & ELECTRONICS ◦

PROGRAMMED LEARNING ◦



สารบัญ

มศว. ประถมศึกษา ◦

## โปรคทำความเข้าใจก่อน

๑. บทเรียนที่นักเรียนกำลังจะได้เรียนต่อไปนี้ ไม่เหมือนกับหนังสือเรียนธรรมดาทั่วไป เราเรียกว่า " บทเรียนสำเร็จรูป "

๒. แต่ละข้อของบทเรียน เราเรียกว่า " กรอบ "

๓. ในแต่ละกรอบจะมีคำถามหรือคำสั่ง นักเรียนจะต้องปฏิบัติตามโดยเคร่งครัด -

๔. คำตอบแต่ละข้อที่นักเรียนเลือกตอบ จะนำนักเรียนให้ไปเรียนในกรอบต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งจบบทเรียน

๕. คำตอบข้อใดที่นักเรียนไม่ได้เลือก นักเรียนไม่จำเป็นต้องไปอ่านในกรอบนั้น

๖. เมื่อได้ปฏิบัติตามคำสั่งของแต่ละข้อแล้ว นักเรียนจะเรียนจบบทเรียนโดยไม่รู้ตัว และนักเรียนก็จะพบว่า " ตัวเองก็มีความสามารถ ไม่แพ้ ใคร ๆ เหมือนกัน "

โปรคพลิกดูหน้าถัดไป

## บทที่ 4

### แรงดัน และ กระแสไฟฟ้า

ในบทเรียนนี้เราจะได้เรียนเรื่อง ชนิดของกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า ตลอดจนการวัดกระแส และแรงดันไฟฟ้า คงไม่ยากเกินไป สำหรับนักเรียน

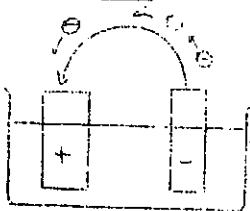
นักเรียนคงจะไม่ลืม ในบทที่แล้วเราได้เรียนเรื่องอะไรไปบ้าง ลองนึกทบทวนดูก่อน แล้วค่อยเรียนต่อไป

---

1. ไฟฟ้ากระแสที่เราจะได้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ไฟฟ้ากระแสตรง และ กระแสสลับ

ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้าที่กระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลทางเดียวตลอด คือไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวก

ดังนั้น เซลไฟฟ้า แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ไฟฟ้าจากความร้อน จากแสงสว่าง และจากการเหนี่ยวนำที่กล่าวมาแล้ว จึงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพราะกระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลจากลบ ไปบวก



ก. ถูกต้อง.....กรอบที่ 2

ข. ยกเว้นไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำ ไม่ใช่ไฟฟ้า

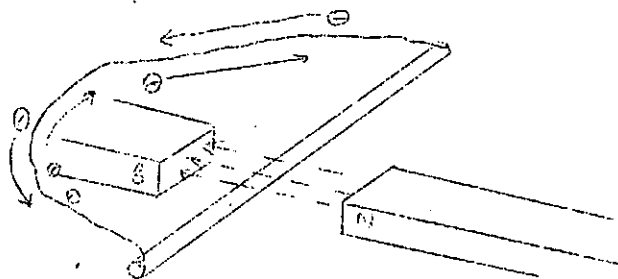
กระแสตรง.....กรอบที่ 3

---

2. ไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำ ขั้วบวก ลบ จะกลับกันเมื่อเราเคลื่อนลวดตัวนำกลับไป กลับมา เราจึงไม่เรียกไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำว่าเป็นกระแสตรง

โปรดกลับไปเลือกคำตอบใหม่

3. ถูกต้อง ไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำมันจะสลับขั้วอยู่ตลอดเวลา ไม่ได้ไหลทางเดียว ไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำ เราเรียกว่าเป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ เพราะว่ามันจะ

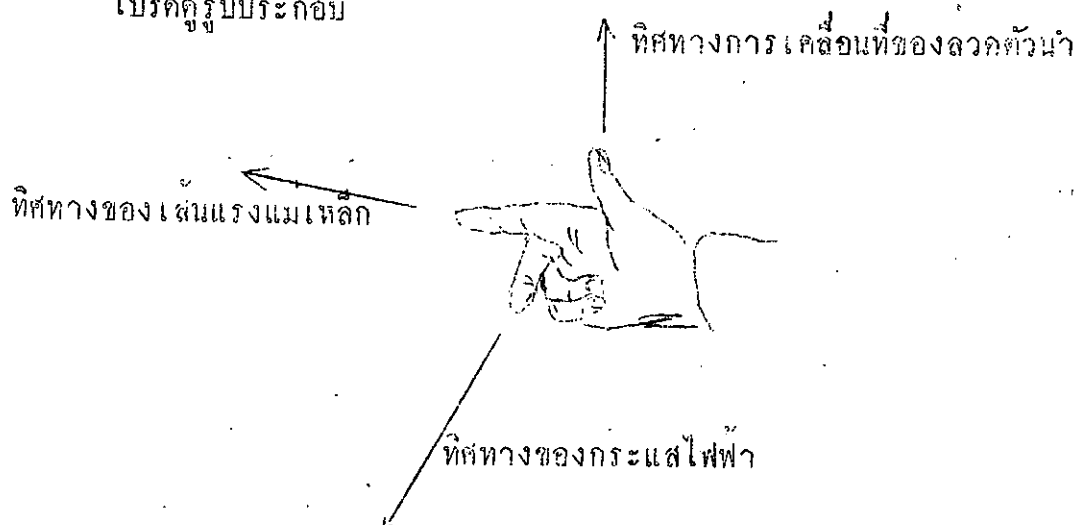


สลับขั้วบวก และลบ ตลอดเวลา ที่เคลื่อนที่ หรือหมุนขดลวดตัวนำตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก หรือเคลื่อนที่เส้นแรงแม่เหล็ก ตัดกับขดลวดตัวนำ เราจึงไม่ถือว่ามันมีขั้ว บวก ลบ เช่น ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้าน 220 โวลต์ ไฟฟ้าจากเครื่องปั่นไฟ หรือ โคนาโม เป็นต้น

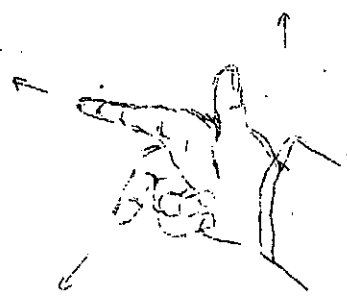
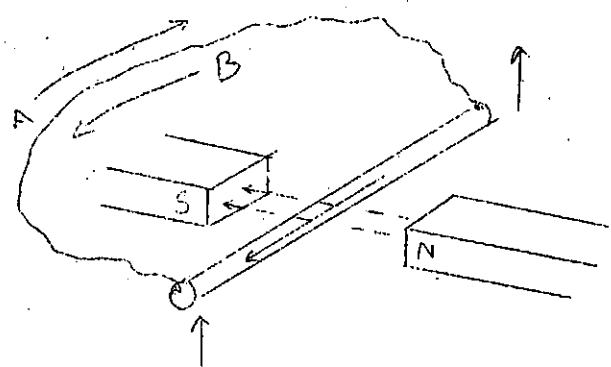
เมื่อเกิดไฟฟ้าขึ้นแล้วมันจะไหลอย่างไรนั้น อธิบายได้ด้วยกฎมือขวาของเฟรมมิง ไปต่อกรอบที่ 4 ได้เลย

4. กฎมือขวา ได้อธิบายว่า " เมื่อกางนิ้วมือขวาออก ให้นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วหัวแม่มือ ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ให้นิ้วชี้ ชี้ไปในทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือชี้ไปในทิศทางของขดลวดตัวนำ นิ้วกลางจะชี้ไปในทิศทางของกระแสที่ไหล "

โปรดดูรูปประกอบ



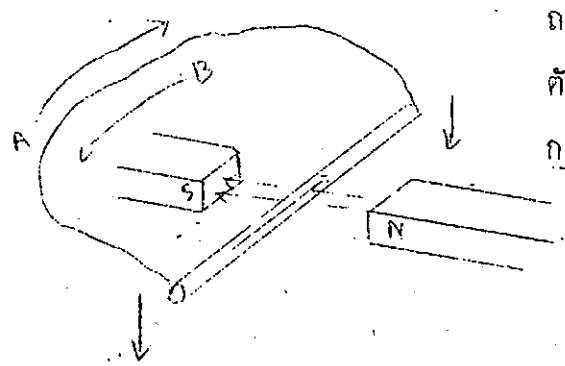
โปรดพลิก



รูปนี้ ทิศทางของกระแส คือทางไหน

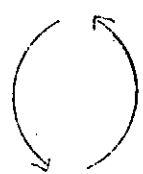
- ก. ทิศทาง A .....กรอบที่ 5
- ข. ทิศทาง B .....กรอบที่ 6

5. ถูกต้อง เป็นทิศทางตามนิ้วกลาง ซึ่งเป็นทิศทางของกระแส



ถ้าเรากลับหัวแม่มือลงด้านล่าง หรือ ให้ลวด  
ตัวนำมีทิศทางลงล่าง ทิศทางของกระแสก็จะ  
กลับกัน ในรูปทิศทางของกระแสคือทิศทาง B

การเคลื่อนที่ขึ้น 1 ครั้ง ลง 1 ครั้ง เราเรียกว่า 1 รอบ



ดังนั้น การหมุนลวดตัวนำของเครื่องกำเนิด จะช้า  
หรือ เร็ว เราก็บอกได้ เป็นจำนวนรอบ ต่อ 1 หน่วย  
เวลา เช่น 30 รอบต่อวินาที เป็นต้น

โปรดไปดู กรอบที่ 7

6. เป็นทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของนิวกลาง ดังนั้น จึงเป็นทิศทางของกระแสอิเล็กตรอน ไม่ใช่ทิศทางของกระแส ทิศทางของกระแส คือ A

กลับไปดู กรอบที่ 4 อีกครั้ง

7. จำนวนรอบในเวลา 1 วินาที หรือ จำนวนรอบต่อวินาที เราเรียกว่า " ความถี่ " (Frequency ) ดังนั้น ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน 30 รอบต่อวินาที เราจึงเรียกได้ว่า เครื่องนั้นมีความถี่ 30 รอบต่อวินาที หรือ กระแสไฟฟ้านั้นมีความถี่ 30 รอบต่อวินาที

แต่ในปัจจุบัน คำว่า " รอบต่อวินาที " เราเรียกว่า " เฮิรตซ์ " (Hertz ) เพื่อเป็นเกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชื่อเฮิรตซ์ ผู้มีผลงานที่สำคัญทางไฟฟ้าคนหนึ่ง

ไฟฟ้ากระแสที่ใช้ตามบ้านเรา เขากำหนดให้ เครื่องหมุน 50 รอบต่อวินาที เราจึงกล่าวได้ว่า ไฟฟ้าบ้านเราเป็นไฟฟ้าชนิดใด

ก. ไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 เฮิรตซ์.....กรอบที่ 8

ข. ไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 รอบต่อวินาที.....กรอบที่ 9

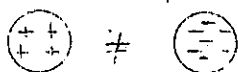
8. ถูกต้อง ไฟฟ้าบ้านเรามีความถี่ 50 เฮิรตซ์ .....กรอบที่ 10

9. ความจริงก็ไม่ผิด แต่ปัจจุบันนิยมใช้หน่วย " เฮิรตซ์ " แทนคำว่า รอบต่อวินาที

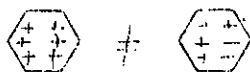
ไปกรอบที่ 10 ได้เลย

10. ต่อไปเราจะได้กล่าวถึงเรื่อง " แรงดันไฟฟ้า " และ " กระแสไฟฟ้า "

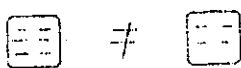
วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไม่เท่ากัน เช่น ในกรณีทั้ง



3 ดังตัวอย่างในรูป เราถือว่า " มีศักดาไฟฟ้าไม่เท่ากัน " หรือ " ความต่างศักย์ไฟฟ้ากัน "



ซึ่งคล้ายกับน้ำในถัง 2 ถัง ที่มีระดับไม่เท่ากัน ถ้าเปิดท่อตรงกลาง จะทำให้น้ำไหล เพื่อปรับระดับทันที



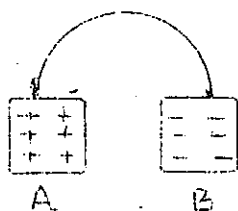
ดังนั้น ถ้าวัตถุมีความต่างศักย์ไฟฟ้ากัน แล้วมีตัวนำไฟฟ้ามาต่อดังรูป 3 จะเกิดอะไรขึ้น

ก. ประจุลบเคลื่อนจาก B ไป A.....กรอบที่ 11

ข. ประจุในวัตถุจะปรับระดับเพื่อให้เท่ากัน.....

.....กรอบที่ 12

ค. ทั้ง ก. และ ข. ....กรอบที่ 13

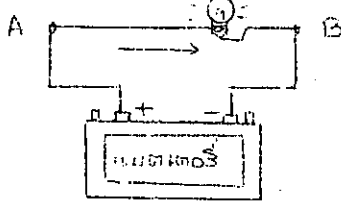


11. ถูกต้อง ประจุเคลื่อนที่เพื่อปรับระดับนั่นเอง ลองดูกรอบที่ 12 อีกที

12. วัตถุปรับระดับประจุ ก็คือ ประจุจาก B เคลื่อนไป A นั่นเอง  
โปรดดูกรอบที่ 13

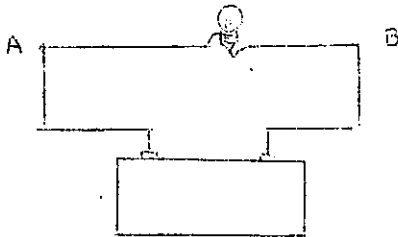
13. ถูกทั้ง ก. และ ข.

เราพิจารณาต่อไป ในรูปนี้ ที่ขั้ว A, B มีประจุต่างกัน หรือมันมีศักดา



ไฟฟ้าต่างกันนั่นเอง จึงทำให้อิเล็กตรอน  
ไหลได้

ถ้าเราพิจารณาที่จุด A และ B ซึ่งมีศักดาไฟฟ้า  
ต่างกัน เราเรียกว่า ที่จุด A และ B มีแรงดัน  
ไฟฟ้า (voltage) ไม่เท่ากัน ทำให้มีกระแส  
ไหล



ถ้าที่จุด A และ B มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน ก็  
เหมือนกับระดับน้ำในถังทั้งสองเท่ากัน

ดังนั้น

ก. ถ้ามีแรงดันเกิดขึ้นระหว่าง 2 จุดใด ๆ

จะทำให้มีกระแสไหลได้.....กรอบที่ 15

ข. แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นได้เมื่อศักดาไฟฟ้าไม่

เท่ากัน.....กรอบที่ 14

ค. ทั้ง ก. และ ข. ถูก .....กรอบที่ 16



14. ถูกต้อง เมื่อประจุไม่เท่ากัน จะเกิดความต่างศักย์และ เกิดแรงดัน  
ไฟฟ้า เอ๊ะ ข้อ ก. ก็ไม่ผิดนะ ดูข้อที่ 13 อีกครั้ง

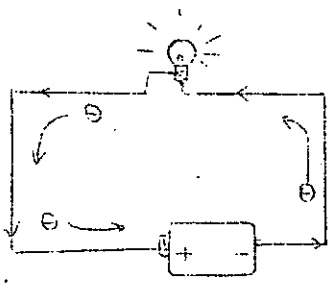
15. ถูกต้อง เมื่อเกิดแรงดันระหว่าง 2 จุดใด ๆ ก็คล้ายกับระดับน้ำไม่เท่ากันดังกล่าวนั้นแล้ว จึงทำให้กระแสไหลได้ แต่แรงดันจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า เหมือนกับเกิดระดับน้ำต่างกันก่อน แล้วความต่างของระดับน้ำจะทำให้เกิดแรงดัน

ถ้าเช่นนั้น ข้อ ข. ก็ไม่ผิดนะสิ กลับไปดูกรอบที่ 13 ข้อ ข. อีกครั้ง

16. ถูกทั้ง ก และ ข.

เขากำหนดให้ประจุบวก มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า ประจุลบ

ดังนั้น ประจุลบ จึงเคลื่อนที่จากที่มีศักย์ไฟฟ้า ไป  
ยังที่มีศักย์ไฟฟ้า สูงกว่า

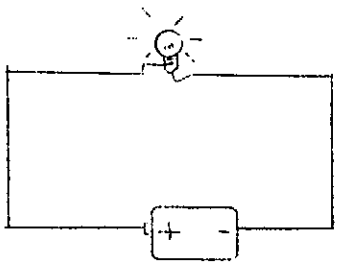


ก. ถูกต้อง.....กรอบที่ 18

ข. งงไปหมดแล้วครับ.....กรอบที่ 17

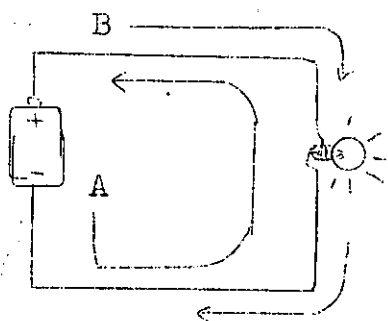
17. อย่าเพิ่งงงครับ กรุณาดูว่า ขั้วบวกมีประจุบวก ขั้วลบมีประจุลบ

จะเคลื่อนที่ไปหาประจุบวก แต่เราถือว่า ประจุบวก มีศักย์สูงกว่า ประจุลบจึงไหลจากที่มีศักย์ค่าไปสูง (ขัดกับความรู้สึกของเรา นะ มันเป็นทิศทางที่สมมติเท่านั้น )



ไปดูกรอบที่ 16 อีกที

18. ถูกต้อง แต่ถ้าเราพูดถึง "กระแส" หมายถึงกระแสสมมติ หรือ กระแสนิยม จึงมีทิศทางจากที่มีศักดา สูง ไปที่มีศักดา ต่ำ



A ทิศทางของอิเล็กตรอน

B ทิศทางกระแสนิยม

ไปกรอบที่ 19 ได้เลย

19. กระแสไฟฟ้าจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณของประจุลบ หรือ อิเล็กตรอน จะไหลมากหรือน้อย

เราได้กำหนดหน่วยขึ้นมาเพื่อวัดปริมาณของประจุ คือ คูลอมบ์ และ แอมแปร์  
โดยกำหนดว่า " ประจุ 1 คูลอมบ์ เท่ากับประจุบนอิเล็กตรอน  $6.28 \times 10^{18}$  ตัว  
(คงนับกันไม่ไหวแน่ ๆ และความจริงเราก็นับไม่ได้อยู่แล้ว)

ถ้าวัตถุใด ๆ ได้รับประจุ 1 คูลอมบ์ แสดงว่า ได้รับประจุลบ หรือได้รับ อิเล็กตรอนมา  $6.28 \times 10^{18}$  ตัวนั่นเอง

ก. เราใช้หน่วยคูลอมบ์ สำหรับบอกปริมาณของไฟฟ้า.....กรอบที่ 20

ข. เอ๊ะ เวลาเขาใช้เครื่องมือวัด ไม่เคยได้ยินเขาบอกว่าวัดได้กี่คูลอมบ์

.....กรอบที่ 21

20. คูลอมบ์เป็นหน่วยเล็ก ๆ เป็นหน่วยพื้นฐานเพื่ออ้างอิงมากกว่า เวลาใช้จริง ๆ เราใช้หน่วย "แอมแปร์" ( Ampere ) ซึ่งเป็นหน่วยที่ใหญ่กว่า

ไปดูกรอบที่ 22

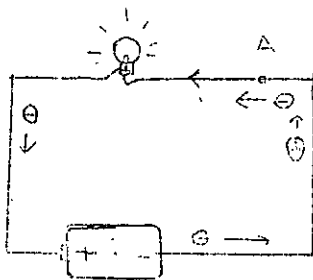
20/1. คำตอบกรอบที่ 26

- |                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1. กระแสสลับ                        | 5. ค่าไปสูง        |
| 2. หิศทางของกระแสไฟฟ้า              | 6. แอมแปร์, โวลต์  |
| 3. เอ็มพี                           | 7. แรงเคลื่อนไฟฟ้า |
| 4. ความต่างศักย์ หรือ ความต่างศักย์ |                    |

นักเรียนคงตอบถูกทุกคนนะ ขณะนี้เวลา.....น.

21. ใช่ เพราะเราไม่ได้ใช้หน่วยนี้      กรอบที่ 20

22. กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ คือ ปริมาณประจุที่เคลื่อนที่ผ่านจุด จุดหนึ่ง  
จำนวน 1 คูลอมบ์ ในเวลา 1 วินาที



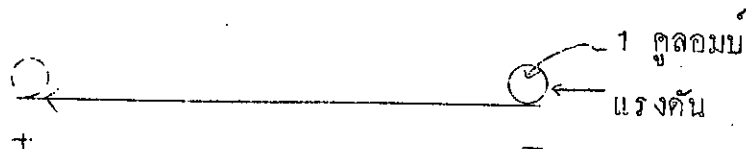
สมมติว่าเราสามารถเฝ้าดูวงจรตรงจุด A  
ปรากฏว่า 2 วินาที ประจุผ่านไป  $6.28 \times 10^{18}$   
ตัว แสดงว่า

ก. กระแสไหล 1 แอมแปร์.....กรอบที่ 25/1

ข. กระแสไหล  $\frac{1}{2}$  แอมแปร์....กรอบที่ 23

23. ถูกต้อง กระแส 1 แอมแปร์ เท่ากับประจุ 1 คูลอมบ์ ไหลผ่าน  
จุดใด ๆ ในเวลา 1 วินาที

เราสามารถวัดปริมาณของกระแสได้ ที่นี้ " แรงดัน " เราจะวัดกันอย่างไร



เขากำหนด ดังนี้ ถ้าออกแรงดันประจุ 1 คูลอมบ์ จากที่มีศักดาไฟฟ้าต่ำกว่า ไปยังที่มีศักดาไฟฟ้าสูงกว่า แล้วเกิดงาน 1 จูล แรงดันนั้นมีค่า 1 โวลต์  
(พวกเราอาจจะงง คำว่า จูล คืออะไรกันแน่ จูล เป็นหน่วยของงาน ถ้าเราคิดเป็น กำลังจะไค้ดังนี้ ถ้าทำงาน 1 จูล ในเวลา 1 วินาที จะเท่ากับกำลัง 1 วัตต์)

เราสรุปได้ว่า

เราวัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าโดยใช้หน่วย แอมแปร์ และวัดแรงดันไฟฟ้า โดยใช้หน่วย " โวลต์ "

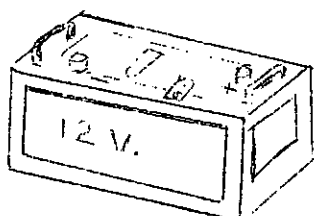
กระแสไฟฟ้าบ้านเรา เขามักว่าเป็นไฟฟ้า 220 โวลต์ นั่นคือ

ก. บอกให้ทราบถึง แรงดันไฟฟ้า.....กรอบที่ 25

ข. บอกให้ทราบถึง กระแสไฟฟ้า.....กรอบที่ 24

24. กระแสไฟฟ้า เราวัดเป็นแอมแปร์ ใช้หรือเปล่า ดูกรอบที่ 23 อีกที

25. ใช้ ลูกต๋อง เป็นตัวเลขบอกถึงแรงดันไฟฟ้า เช่นเดียวกับแบตเตอรี่ไฟฟ้า ถ่านไฟฉายต่าง ๆ เขาก็มีตัวเลขบอกไว้ว่า มีแรงดัน กี่โวลต์ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ ในรูป มีแรงดัน 12 โวลต์



แต่แรงดันที่ชั่วแบตเตอรี่ เขานิยมเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า ดังนั้นจึงมีความหมายเช่นเดียวกัน

25/1 ประจุ  $6.28 \times 10^{18}$  ตัว ถ้าเคลื่อนที่ในเวลา 1 วินาที คิดเป็น 1 แอมแปร์ ถ้าใช้เวลาดึง 2 วินาที กระแสจะไหลเพียงครึ่งเดียว คือ  $\frac{1}{2}$  แอมแปร์  
โปรดกลับไปกรอบเดิมอีกครั้ง

26. เราเรียนอะไรมาบ้าง ลองทบทวนกันก่อน

1. กระแสไฟฟ้าเราแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ
  - ก. กระแสตรง
  - ข.....
2. ตามกฎมือขวาของเฟรมมิง เมื่อกางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และ นิ้วกลาง ให้ตั้งฉากกัน นิ้วกลางจะเป็นทิศทางของ.....
3. คำว่า รอบต่อวินาที เราเรียกใหม่ว่า.....
4. เมื่อวัตถุมีประจุระดับไม่เท่ากัน จะทำให้เกิดความต่าง....  
.....ขึ้น
5. กระแสอิเล็กทรอนิกส์จะไหลจากที่ที่มีศักดาไฟฟ้า.....  
ไปยัง.....
6. หน่วยที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าคือ.....  
และหน่วยที่ใช้วัดแรงดันคือ.....
7. แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ เราเรียกว่าแรง.....  
.....

โปรดพลิกไปดูคำตอบกรอบที่ 20/1

ยังมีตอนต่อไปอีก นะครับ

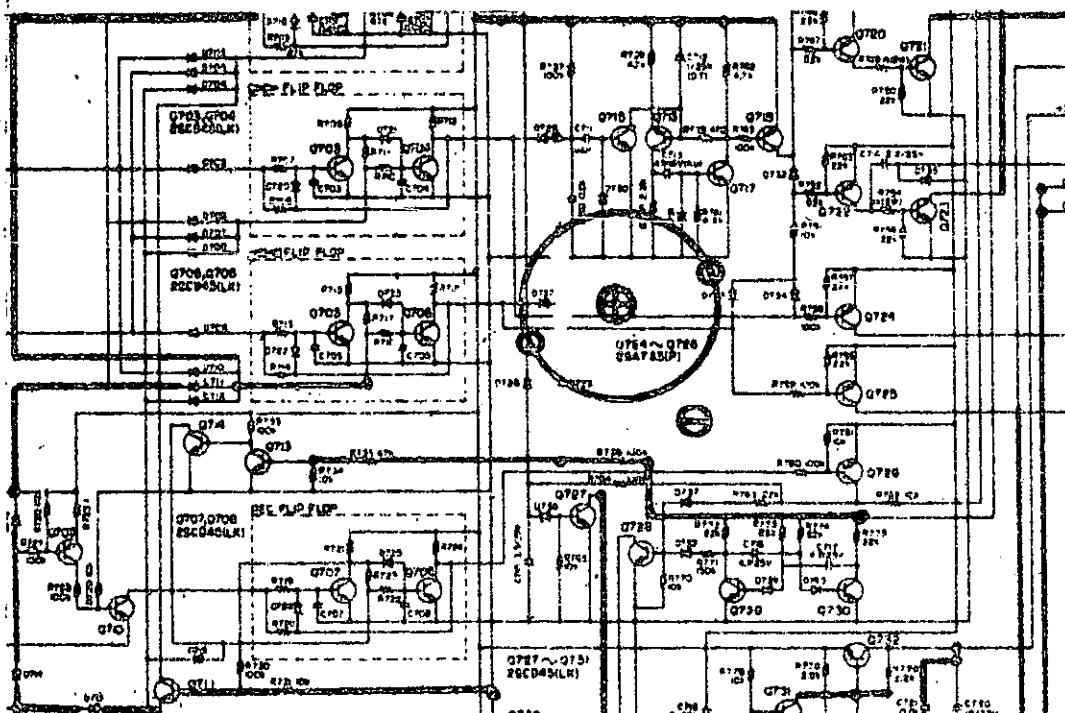


บทเรียนสำเร็จรูป

# เรื่อง ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ II

◦ BASIC — ELECTRICITY & ELECTRONICS ◦

PROGRAMMED LEARNING ◦



สารบัญ

มศว. ประสานมิตร ◦

เมื่อจบบทแล้ว นักเรียนจะต้องมีความสามารถอย่างไรบ้าง

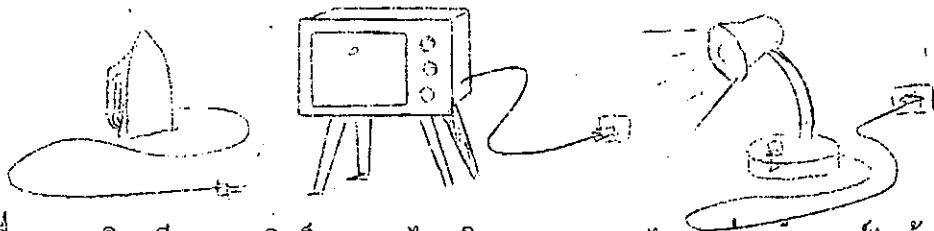
1. สามารถเขียนอธิบายคำจำกัดความของคำว่า ตัวนำและความต้านทาน ได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถเขียนอธิบายกฎของโอห์ม ได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถคำนวณหาค่า ความต้านทานของตัวต้านทาน กระแส และแรงดันไฟฟ้า เมื่อกำหนดค่าใด ๆ ให้ 2 ค่า ได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถอธิบายการทำงานของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และวิธีวัด ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้แก่ โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ และ โอห์มมิเตอร์

-----  
โอ๊ะ บทนี้ทำไม่บ่อยจัง สงสัยจะยาก

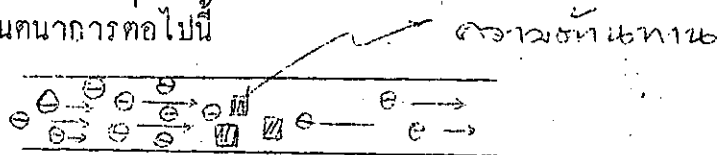
ความต้านทาน และการวัดปริมาณทางไฟฟ้า

ความต้านทาน

ในวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวันของเรา ส่วนมากจะประกอบไปด้วยเครื่องใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้า สวิตช์เปิดปิดวงจร สายไฟ หรือ สายตัวนำ เป็นต้น



เมื่อวงจรปิด มีกระแสอิเล็กตรอนไหลในตัวนำ (สายไฟ) ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะไหลไม่สะดวกนักทีเดียว เพราะในอุปกรณ์จะมีความต้านทานต่อกระแส อิเล็กตรอนที่ไหล แม้แต่ในสายตัวนำเองก็ยังมีมีความต้านทานมากบ้าง น้อยบ้าง แล้วแต่ ชนิดของตัวนำ ดังจินตนาการต่อไปนี้



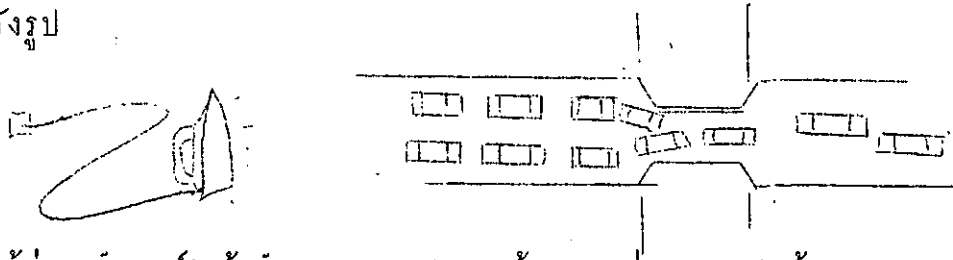
ถ้าเราเปรียบเทียบถนน เหมือนกับสายไฟ หรือ ตัวนำ รถที่วิ่งคืออิเล็กตรอน ถ้าสายตัวนำมีความต้านทาน จึงคล้ายกับข้อใด

- ก. ถนนแคบรถวิ่งไม่ค่อยสะดวก.....ข้อ 2
- ข. ยังไม่ค่อยเข้าใจ.....ข้อ 3

-----

2. ใช้ เปรียบดังถนนแคบ ๆ รถวิ่งได้น้อยคัน นั่นเอง

ถ้าเราต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้าไปอีก เช่น เตาหุงต้มไฟฟ้า มันก็ยิ่งต้านการไหลของอิเล็กตรอนมากยิ่งขึ้น เหมือนกับเราสร้างสะพานแคบ บนถนนนั่นเอง รถจะวิ่งผ่านไปได้น้อย ดังรูป



เรากล่าวได้ว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดมันจะมีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า

ก. เห็นด้วย ถูกต้อง.....ข้อ 4

ข. ไม่แน่เสมอไป.....ข้อ 5

3. สายไฟ หรือ ตัวนำมีความต้านทาน หมายความว่า ในสารตัวนำมันจะต้านการไหลของกระแสอิเล็กตรอนทำให้ไหลได้น้อย เปรียบเหมือนถนนแคบ นั่นเอง

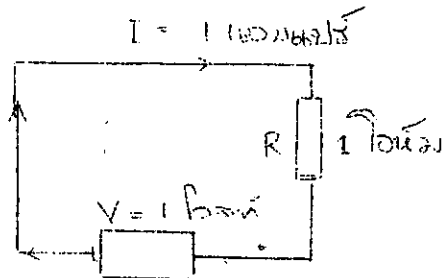
กลับไปข้อ 1 อีกครั้ง

4. ใช้ ถูกต้อง อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า จะมีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้ามากบ้าง น้อยบ้าง แล้วแต่วิธีของอุปกรณ์

สำหรับการใช้งานในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์นั้น เราจะสร้างตัวต้านทานขึ้นมาใช้โดยเฉพาะ ซึ่งเราจะได้เรียนกันต่อไป

พลิกไปอีกหน้าหนึ่ง

ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า มากน้อยเพียงไรนั้น มีหน่วยเป็น โอห์ม (OHM) โดยกำหนดว่า " ความต้านทาน 1 โอห์ม หมายถึงความต้านทานขนาดหนึ่ง ซึ่งให้ไฟฟ้าที่มีแรงดัน 1 โวลต์ ไหลผ่านไปได้ 1 แอมแปร์ "



เมื่อพิจารณาวงจรนี้ ถ้ามีความต้านทานมากขึ้น น่าจะเกิดผลอย่างไร

ก. กระแสต้องไหลมากขึ้น.....ข้อ 6

ข. กระแสต้องไหลน้อยลง.....ข้อ 7

5. เราพิจารณาถนน ถ้ามีสะพานมาขวางกัน ทำให้รถวิ่งไม่ค่อยสะดวก โดยเฉพาะสะพานแคบ ๆ เช่น เดียวกัน สายตัวนำใด ๆ เมื่อมีอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อ กระแสอิเล็กตรอนก็จะไหลไม่ค่อยสะดวก หรือมีความต้านทานนั่นเอง

ไปพิจารณา ข้อ 1 ใหม่อีกครั้ง

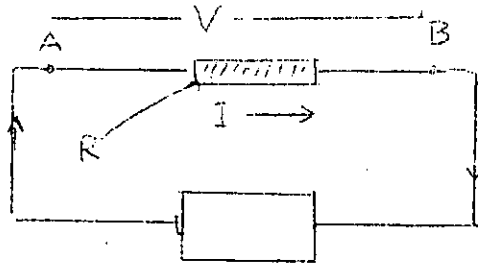
6. ตัวต้านทานมันจะต้านการไหลของอิเล็กตรอน ถ้าความต้านทานมาก มันก็ต้านมาก ดังนั้น กระแสจะไหลน้อย

กลับไปพิจารณา ข้อ 4 อีกครั้ง

7. ถูกต้อง ความต้านทานมาก กระแสจะไหลน้อยลง

ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กระแส และความต้านทาน นี้ ยอร์จ ไซมอน โอห์ม นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งได้อธิบายไว้ เราเรียกว่า กฎของโอห์ม ( ) ซึ่งกล่าวไว้ว่า " ระหว่าง 2 จุดใด ๆ ในวงจรไฟฟ้า อัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้า ต่อ กระแสที่ไหลผ่าน จะมีค่าคงที่ " หรือ มีค่าเท่ากับค่าความต้านทานระหว่าง 2 จุดนั่นเอง

วงจรนี้เป็นตัวอย่าง



ถ้าให้  $V$  = แรงดันไฟฟ้า

$I$  = กระแสไฟฟ้า

$R$  = ความต้านทานหรือค่าคงที่

อัตราส่วนระหว่างแรงดัน ต่อ กระแส จึงหมายถึง  $V:I$  หรือ  $\frac{V}{I}$  นั่นเอง

ดังนั้น

$$\frac{V}{I} \quad \text{จึงเท่ากับ} \quad R \quad \text{นั่นเอง}$$

ในข้อนี้ เราจะสรุปอย่างไรดี

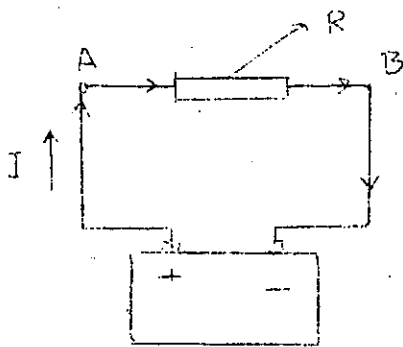
ก. กฎของโอห์ม เราเขียนได้ดังนี้  $\frac{V}{I} = R$  หรือ  $V = IR$   
.....ข้อ 8

ข. กฎของโอห์มใช้หาค่าความต้านทานในวงจร.....ข้อ 9

8. เราสรุปสั้น ๆ กฎของโอห์ม ได้แก่  $V = IR$  ความจริงก็ได้ แต่เราต้องเข้าใจด้วยว่า กฎของโอห์ม เป็นกฎที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดัน กระแส และ ความต้านทาน ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ

เราสามารถคำนวณหาค่าใดค่าหนึ่งได้ ถ้าเราทราบค่าอื่น ๆ อีก 2 ค่า เช่น ในวงจรนี้

พลิกต่อไป 1 หน้า



เรากำหนดให้แรงดันระหว่าง A - B เท่ากับ 2 โวลต์ กระแสไหลผ่าน R เท่ากับ 0.5 แอมแปร์ R จะมีค่าเท่าไร

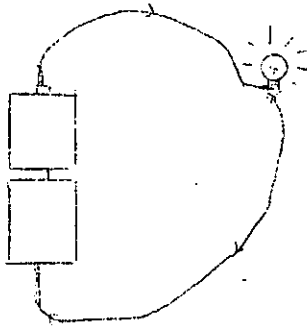
เราจึงคำนวณได้ดังนี้

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

$$R = \frac{2}{\frac{1}{2}} = 2 \times \frac{2}{1}$$

$$R = 4 \text{ โอห์ม}$$

ถ้าได้ตัวเลขเล่น ๆ ลึกซึ้ง ก็คงจะเข้าใจดีกว่าอ่านเฉย ๆ



วงจรนี้ หลอดไฟ มีความต้านทาน 12 โอห์ม

ถ้าไฟฉายมีแรงดัน 3 โวลต์ จะมีกระแสไหลในวงจรเท่าไร

ก. 0.5 แอมแปร์.....ข้อ 10

ข. 4.0 แอมแปร์.....ข้อ 11

ค. 0.25 แอมแปร์.....ข้อ 12

9. เราสามารถคำนวณค่าอะไรก็ได้ ถ้าทราบค่าใด ๆ 2 ค่า อาจจะเป็น กระแส หาแรงดัน หาคความต้านทาน

อ่านข้อ 7 อีกครั้ง

10.1 แน่ใจว่าแทนค่าในสูตรถูกหรือเปล่า

$$V = IR$$

$$V = 3$$

$$I = ?$$

$$R = 12$$

11. แทนค่าให้ถูก

$$V = IR$$

ลองพิจารณาอีกครั้ง ( ข้อ 8 )

12. ถูกต้อง แสดงว่าเข้าใจแล้ว กฎนี้ จะเป็นกฎพื้นฐานของวิชาไฟฟ้า และใช้ได้ตลอดไป

เราเคยเรียนมาแล้ว "แรงดัน" ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนแบตเตอรี่ เราเรียกว่า " แรงเคลื่อนไฟฟ้า " ( Electromotive Force ) เราใช้ตัว E แทน

ดังนั้น  $V = IR$

จึงเปลี่ยนเป็น  $E = IR$

ก็มีความหมายเดียวกัน

เช่น แบตเตอรี่นี้มีแรงเคลื่อน 12 โวลต์ ต่อกับหลอดไฟมีความต้านทาน 24 โอห์ม จะมีกระแสไหลเท่าไร

ก. 2.0 แอมแปร์.....ข้อ 13

ข. 0.5 แอมแปร์.....ข้อ 14

13. ใช้สูตรนี้หรือเปล่า  $V = IR$       ดูข้อ 12 อีกครั้ง

14. โอ.เค.

แทนค่า  $E = IR$

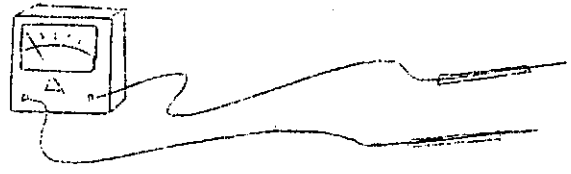
$$E = 12$$

$$R = 24$$

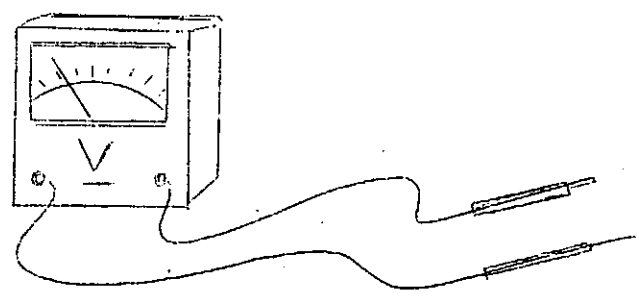
ไปข้อที่ 15 เลยครับ

15. เราไม่ต้องมาคำนวณหาค่า แรงดัน กระแส และความต้านทานก็ได้  
 ในทางปฏิบัติ เรามีเครื่องมือสำหรับวัดหาค่าต่าง ๆ เหล่านี้

ถ้าต้องการวัดกระแสไฟฟ้า ก็มีเครื่องมือที่เรียกว่า "แอมมิเตอร์" (Ammeter )



ถ้าต้องการวัดแรงดันไฟฟ้า ก็มีเครื่องมือที่เรียกว่า "โวลท์มิเตอร์" ( Voltmeter )



นักเรียนคงจะคิดต่อไปอีก คือถ้าต้องการวัดความต้านทาน จะต้องใช้เครื่องมือใด

- ก. แน่นอน ต้องใช้ โอห์มมิเตอร์.....ข้อ 16
- ข. ไม่แน่ใจข้อ ก ถูกหรือเปล่า.....ข้อ 17

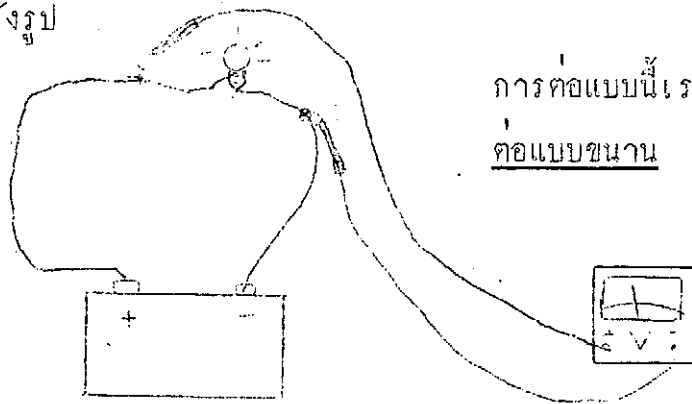
16. ถูกต้อง เราวัดความต้านทานด้วย โอห์มมิเตอร์.....ข้อ 18

17. เราสังเกตง่าย ๆ เท่านั้นเอง  
 หน่วยวัดกระแส คือ แอมแปร์ เครื่องมือวัดคือ แอมมิเตอร์  
 หน่วยวัดแรงดัน คือ โวลท์ เครื่องมือวัดคือ โวลท์มิเตอร์  
 หน่วยวัดความต้านทานคือ โอห์ม ดังนั้น เครื่องมือวัดน่าจะเป็น.....  
 .....ข้อที่ 15 อีกทีครับ

18. การใช้เครื่องมือวัด ถ้าเป็นแอมมิเตอร์ เราใช้ต่อแทรกวงจรเข้าไป หรือ เราเรียกว่าต่อแบบ อนุกรม กับวงจร เมื่อต้องการวัดกระแส ดังรูป

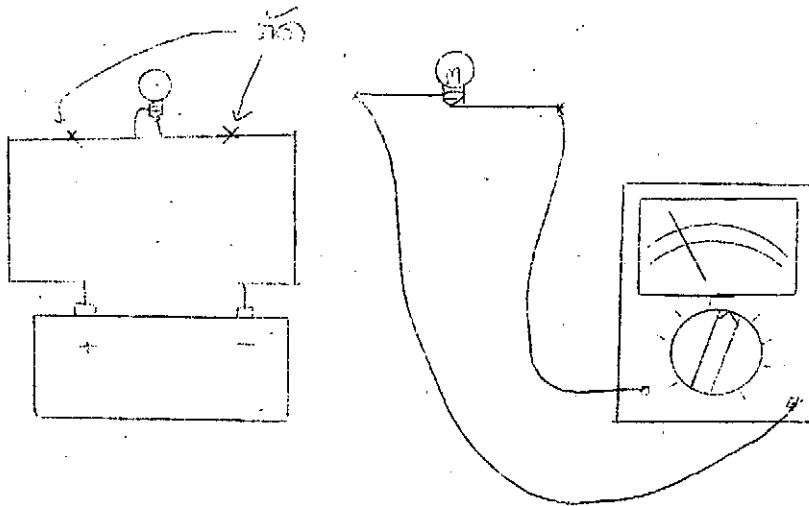


ถ้าเป็น โวลต์มิเตอร์ เราต้องการวัดแรงดันระหว่างจุดใด เราก็วัดคร่อมลงไปเลย ดังรูป

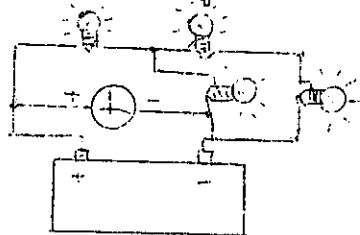


การต่อแบบนี้เราเรียกอีกอย่างว่า ต่อแบบขนาน

ส่วนการวัดความต้านทานด้วยโอห์มมิเตอร์ เราวัดคล้ายกับ โวลต์มิเตอร์ แต่เราต้อง ตัดอุปกรณ์ที่ต้องการวัด ออกจากวงจรก่อน ดังรูป



ข้อ 18 (ต่อ) รูปข้างล่างนี้ เครื่องมือวัด  จึงได้แก่เครื่องมือใด

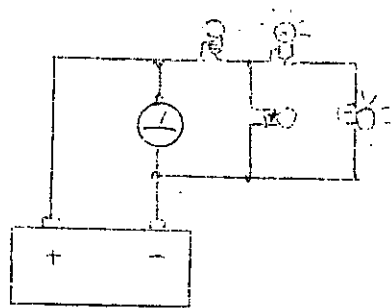


ก. แอมมิเตอร์.....ข้อ 19

ข. โวลต์มิเตอร์.....ข้อ 20

ค. โอห์มมิเตอร์.....ข้อ 21

19. การต่อแบบนี้ เขียนวงจรใหม่ ให้ชัดเจนอีกครั้ง

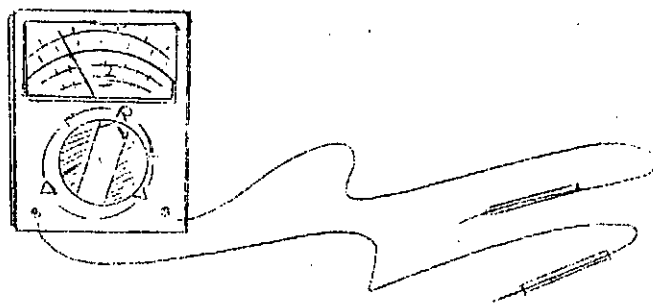


การต่อแบบนี้เป็นแบบขนาน การต่อแอมมิเตอร์ จะต้องต่อแบบอนุกรม หรือต่อแทรกในวงจร

พิจารณาข้อ 18 อีกครั้ง

20. ถูกต้อง เพราะเป็นการต่อแบบขนาน หรือ ต่อพร้อมกับแบตเตอรี่ การวัดนี้ เพื่อต้องการทราบ แรงเคลื่อนไฟฟ้าของแบตเตอรี่

เรายังมีเครื่องมืออีกชนิดหนึ่ง ซึ่งรวมเอาโวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ และ โอห์มมิเตอร์ อยู่ในเครื่องเดียวกัน มีสวิตช์เลือกใช้ตามต้องการ เรียกว่า "มัลติมิเตอร์" ( Multimeter )



โปรดไปต่อกรอบที่ 22

21. การใช้โอห์มมิเตอร์ จะต้องตัดอุปกรณ์ออกจากวงจร แล้วทำการวัด  
ข้างนอก  
โปรดพิจารณาข้อข้อ 18 อีกครั้ง

22. ปิดท้ายรายการ นักเรียนลองทบทวนดูซิว่า นักเรียนพอจะเข้าใจ  
หรือ จำได้ มากน้อยเพียงไร

ให้จับคู่ความสัมพันธ์ ระหว่างแถวซ้ายกับแถวขวา

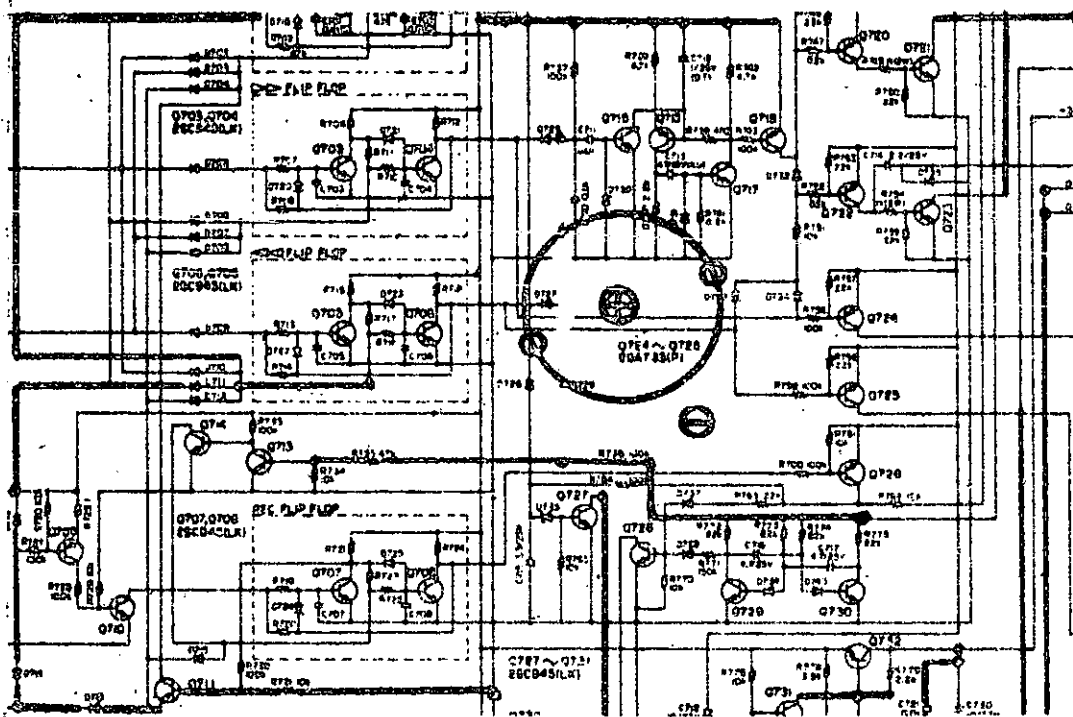
- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1. โวลต์มิเตอร์               | ก. ใช้วัดกระแส                      |
| 2. แอมมิเตอร์                 | ข. มีเครื่องวัดหลายชนิดรวมกันอยู่ใน |
| 3. โอห์มมิเตอร์               | เครื่องเดียวกัน                     |
| 4. การวัดกระแส                | ค. ต้องตัดอุปกรณ์ออกจากวงจรก่อน     |
| 5. การวัดแรงดัน               | แล้วจึงวัด                          |
| 6. การวัดความต้านทาน          | ง. ต่อขนานกับอุปกรณ์ที่จะวัดหรือต่อ |
| 7. มัลติมิเตอร์               | क्रमจุดที่ต้องการวัด                |
| 8. $V = IR$ $\frac{V}{I} = R$ | จ. ใช้วัดแรงดัน                     |
|                               | ฉ. ใช้วัดความต้านทาน                |
|                               | ช. ต่ออนุกรมกับวงจร                 |
|                               | ซ. กฎของโอห์ม                       |

เฉลย 1-จ, 2-ก, 3-ฉ, 4-ช, 5-ง, 6-ค, 7-ข, 8-ซ

คงจะสมควรแก่เวลาแล้ว โปรดบันทึกเวลาคด้วย เวลา.....น.

เรื่อง ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ๑

# PROGRAMMED LEARNING

[illegible]

มศว. ประสานมิตร ๐

## บทที่ 6

### ตัวต้านทาน (Resistor)

เมื่อนักเรียนเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนต้องมีความสามารถดังนี้

1. สามารถเขียนวงจรการต่อความต้านทานได้ 3 วิธี คือ แบบขนาน แบบอนุกรม และแบบผสม
2. สามารถคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร เมื่อกำหนดค่าความต้านทานและวิธีต่อให้ ได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถเขียนค่าความต้านทานที่ได้จากการอ่านค่าจากรหัสสีที่ตัวต้านทานได้อย่างถูกต้อง โดยดูค่าสีจากตาราง
4. เมื่อกำหนดหน่วยใด ๆ ขึ้นมา ได้แก่ โวลต์ แอมแปร์ โอห์ม นักเรียนสามารถเขียนตอบได้อย่างถูกต้องว่า เป็นการวัดอะไร
5. เมื่อนักเรียนได้เห็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องรับวิทยุ โทรทัศน์ หรือเครื่องขยายเสียง สามารถชี้บอกได้ว่าอุปกรณ์ใดคือตัวต้านทาน

\*\*\*\*\*

วันนี้เราจะเริ่มศึกษา ถึงอุปกรณ์ในวิชาอิเล็กทรอนิกส์กัน ซึ่งวิชาอิเล็กทรอนิกส์ เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในวงจรอย่างละเอียดละออ เช่นในเครื่อง วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องขยายเสียง ตลอดจนถึงเครื่องคอมพิวเตอร์

ก่อนอื่นเราต้องศึกษาให้เข้าใจถึงอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ ในการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ก่อน ซึ่งได้แก่

1. ตัวต้านทาน (Resistor)
2. แคลปซิเตอร์ (Capacitor)
3. อินดัคเตอร์ (Inductor)
4. หลอดสูญญากาศ (Vacuum tube)
5. ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

ในบทนี้เรามารู้จักตัวต้านทานกันก่อน

ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการ ต้าน หรือ ขัดขวาง การไหลของ อิเล็กตรอน โดยเฉพาะ ทั้งนี้เพื่อ จำกัด ควบคุมการไหลของอิเล็กตรอนไปในที่ต่าง ๆ ในวงจร ตามความต้องการ

ดังนั้น ตัวต้านทาน จึงเป็นตัวควบคุมอิเล็กตรอน ให้ทำงานทุกอย่าง ในเครื่องอิเล็กทรอนิกส์

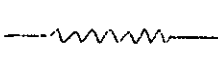
- ก. ถูกต้อง.....คุณรอบที่ 2
- ข. แล้วอุปกรณ์อื่น ๆ มีไว้ทำไม ถ้าตัวต้านทานทำได้ทุกอย่าง...  
.....คุณรอบที่ 3

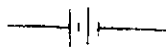
2. ไม่ถูกต้อง มันมิได้ควบคุมหมดทุกอย่าง มันเป็นเพียงตัวจำกัดให้กระแส  
ผ่าน มากน้อยเท่านั้น เหมือนกับสะพาน จำกัดให้รถขนาดต่าง ๆ ผ่าน เช่น ให้รถ  
6 คันผ่านได้ เป็นต้น ยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ อีกหลายชนิด

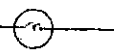
ไปดูกรอบที่ 4 ต่อ

3. ใช่ มันมิได้ควบคุม อิเล็กตรอนให้ทำงานหมดทุกอย่าง ยังมีอุปกรณ์  
อื่น ๆ อีก

โปรดดู กรอบที่ 2

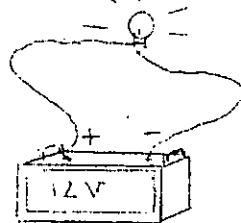
4. ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เราใช้สัญลักษณ์  เขียน  
แทนตัวต้านทาน

ส่วนอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น แบตเตอรี่ เราใช้สัญลักษณ์ 

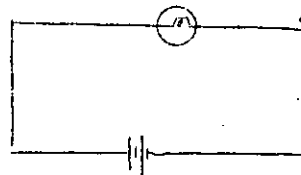
หลอดไฟ เราใช้สัญลักษณ์ 

ซึ่งเป็นสัญลักษณ์สากล

ดังนั้น ในวงจรขั้วมือนี้ เราเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ ดังขวามือ



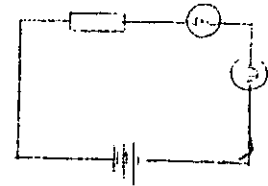
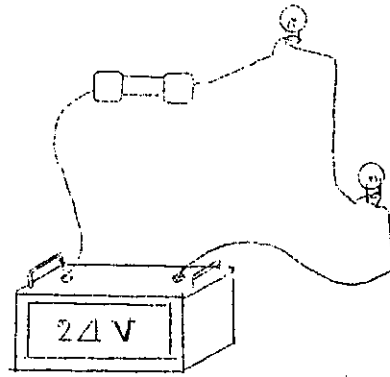
รูป



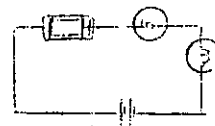
สัญลักษณ์

○ โปรดพลิก →

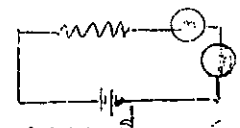
ในรูปนี้ จะเขียนเป็นสัญลักษณ์ ใ้ด้ดังข้อใด



ก. วงจรที่ 5



ข. วงจรที่ 7

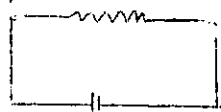


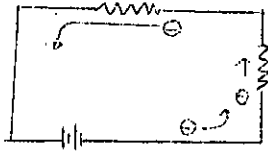
ค. วงจรที่ 6

5. ก. ตัวต้านทาน ———— ต้องแทนด้วย ————  
 กลับไปพิจารณากรอบที่ 4 อีกครั้ง

6. ถูกต้อง ตัวต้านทาน = ————  
 หลอดไฟ = ————  
 แบตเตอรี่ = ————

ในวงจรดังรูปซ้ายมือ ตัวต้านทาน  $R$  มันจะต้านการไหลของอิเล็กตรอน  
 ขนาดหนึ่งอยู่แล้ว ถ้าเราเพิ่มตัว  
 ต้านทานอีกตัวหนึ่ง ดังรูปต่อไป





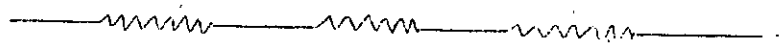
ผลจะเป็นอย่างไร

ก. กระแสไฟฟ้าเล็กน้อยลง.....8

ข. กระแสไฟฟ้าเล็กน้อยลง.....9

7. พิจารณาวงจรในข้อ 4 อีกครั้ง สัญลักษณ์ต่าง ๆ แทนได้ถูกต้องหรือเปล่า

8. ถูกต้อง ตัวต้านทานมันจะต้านกระแสไฟฟ้าเล็กน้อยลง  
ถ้ายังมีตัวต้านทานเพิ่มขึ้นมาก ๆ มันก็ยิ่งช่วยกันต้าน หรือ มีความต้านทานเพิ่มขึ้น



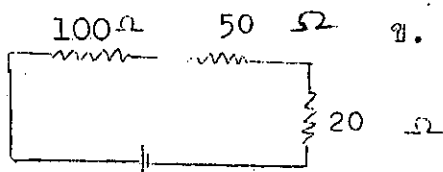
เราเรียกว่าการต่อแบบอันดับ หรือแบบอนุกรม ความต้านทานรวมจะเท่ากับ  
ความต้านทานแต่ละตัวรวมกัน

นั่นคือ  $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

ดังนั้น ในวงจรต่อไปนี้ ค่าความต้านทานรวม ( R ) จะมีค่าเท่าไร

ก. 170 โอห์ม.....กรอบที่ 10

ข. ไม่เข้าใจ .....กรอบที่ 11

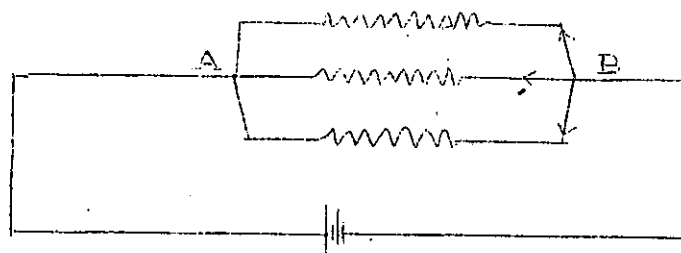


9. ตัวต้านทาน มันจะต้านการไหลของอิเล็กตรอน ถ้ามีการต่อแบบเรียงกัน  
 ----- แบบนี้ยิ่งมีความต้านทานเพิ่มขึ้น ดังนั้น อิเล็กตรอน  
 จึงไหลน้อยลง

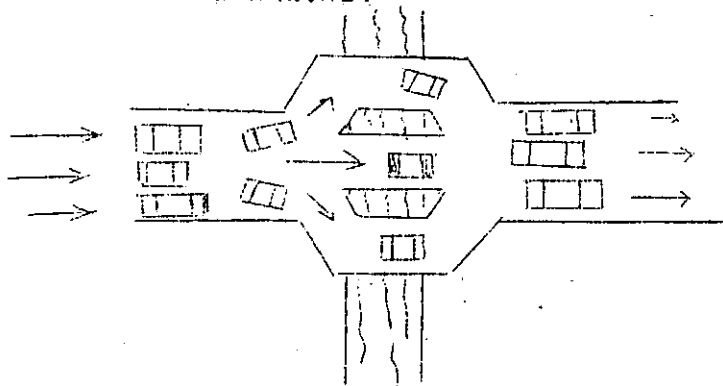
โปรดพิจารณา ดู กรอบที่ 6 ใหม่

10. ถูกต้อง ในวงจรที่ต่อกันแบบอันดับ หรือ แบบอนุกรม คือง่าย ๆ เอาค่า  
 ความต้านทานของแต่ละตัวรวมกัน

มีการต่ออีกแบบหนึ่ง ดังรูป



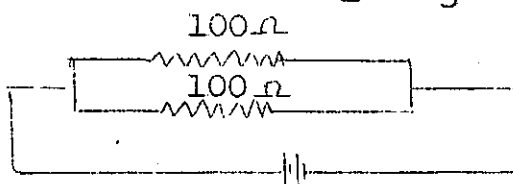
เราเรียกว่าการต่อแบบขนาน การต่อแบบนี้ค่าความต้านทานมันจะลดลง  
 เมื่อมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่มาถึง B มันสามารถจะแยกทางกันไปได้ 3 ทาง  
 ทำให้มันไหลสะดวกขึ้น เหมือนกับถนนที่มีสะพานข้ามแม่น้ำ หลายทาง รถจะวิ่งได้  
 สะดวกไม่ต้องแย่งกันขึ้นสะพานเดียว



ซึ่งมีลักษณะ คล้ายกับการต่อตัวต้านทานแบบขนานกัน การหาความต้านทาน

รวม เรามีวิธีหาจากสูตร  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$

ดูวงจรนี้



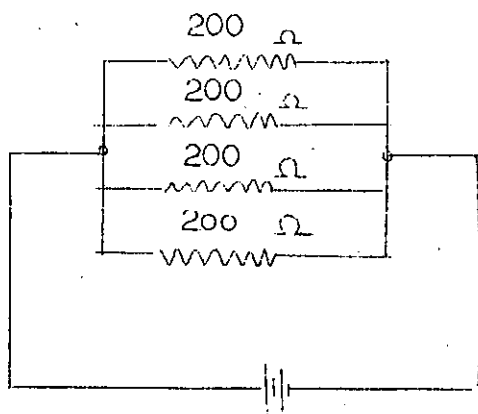
หาความต้านทานรวม หาได้ดังนี้

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100}$$

$$2 R = 100$$

$$R = \frac{100}{2} = 50 \Omega$$

ดังนั้น วงจรนี้ R จะมีค่าเท่าไร



ก.  $50 \Omega$  .....กรอบที่ 12

ข.  $800 \Omega$  .....กรอบที่ 13

$$11. \quad R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$R =$  ความต้านทาน

$$R_1 - R_3 = R \text{ ตัวที่ } 1 - \text{ตัวที่ } 3$$

$R_n$  ตัวสุดท้าย หมายความว่า มีกี่ตัวก็รวมกันให้หมด

เช่น  $R_1 = 20 \Omega, R_2 = 30 \Omega, R_3 = 10 \Omega$

ทั้งหมดมี 3 ตัว ดังนั้น  $n = 3$

นั่นคือ  $R = 20 + 30 + 10$

$$R = 60 \Omega$$

ไปพิจารณากรณีที่ 8 อีกที

12. ถูกต้อง เราคำนวณโดยใช้สูตร

แทนค่า  $R_{1-4}$  ลงไปได้

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$R = 50 \Omega (\text{ลองคิดดู})$$

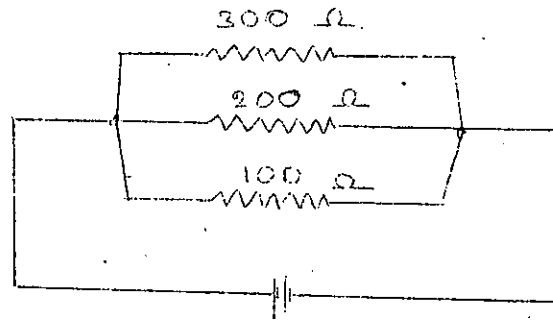
ไปรษณีย์เอก ถ้าค่า  $R$  ทุกตัวเท่ากัน ต่อแบบขนาน เราเอาจำนวนหารได้เลย

จะได้ค่าความต้านทานรวมพอดี เช่นตัวอย่างข้างบน  $R$  ตัวละ 200 มี 4 ตัว

ถ้าต่อแบบขนานกัน ก็เอา 4 หารได้เลย ได้  $50 \Omega$  พอดี

ถ้าไม่เท่ากัน เราต้องใช้สูตรข้างบนดังกล่าว

ในวงจรนี้



ค่าความต้านทานรวมจะมีค่าเท่าใด

- ก. 54.54 โอห์ม .....กรอบที่ 14  
 ข. 66.66 โอห์ม .....กรอบที่ 15  
 ค. 600 โอห์ม .....กรอบที่ 16

13. ถ้าได้ 800 โอห์ม แสดงว่า นักเรียนใช้สูตรการต่อแบบอนุกรม

คือ  $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$  แต่ในวงจรนี้เป็นการต่อแบบขนาน

ต้องใช้สูตร

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ไปรคดูกรอบที่ 12 อีกครั้ง

14. ถูกต้อง ใช้สูตรการต่อแบบขนาน

คือ 
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ไปรคไปตอกรอบที่ 17 ได้เลย

15. นักเรียนคงเอา 200 ตั้ง หากร้อยจำนวนทั้งหมด คือ 3 คิดอย่างนั้น  
ไม่ได้ เพราะค่า แต่ละตัวไม่เท่ากัน

โปรดดูกรอบ 12 อีกครั้ง

16. นักเรียนคงเอารวมกันแบบอนุกรม แต่ความจริงคือแบบขนาน  
โปรดดูกรอบที่ 10 ก่อน

17. เราจึงสรุปได้ว่า เราจัดการคำนวณหาค่าความต้านทานได้ 2 วิธี  
แล้ว คือ

1. คอแบบอนุกรมใช้สูตร

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

2. ถ้าคอแบบขนานกันใช้สูตร

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

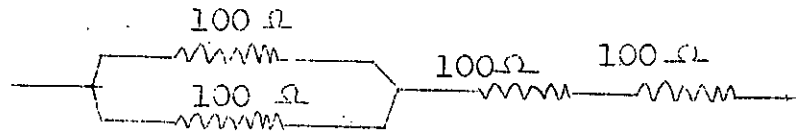
การคอแบบขนาน ถ้า R แต่ละตัวเท่ากัน ก็เอาจำนวนหาร จะได้ค่า  
ความต้านทานรวม

เรายังมีวิธีคิดอีกวิธีหนึ่ง การคอแบบนี้เป็นแบบอนุกรมและแบบขนานปนกัน

เราเรียกว่า เป็นแบบผสม

วิธีคิด เราจะคิดส่วนที่ขนานรวมกันก่อน แล้วจึงเอาไปรวมกับส่วนที่เป็น  
อนุกรม กัน

ดังนั้น รูปนี้ จะมีค่าความต้านทานรวมเท่าไร



- ก. 50 Ω .....กรอบที่ 18  
 ข. 400 Ω .....กรอบที่ 19  
 ค. 250 Ω .....กรอบที่ 20  
 ง. 300 Ω .....กรอบที่ 21

18. คิดส่วนที่ขนานกันก่อน คือ  $R_1$  และ  $R_2$  ได้เท่าไร จึงเอาไป  
 รวมกับ  $R_3$  กับ  $R_4$

คิดดูใหม่ แล้วเลือกคำตอบอีกครั้ง

19. คิดส่วนที่ขนานกันก่อน คือ  $R_1$  และ  $R_2$  จะมีค่าเท่าไร ดูกรอบที่ 14  
 เสร็จแล้วเอาไปรวมกับ  $R_3$  และ  $R_4$  ดูกรอบที่ 17 ก็ได้ แล้วค่อยเลือก  
 คำตอบข้อที่ 17 อีกที

19/1. เราพบทวนกันอีกสักชนิดหนึ่งนะ

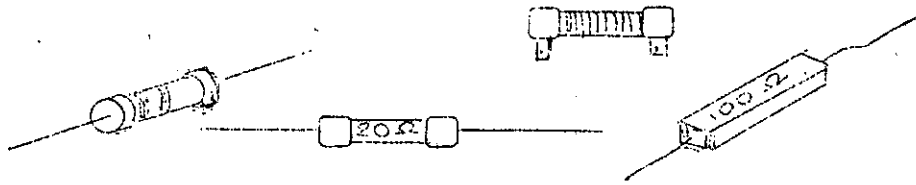
1. ตัวต้านทานเรามีไว้สำหรับ.....การไหลของกระแส  
อิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะ
2. ความกฏของโอห์ม ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ ถ้ามีแรงดันคงที่แล้ว  
ถ้าความต้านทาน ในวงจรมีมาก กระแสจะไหล.....
3. อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ก็มีความต้านทานอยู่ในตัว  
ก. ถูกต้อง ข. ไม่ถูกต้อง
4. เราต่อความต้านทานได้ 3 แบบคือ  
1.....  
2.....  
3.....
5. การต่อความต้านทานแบบ.....  
ความต้านทานจะน้อยลง

โปรดตรวจคำตอบกรอบที่ 23/1

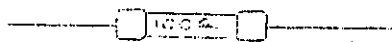
20. ถูกต้อง ส่วนที่ขนานกันก็คือ  $R_1$  กับ  $R_2$  รวมกัน จะได้  $50 \Omega$  แล้ว  
เอาไปอนุกรมกับ  $R_3, R_4$  จะได้  
 $R = 50 + 100 + 100 = 250 \Omega$   
ไปต่อกกรอบที่ 19/1

21. โปรดพลิกไป กรอบที่ 18 หรือ 19 เพราะข้อนี้ยังไม่ถูกต้อง

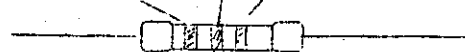
22. รูปนี้เป็นตัวต้านทานที่ใช้งานจริง ๆ ในวิทยุ โทรทัศน์และเครื่องขยายเสียงต่าง ๆ



การบอกค่าความต้านทานนั้น จะบอกเป็น 2 แบบ คือ แบบเป็นตัวเลข และแบบรหัส ดังรูปตัวอย่าง



แบบตัวเลข



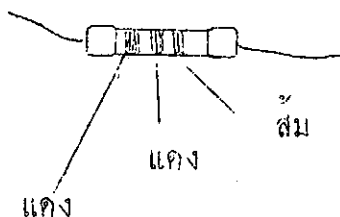
แบบโค้ดสี (โค้ดสี)

แบบรหัสสี เป็นแบบที่นิยมกัน โดยเขากำหนดเป็นรหัสสีสากล ใช้กันทั่วโลก

|        |        |   |         |   |
|--------|--------|---|---------|---|
| ดังนี้ | สีค่า  | 0 | เขียว   | 5 |
|        | น้ำตาล | 1 | น้ำเงิน | 6 |
|        | แดง    | 2 | ม่วง    | 7 |
|        | ส้ม    | 3 | เทา     | 8 |
|        | เหลือง | 4 | ขาว     | 9 |

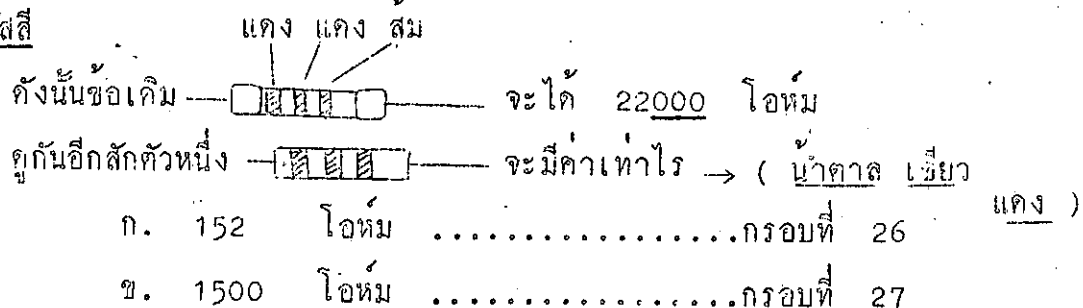
ดังตัวอย่าง

ตัวต้านทานนี้จะมีค่า เท่าไร



|          |       |             |    |
|----------|-------|-------------|----|
| ก. 223   | โอห์ม | .....คูณรอบ | 23 |
| ข. 322   | โอห์ม | .....คูณรอบ | 24 |
| ค. 22000 | โอห์ม | .....คูณรอบ | 25 |

23. เชื่อว่านักเรียนต้องเลือกข้อนี้ ถ้าไม่เคยเรียนมาก่อนเลย เราแทนตัวเลขได้ถูกตามรหัสสีแล้ว คือ 223 แต่แถบสีที่ 3 นั้น เราแทนด้วยจำนวนเลข 0 ตามรหัสสี



- 23/1.
1. คำนการไหลของอิเล็กทรอนิกส์
  2. กระแสขยับ
  3. ก. ถูกต้อง
  4. ก. แบบอนุกรม
  - ข. แบบขนาน
  - ค. แบบผสม
  5. แบบขนาน

โปรดพลิกไปกรอบที่ 22 ได้

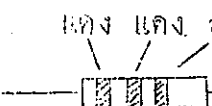
24. นักเรียนตอบข้อนี้ผิดไม่เป็นไร เพราะนักเรียนยังไม่ได้เคยได้เรียนมาก่อน ในเล่มนี้ก็ยังไม่ได้สอนไว้ คู่มือแนะ

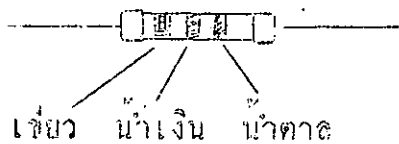
แดง = 2      ส้ม = 3

ถ้าแทนตัวเลขจะได้ 223 ตามที่นักเรียนคิดครั้งแรก แต่ความจริงแถบที่ 3 เราจะแทนด้วยจำนวนเลข 0 (ศูนย์)

ดังนั้น จึงได้ 22000 โอห์ม      โปรดดูกรอบที่ 23 ต่อ

25. ข้อนี้ถูกต้อง ถ้านักเรียนตอบถูกก็แสดงว่า นักเรียนเคยเรียนมาบ้างแล้ว หรือไม่ก็เฝ้าเอา เพราะในเล่มนี้ยังไม่ได้กล่าวมาก่อน เรากำลังจะบอกวิธีอ่านรหัสสีให้

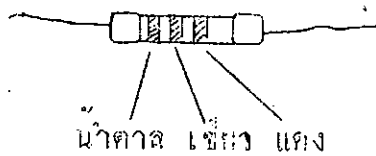
ตัวอย่าง  ถ้าเราแทนตัวเลขจะได้ 223  
แต่แถบสีที่ 3 เราแทนด้วยจำนวนเลข 0 (ศูนย์)  
จึงได้ 22000 โหลตัม  
ถ้าเช่นนั้น ตัวนี้จะมีค่าเท่าไร



ก. 561 โหลตัม .....กรอบที่ 28  
ข. 560 โหลตัม .....กรอบที่ 29

26. นักเรียนคงจะยังไม่เข้าใจก็

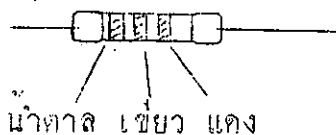
แถบที่ 3 คือจำนวนเลข 0 (ศูนย์) จะเท่ากับรหัสสี



แดง = 2 ดังนั้น จำนวน 0 จะมี 2 ตัว  
จะได้ 1500 โหลตัม

โปรดกลับไปเลือกคำตอบข้อ 23 อีกครั้ง

27. โอ.เค. นักเรียนเข้าใจแล้ว แถบสีสุดท้ายคือจำนวนเลข 0 (ศูนย์)



แถบสีแดง จะเท่ากับ 2 จึงมี 0 (ศูนย์) 2 ตัว  
1500 โหลตัม

ไปกรอบที่ 30 เลข

28. โปรดดูกรอบ 20 เป็นตัวอย่างอีกครั้งแล้วพิจารณากรอบที่ 35

40. เราเพิ่งจะย่างก้าวเข้าสู่อิเล็กทรอนิกส์ เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ยังมีเรื่องที่จะต้องเรียนอีกมากมาย อย่างไรก็ตาม ผู้ที่มีความสนใจ คงจะได้ชวน ขวดยศึกษาเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป สำหรับการเรียนที่ผ่านมา เป็นเพียงการเริ่มต้นเท่านั้น หวังว่านักเรียนคงจะได้รับความรู้พอสมควร

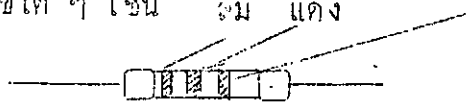
พบกันใหม่ในโอกาสต่อไป สวัสดี

---

29. โอ.เค. นักเรียนเข้าใจการอ่านแล้ว

ต่อในกรอบที่ 30 ได้

30. มีข้อยกเว้นอีกครั้ง ถ้าแถบสีที่ 3 เป็น สีดำ เราไม่อ่านหรือไม่แทนด้วยตัวเลขใด ๆ เช่น จ่ม แดง ดำ



= 32 โอห์ม

สีดำอยู่ท้ายสุด เราไม่อ่าน  
เพราะฉะนั้น ตัวนี้มีค่าเท่าไร



เท่า แดง ดำ

ก.  $820 \Omega$  .....กรอบที่ 31

ข.  $82 \Omega$  .....กรอบที่ 32

31. ขั้นแน่ ผิดแล้ว แถบสีที่ 3 เราไม่อ่านเพราะเป็นสีดำ

โปรดดูใหม่กรอบที่ 30

32. โอ.เค.  $82 \Omega$  สีดำอยู่แถบ 3 เราไม่อ่านหรือไม่แทนตัวเลขใด ๆ

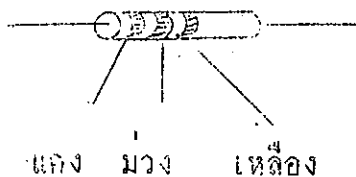
ถ้ามีตัวเลขมาก ๆ เช่น 15000 โอห์ม อย่างนี้อ่านลำบาก เขาเลยกำหนดเป็น กิโลโอห์ม ขึ้น 1 กิโลโอห์ม 1000 โอห์ม

ดังนั้น 15000 โอห์ม จึง เท่ากับ 15 กิโลโอห์ม

คำว่า กิโลโอห์ม ยาวไป เราใช้  $K\Omega$  หรือ  $K$  เฉย ๆ

พลิกหน้าต่อไป

ลองอ่านตัวนี้สัก 1 ตัว มีค่าเท่าไร



- ก. 270000 โอห์ม.....กรอบ 34  
 ข. 270  $K\Omega$  .....กรอบ 37  
 ค. 270 K .....กรอบ 36  
 ง. ทุก ๆ ข้อ คือ ก, ข, ค, ไม่มีข้อใดผิด  
 .....กรอบที่ 35

33. ใช้ ไม่มีข้อใดผิด ที่นิยมกันคือ ข้อ ค  
 ไปต่อกกรอบที่ 37 ได้เลย

33/1. คำตอบของกรอบที่ 39

1. รหัสสี
2. เลขศูนย์
3. ก. ไม่อ่าน
4. ความผิดพลาด บอกเป็นเปอร์เซ็นต์
5. 120 K.

โปรดพลิกไปกรอบที่ 40

34. ข้อนี้ถูกต้อง ไม่พิจารณาข้ออื่น ๆ บ้างหรือ

35- เลือกข้อใด ถูกต้องแล้ว แสดงว่าเข้าใจแล้ว

เรายังไม่ได้อ่านอีกแถบหนึ่ง คือ แถบสุดท้าย จะอยู่หลังสุด คือ

แถบสีเงิน จะบอกค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์

แถบสีทอง จะบอกค่าผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์

ถ้าไม่มีแถบสีนี้ จะบอกค่าผิดพลาด 20 เปอร์เซ็นต์

เช่น แดง แดง น้ำตาล ทอง

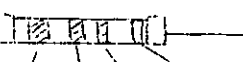
220  $\Omega$  ผิดพลาด 5 %

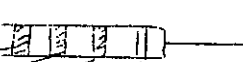
น้ำตาล ค่า น้ำตาล

100  $\Omega$  ผิดพลาด 10 %

ลองอ่านอีกสัก 3 ตัว

1.   
มีค่า -----  
แดง ม่วง เหลือง ทอง

2.   
มีค่า -----  
น้ำตาล ค่า แดง เงิน

3.   
มีค่า -----  
เขียว น้ำเงิน ไม่มีสี  
จ้

ให้คิดดูก่อน แล้วค่อยดูคำตอบที่ 38

36. ในทางปฏิบัติเรานิยมใช้แบบนี้ แต่ข้ออื่น ๆ ก็ไม่ผิด

กลับไปพิจารณาอีกครั้ง.....กรอบที่ 32

37. ข้อนี้ก็ผิด ข้ออื่น ๆ ไม่ลองพิจารณาน้ำหรือ

กลับไปกรอบ 32 อีกที

38.        1. 270  $\times$  ๙ ผิดพลาด    5 %  
              2. 1000  $\times$  หรือ 1  $\times$  ผิดพลาด    10 %  
              3. 56  $\times$  ผิดพลาด    20 %

โอ.เค. นักเรียนคงจะเข้าใจกันพอสมควร ขอให้นักเรียนทบทวนดูอีกครั้ง  
 อีกสักครู่ ลองทดสอบความรู้อีกครั้ง        ไปต่อกรอบ 39

39. เราทบทวนกันอีกนิดหนึ่งแล้วก็พักผ่อน

1. ที่ตัวคำถาม เขานิยามบอกค่าความต้านทานโดยใช้.....

.....

2. การอ่านรหัสสีนั้น แถบที่ 3 เราแทนด้วยจำนวนของ....

.....

3. ถ้าแถบที่ 3 เป็นสีดำ เราอ่านอย่างไร

ก. ไม่อ่าน

ข. แทนจำนวนเลข 0 (ศูนย์) 1 ตัว

4. สีที่ 4 สีเงิน และ สีทอง เป็นสีที่บอกค่า.....

บอกเป็น.....

5. ถ้าค่าความต้านทาน 120000 โอห์ม เราเขียนสั้น ๆ ได้ดังนี้

.....

โอ.เค. นักเรียนคงตอบได้ถูกทุกข้อนะ

ไปรคดูคำตอบกรอบที่ 33/1