

บทที่ 14 ไฟฟ้ากระแส

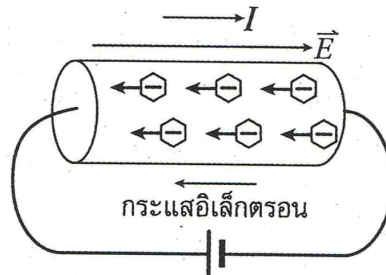
14.1 กระแสไฟฟ้า (Electric Current)

กระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเมื่อมีความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุดในตัวนำนั้นๆ

14.1.1 การนำไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Source of Electromotive Force) คือ แหล่งที่ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของขั้วตัวนำทำให้กระแสไฟฟ้าไหล ตัวอย่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ได้แก่

1. เซลล์ไฟฟ้าเคมี เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า มี 2 แบบ คือ
 - 1.1 เซลล์ปฐมภูมิ ได้แก่ ถ่านไฟฉาย
 - 1.2 เซลล์ทุติยภูมิ ได้แก่ หม้อสะสมไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่
 2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น ไดนาโม
 3. กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานความร้อน ได้แก่ ตู้ความความร้อนซึ่งประกอบด้วยโลหะสองชนิด คือเหล็กกับทองแดง นำมาประกบกันทำให้ปลายทั้งสองข้างต่างกันมาก
 4. กระแสไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสง ได้แก่ เซลล์สุริยะ โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
 5. กระแสไฟฟ้าจากสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ปลาไหลไฟฟ้า ร่างกายมนุษย์ และสัตว์อื่นๆ
- กระแสไฟฟ้าจะวิ่งจากศักย์สูงไปยังศักย์ต่ำ (กระแสที่เรียนเป็นกระแสสมมุติคือประจุบวก วิ่งจากศักย์สูงไปยังศักย์ต่ำ แต่ประจุลบวิ่งจากศักย์ต่ำไปศักย์สูงวิ่งสวนทางกัน)



รูปที่ 14.1 ทิศของสนามไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกระแสอิเล็กตรอนในตัวนำโลหะ
ตัวนำไฟฟ้ามี 5 ตัวนำ

1. การนำไฟฟ้าในโลหะ เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ
2. การนำไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศ เกิดจากประจุลบนำไฟฟ้า
3. การนำไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ตัวที่นำไฟฟ้า คือ ประจุบวกและประจุลบ
4. การนำไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊ส เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และไอออนบวก
5. การนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ เช่น ไดโอด (ต้องต่อไดโอดให้ถูกทางถึงจะนำไฟฟ้า) การนำไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ไอออนบวก ไอออนลบและโฮล (สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ในภาวะปกติจะไม่นำไฟฟ้า ถ้ามีสนามไฟฟ้าที่มีความเข้มมากผ่านเข้าไปจะทำให้อิเล็กตรอนบางตัวหลุดเป็นอิสระและเกิดที่ว่างเรียกว่า โฮล โฮลมีพฤติกรรมคล้ายอนุภาคไฟฟ้าบวก แรงจากสนามไฟฟ้าจะทำให้อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า และโฮลเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า เกิดกระแสไหลในวงจรได้)

14.1.2 กระแสไฟฟ้าในตัวนำ

กระแสไฟฟ้าในตัวนำใด ๆ

ตัวนำ คือ ตัวที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน

ฉนวน คือ ตัวที่ไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน

กระแสไฟฟ้า คือ ปริมาณประจุที่วิ่งผ่านตัวกลางในหนึ่งหน่วยเวลามีหน่วยเป็น แอมแปร์

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Ne}{t}$$

เมื่อ Q แทน ประจุไฟฟ้าทั้งหมด มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)

q แทน ประจุไฟฟ้าของอนุภาค 1 ตัว มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C) (1.6×10^{-19} C)

t แทน เวลาที่อนุภาคผ่านภาคตัดขวางมีหน่วยเป็นวินาที (s)

I แทน กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นคูลอมบ์ต่อวินาที (C/s) หรือ แอมแปร์ (A)

N แทน จำนวนประจุ

กระแสไฟฟ้าในเส้นลวดตัวนำโลหะ

$$I = nevA$$

เมื่อ I แทน กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นคูลอมบ์ต่อวินาที (C/s) หรือ แอมแปร์ (A)

n แทน จำนวนอิเล็กตรอนในปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรหรือความหนาแน่น

e แทน ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน = 1.6×10^{-19} คูลอมบ์

v แทน ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

A แทน พื้นที่ภาคตัดขวางของโลหะ หน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)

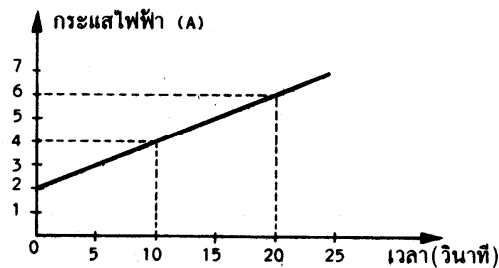
เมื่อนำโลหะมาต่ออนุกรมกัน (การต่ออนุกรมกันกระแสไฟฟ้าเท่ากัน)

โลหะชนิดเดียวกัน (n เท่ากัน)	โลหะต่างชนิดเดียวกัน (n ไม่เท่ากัน)
$I_1 = I_2$ $n_1 e_1 v_1 A_1 = n_2 e_2 v_2 A_2$ (n, e เท่ากัน) $v_1 A_1 = v_2 A_2$	$I_1 = I_2$ $n_1 e_1 v_1 A_1 = n_2 e_2 v_2 A_2$ (e เท่ากัน) $n_1 v_1 A_1 = n_2 v_2 A_2$

แบบฝึกหัด 14.1

- 1.. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีกระแสไหลผ่าน 3 แอมแปร์ ในเวลา 5 นาที จะมีปริมาณประจุเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดไปเท่าใด (900 C)
2. ลวดเส้นหนึ่งมีกระแสไหลผ่าน 2.4 แอมแปร์ จำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดไปในเวลา 2 นาที มีจำนวนเท่าใด (1.8×10^{21} ตัว)
3. ใน 1 m³ ของทองแดงมีอิเล็กตรอนอิสระอยู่ 5×10^{22} ตัว ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดทองแดงพื้นที่หน้าตัด 1 cm² ขนาด 16 แอมแปร์ จงหาความเร็วของอิเล็กตรอนในเส้นลวดนี้ (20 m/s)

4. ลวดตัวนำโลหะขนาดสม่ำเสมอมีปริมาณกระแสต่อหน่วยพื้นที่เท่ากับ 1.0×10^{10} แอมแปร์ต่อตารางเมตร และความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระเป็น 5.0×10^{28} ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จงหาขนาดของความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวด (1.25 m/s)
5. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดหนึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังแสดงในกราฟจงหาประจุและจำนวนอิเล็กตรอนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดในช่วงเวลาวินาทีที่ 10 ถึงวินาทีที่ 20 (50 C , 3.125×10^{20} ตัว)



แบบฝึกหัดบททวน 14.1

- กระแสไฟฟ้าในตัวกลางคู่ใดต่อไปนี้ เกิดจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าลงอย่างเดียวนั้น
 - แท่งโลหะตัวนำและหลอดบรรจุก๊าซ
 - สารละลายอิเล็กโทรไลต์และหลอดสุญญากาศ
 - หลอดสุญญากาศและแท่งโลหะตัวนำ**
 - หลอดบรรจุก๊าซและสารละลายอิเล็กโทรไลต์
- กระแสในข้อใดบ้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าทั้งบวกและลบ
 - หลอดฟลูออเรสเซนต์**
 - หลอดไฟฟ้าไส้ทั้งสแตน
 - สารละลายกรดกำมะถัน**
 - ไดโอดสารกึ่งตัวนำ

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. 1, 2, 3 และ 4 ข. 1, 3 และ 4 ค. 3 และ 4 **ง. คำตอบเป็นอย่างอื่น**
- ข้อความในข้อใดผิด
 - กระแสไฟฟ้าในโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ
 - กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ**
 - กระแสไฟฟ้าในสารอิเล็กโทรไลต์เกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบ
 - กระแสไฟฟ้าในหลอดบรรจุก๊าซเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและไอออนลบ
- ลวดเส้นหนึ่งมีกระแสไหลผ่าน 4 แอมแปร์ จำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดไปในเวลา 30 วินาที มีจำนวนเท่าใด

ก. 7.5×10^{18} ตัว **ข. 7.5×10^{19} ตัว** ค. 7.5×10^{20} ตัว ง. 7.5×10^{22} ตัว
- ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีกระแสไหลผ่าน 5 แอมแปร์ ในเวลา 2 นาที จะมีปริมาณประจุเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดไปเท่าใด

ก. 10 คูลอมบ์ ข. 100 คูลอมบ์ ค. 300 คูลอมบ์ **ง. 600 คูลอมบ์**
- ใน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรของทองแดงมีอิเล็กตรอนอิสระอยู่ 8×10^{22} ตัวถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดทองแดงพื้นที่หน้าตัด 2 ตารางเซนติเมตร ขนาด 160 แอมแปร์ จงหาความเร็วของอิเล็กตรอนในเส้นลวดนี้

ก. $1.25 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ข. $1.25 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ ค. $1.25 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ง. $1.25 \times 10^{-7} \text{ m/s}$

7. ถ้าความหนาแน่นของพาหะของประจุไฟฟ้าในลวดทองแดง (อิเล็กตรอนอิสระ) เป็น $5.0 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ในลวดทองแดงพื้นที่หน้าตัด 2.0 ตารางมิลลิเมตร มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 1.6 แอมแปร์ อัตราเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนในลวดนั้นจะเป็นเท่าใด

ก. $1.0 \times 10^4 \text{ m/s}$ ข. $1.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ ค. $1.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ง. $1.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

8. ลวดตัวนำโลหะขนาดสม่ำเสมอมีปริมาณกระแสต่อหน่วยพื้นที่เท่ากับ 1.6×10^6 แอมแปร์ต่อตารางเมตร และความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระเป็น 4.0×10^{22} ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จงหาขนาดของความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวด

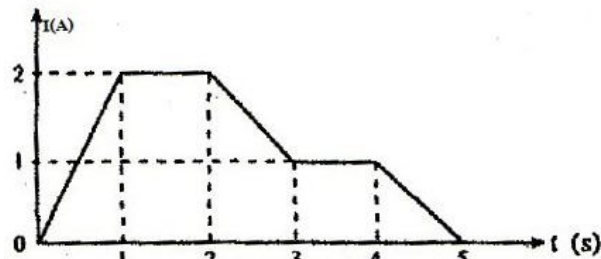
ก. $2.5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ข. $2.5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ ค. $2.5 \times 10^2 \text{ m/s}$ ง. $2.5 \times 10^4 \text{ m/s}$

9. ลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมขนาด 0.2 ตารางเซนติเมตร ความยาว 1 เมตร เมื่อต่อลวดนี้เข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะมีประจุไฟฟ้า $9.6 \times 10^{-3} \text{ A}$ ถ้าความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนในลวดเป็น 2×10^{-4} เมตรต่อวินาที จงหาจำนวนอิเล็กตรอนอิสระในลวดเส้นนี้ทั้งหมด

ก. 1.5×10^{22} ตัว ข. 4.0×10^{22} ตัว ค. 1.5×10^{25} ตัว ง. 2.0×10^{30} ตัว

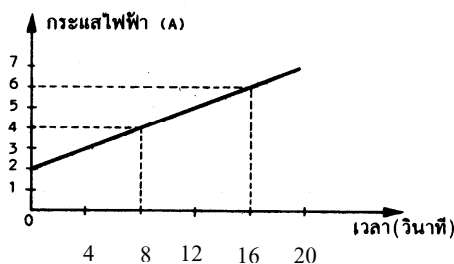
10. จากรูป เป็นกราฟแสดงไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดเส้นหนึ่งกับเวลา จงหาว่าเมื่อสิ้นสุดเวลา $t = 5$ วินาที จะมีประจุไฟฟ้าไหลผ่านลวดเส้นนี้กี่คูลอมบ์

ก. 1.0 คูลอมบ์
ข. 2.0 คูลอมบ์
ค. 5.0 คูลอมบ์
ง. 6.0 คูลอมบ์



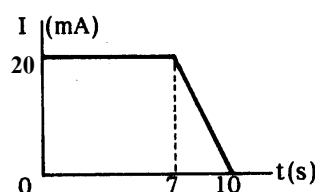
11. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดหนึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังแสดงในกราฟจงหาจำนวนอิเล็กตรอนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดหนึ่งในช่วงเวลาวินาทีที่ 8 ถึงวินาทีที่ 16

ก. 2.5×10^{19} ตัว
ข. 5.0×10^{19} ตัว
ค. 2.5×10^{20} ตัว
ง. 5.0×10^{20} ตัว



12. ในการทดลองครั้งหนึ่งสามารถเขียนกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า กับเวลา ดังรูป ถ้าวัดว่าตั้งแต่เริ่มต้นจนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0 แอมแปร์ มีประจุเคลื่อนที่ผ่านเครื่องวัดเฉลี่ยวินาทีละกี่คูลอมบ์

ก. 200 คูลอมบ์
ข. 150 คูลอมบ์
ค. 0.17 คูลอมบ์
ง. 0.017 คูลอมบ์

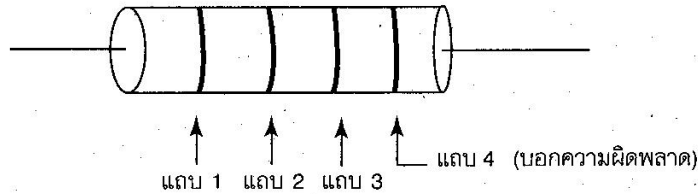


14.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

เนื่องจากกระแสไฟฟ้าในตัวนำจะเกิดขึ้นได้ ต้องมีความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวนำ

14.2.1 กฎของโอห์มและความต้านทาน

การอ่านค่าความต้านทานของตัวต้านทานลงที่



แถบสี				แถบสี
สี	แถบ 1	แถบ 2	แถบ 3	แถบที่ 4 (บอกความผิดพลาด)
ดำ	0	0	10^0	น้ำตาล = $\pm 1\%$
น้ำตาล	1	1	10^1	แดง = $\pm 2\%$
แดง	2	2	10^2	ทอง = $\pm 5\%$
ส้ม	3	3	10^3	เงิน = $\pm 10\%$
เหลือง	4	4	10^4	ไม่มีสี = $\pm 20\%$
เขียว	5	5	10^5	สูตร ความต้านทาน = สี สี $\times 10^{\text{สี}}$ $\pm \%$ เช่น <u>แดง</u> <u>เหลือง</u> <u>แดง</u> <u>ทอง</u> $= 2 \ 4 \times 10^2 \pm 5\%$ $= 2400 \pm \frac{5}{100} (2400)$ $= 2400 \pm 120 \ \Omega$
น้ำเงิน	6	6	10^6	
ม่วง	7	7	10^7	
เทา	8	8	10^8	
ขาว	9	9	10^9	
ทอง	-	-	10^{-1}	
เงิน	-	-	10^{-2}	

กฎของโอห์ม มีใจความว่า “เมื่ออุณหภูมิคงที่ ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำหนึ่งจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น

จะเขียนความสัมพันธ์ได้คือ $I \propto V$

$$I = KV, \quad K \text{ เป็นค่าคงตัวการแปรผัน}$$

$$\therefore \frac{V}{I} = \frac{1}{K} \quad \text{หรือ} \quad \frac{V}{I} = K$$

$$\text{ถ้าให้} \quad \frac{1}{K} = R \quad \text{จะได้} \quad \frac{V}{I} = R \quad \text{หรือ} \quad \frac{V}{I} = \frac{1}{R}$$

$$V = IR$$

เมื่อ V แทน ความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำ หน่วยเป็นโวลต์ (V)

I แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน หน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

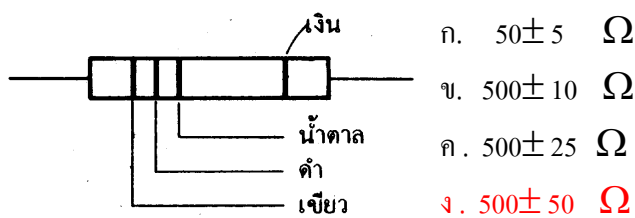
R แทน ความต้านทานของลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

แบบฝึกหัด 14.2.1

1. ความต่างศักย์ระหว่างปลายความต้านทานขนาด $28\ \Omega$ มีค่าเท่าใด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 3 A (84 V)
2. จงหาความต่างศักย์ระหว่างปลายความต้านทานขนาด $5\ \Omega$ ถ้ามีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน 960 คูลอมบ์ต่อวินาที (80 V)
3. จงหาความต่างศักย์ระหว่างปลายความต้านทานขนาด $10\ \Omega$ ถ้ามีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน $1,800$ คูลอมบ์ต่อวินาที (300 V)
4. จงหาความต้านทาน เมื่อความต่างศักย์ระหว่างปลายเท่ากับ 100 โวลต์ ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 10 แอมแปร์ ($10\ \Omega$)

แบบฝึกหัดทบทวน 14.2.1

1. จากรูปที่กำหนดให้ จงหาว่าตัวต้านทานมีค่ากี่โอห์ม



2. ความต้านทานตัวหนึ่งมีแถบสีดังนี้ สีแดง แดง ดำ และทอง ความต้านทานตัวนี้มีค่าเท่าไร
ก. $22 \pm 5\%$ ข. $200 \pm 5\%$ ค. $220 \pm 5\%$ ง. $2000 \pm 5\%$
3. ค่าความต้านทานบางชนิด บอกไว้ด้วยแถบสีที่คาดไว้ ตัวต้านทานที่ดีควรมีแถบอย่างไร
ก. มี 4 แถบ ข. มี 3 แถบ ค. มีสีเข้ม ง. มีสีจาง

14.2.2 สภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้า

สภาพต้านทานไฟฟ้า (Electrical resistivity) หมายถึง ความต้านทานของสารชนิดนั้น มีความยาว 1 เมตร และพื้นที่ภาคตัดขวาง 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็นโอห์มเมตร (Ωm) แทนด้วยสัญลักษณ์ ρ

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

เมื่อ R แทน ความต้านทานของตัวนำ (Ω) ρ แทน สภาพต้านทานไฟฟ้า (Ωm)
 ℓ แทน ความยาวของตัวนำ (m) A แทน พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ (m^2)

เปรียบเทียบลวดโลหะ

1. เปรียบเทียบลวดต่างชนิดกัน	2. เปรียบเทียบโดยการตัดเส้นลวด
ลวดต่างชนิดกัน ($\rho_1 \neq \rho_2$) จากสูตร $R = \rho \frac{\ell}{A}$ สูตรเปรียบเทียบ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2} \cdot \frac{A_2}{A_1}$	ลวดเส้นเดียวกัน ($\rho_1 = \rho_2$, $A_1 = A_2$) จากสูตร $R = \rho \frac{\ell}{A}$ สูตรเปรียบเทียบ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1}{\ell_2}$

3. เปรียบเทียบลวดชนิดเดียวกันโดยจับยึดออก ($\rho_1 = \rho_2$)การยึดปริมาตรไม่เปลี่ยน $V_1 = V_2$

$$A_1 \ell_1 = A_2 \ell_2$$

$$\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{A_2}{A_1} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2} \cdot \frac{A_2}{A_1} \dots\dots\dots(2)$$

สูตรเปรียบเทียบ	$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{\ell_1}{\ell_2} \right)^2 = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^4 = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4$
-----------------	---

ความนำไฟฟ้า (Electrical Conductance)เป็นส่วนกลับของความต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น (โอห์ม)⁻¹ หรือซีเมนส์ (Siemens) แทนด้วยสัญลักษณ์ S วัสดุที่มีความนำไฟฟ้าสูงจะมีความต้านทานต่ำ วัสดุที่มีความนำไฟฟ้าต่ำจะมีความต้านทานสูง

จะได้ $S = \frac{1}{R}$ เมื่อ S แทน ความนำไฟฟ้า , R แทน ความต้านทาน

สภาพนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) เป็นส่วนกลับของสภาพต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น (โอห์ม.เมตร)⁻¹ หรือซีเมนส์ต่อเมตร แทนด้วยสัญลักษณ์ σ

จะได้ $\sigma = \frac{1}{\rho}$ เมื่อ ρ แทน สภาพต้านทานไฟฟ้า ($\Omega.m$)

แบบฝึกหัดที่ 14.2.2

1. ลวดเส้นหนึ่งยาว 50 เซนติเมตร มีพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางมิลลิเมตร ต่ออยู่กับความต่างศักย์ 1 โวลต์ ปรากฏว่ามีกระแสไหลผ่าน 10 แอมแปร์ สภาพความต้านทานของวัตถุที่ทำลวดนี้ มีค่าเท่าใด (2×10^{-6} โอห์ม-เมตร)
2. ลวดทองแดงยาว 2 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตร มีสภาพต้านทาน 1.6×10^6 โอห์ม-เมตร ปลายทั้งสองของลวดต่อกับความต่างศักย์ 64 โวลต์ จงหาว่าใน 16 วินาที จะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านลวดทั้งหมดกี่อนุภาค (2×10^9 อนุภาค)
3. ลวดเส้นหนึ่งยาว 60 เมตร มีความต้านทาน 6 โอห์ม ถ้านำมามัดออกให้ยาว 120 เมตร สม่่าเสมอ จะมีความต้านทานเท่าใด (24 โอห์ม)
4. ลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 0.1 ตารางมิลลิเมตร ยาว 500 เมตร เมื่อต่อปลายทั้งสองของลวดเส้นนี้ กับความต่างศักย์ 15.9 โวลต์ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวด 0.2 แอมแปร์ จงหาสภาพต้านทานของลวดนี้ (1.59×10^{-8} โอห์ม-เมตร)
5. ลวดทองแดงเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 1.2 ตารางมิลลิเมตร ยาว 500 เมตร จะมีความต้านทานเท่าใด ให้สภาพต้านทานของทองแดง 1.8×10^{-8} โอห์มเมตร (7.5 โอห์ม)
6. ลวด A ยาวเท่ากับลวด B โดยมีพื้นที่หน้าตัดเป็นครึ่งหนึ่งของลวด B แต่มีความต้านทานเท่ากัน จงหาอัตราส่วนระหว่างค่าสภาพต้านทานของลวด A และลวด B (1 : 2)

7. ลวดตัวนำมีขนาดโตสมำเสมอยาว 1 เมตร พื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตร ถ้าลวดนี้มีความต้านทาน 500 โอห์มจะมีสภาพการนำไฟฟ้าเป็นกิโลโอห์มต่อเมตร (2×10^3 (โอห์ม-เมตร)⁻¹)
8. ลวดเส้นหนึ่งยาว 1.0 เมตร มีความต้านทาน 0.5 โอห์ม จงหาว่าลวดชนิดเดียวกันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นสองเท่าของเส้นแรกจะต้องมีความยาวเท่าใด จึงจะมีความต้านทาน 1.2 โอห์ม (9.6 เมตร)
9. เส้นลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม ถ้าความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทั้งสองค่าแล้ว ความต้านทานของเส้นลวดจะเป็นอย่างไร ($R_1 : R_2 = 2 : 1$)
10. ลวดตัวนำขนาดสมำเสมอเส้นหนึ่งยาว 1 เมตร วัดความต้านทานได้ 0.2 โอห์ม ถ้ามีตัวนำชนิดเดียวกันแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าเดิมครึ่งหนึ่ง ถ้าต้องการให้มีความต้านทาน 0.8 โอห์ม ต้องใช้ลวดยาวเท่าใด (1 เมตร)
11. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A ยาว L ถ้านำมารีดให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัด $\frac{A}{2}$ จงหาว่าความต้านทานของลวดเส้นใหม่ เมื่อเทียบกับเส้นเดิม ($R_2 = 4R_1$)
12. ลวดเส้นหนึ่งมีความต้านทาน 100 โอห์ม ถูกรีดออกให้ยาวเป็น 5 เท่า ของความยาวเดิม ถ้าสภาพต้านทานและความหนาแน่นของลวดนี้มีค่าคงเดิม จงหาความต้านทานใหม่ในหน่วยโอห์ม (2,500)

แบบฝึกหัดทบทวน 14.2.2

1. ลวดทองแดงเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 1.2 ตารางมิลลิเมตร ยาว 500 เมตร จะมีความต้านทานเท่าใด ให้สภาพต้านทานของทองแดง 1.8×10^{-8} โอห์มเมตร
 ก. 1.5×10^{-2} ข. 7.5×10^{-2} ค. 1.5 **ง. 7.5**
2. ลวด A ยาวเท่ากับลวด B โดยมีพื้นที่หน้าตัดเป็นครึ่งหนึ่งของลวด B แต่มีความต้านทานเท่ากัน จงหาอัตราส่วนระหว่างค่าสภาพต้านทานของลวด A และลวด B
 ก. 1 : 4 **ข. 1 : 2** ค. 2 : 1 ง. 4 : 1
3. ลวด A ยาวเป็นสองเท่าของลวด B และมีสภาพต้านทานเป็น 3 เท่าของลวด B ถ้าลวด B มีพื้นที่หน้าตัดเป็น $\frac{1}{4}$ เท่าของลวด A จงหาอัตราส่วนของความต้านทานของลวด A ต่อลวด B
 ก. 2 : 3 ข. 3 : 4 **ค. 3 : 2** ง. 4 : 3
4. ลวดตัวนำมีขนาดโตสมำเสมอยาว 1 เมตร พื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตร ถ้าลวดนี้มีความต้านทาน 500 โอห์ม จะมีสภาพการนำไฟฟ้าเป็นกิโลโอห์มต่อเมตร
 ก. 5×10^{-4} ข. 2×10^{-4} ค. 5×10^3 **ง. 2×10^3**
5. ลวดเส้นหนึ่งยาว 1.0 เมตร มีความต้านทาน 0.5 โอห์ม จงหาว่าลวดชนิดเดียวกันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นครึ่งหนึ่งของเส้นแรกจะต้องมีความยาวเท่าใด จึงจะมีความต้านทาน 1.2 โอห์ม
 ก. 0.4 เมตร **ข. 0.6 เมตร** ค. 0.8 เมตร ง. 1.2 เมตร
6. เส้นลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม ถ้าความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทั้งสองค่าแล้ว ความต้านทานของเส้นลวดจะเป็นอย่างไร
 ก. ลดลงเหลือ $\frac{1}{4}$ ข. เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า **ค. ลดลงครึ่งหนึ่ง** ง. เพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

7. ลวดตัวนำขนาดสม่ำเสมอเส้นหนึ่งยาว 1 เมตร วัดความต้านทานได้ 0.2 โอห์ม ถ้ามีตัวนำชนิดเดียวกัน แต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าเดิมครึ่งหนึ่ง ถ้าต้องการให้มีความต้านทาน 0.8 โอห์ม ต้องใช้ลวดยาวเท่าใด
 ก. 1.0 เมตร ข. 4.0 เมตร ค. 2.0 เมตร ง. 3.0 เมตร
8. ถ้านำลวดเส้นหนึ่งให้เหลือเพียงครึ่งหนึ่งของของเดิม แล้ววัดลวดที่เหลือให้ยาวเท่ากับลวดเดิม ถามว่า ความต้านทานของลวดเส้นใหม่นี้เป็นเท่าไร ถ้าลวดเส้นเดิมมีความต้านทาน 0 โอห์ม
 ก. 10 โอห์ม ข. 30 โอห์ม ค. 20 โอห์ม ง. 40 โอห์ม
9. ลวดโลหะขนาดสม่ำเสมอยาว 50 เซนติเมตร วัดความต้านทานได้ 0.4 โอห์ม ถ้าลวดถูกรีดให้เล็กลง ขนาดสม่ำเสมอและมีความยาวเป็น 4 เท่าของความยาวเดิมแล้ว ความต้านทานไฟฟ้าของลวดโลหะเส้นเล็กจะมีค่าเท่าใด
 ก. 0.8 โอห์ม ข. 1.6 โอห์ม ค. 3.2 โอห์ม ง. 6.4 โอห์ม
10. ลวดเส้นหนึ่งมีความต้านทาน 6 โอห์ม ถูกรีดออกให้ยาวเป็น 4 เท่าของความยาวเดิม ถ้าสภาพต้านทาน และความหนาแน่นของลวดนี้ มีค่าคงเดิม จงหาความต้านทานใหม่ในหน่วยโอห์ม
 ก. 32 โอห์ม ข. 64 โอห์ม ค. 96 โอห์ม ง. 128 โอห์ม
11. (มข.50) ลวดความต้านทานเส้นหนึ่งยาว 3 เมตร มีความต้านทาน 45 โอห์ม ถ้าแบ่งลวดออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกันและนำมาต่อกันแบบขนาน จะได้ความต้านทานของลวดใหม่เท่ากับเท่าไร
 1. 5 โอห์ม 2. 9 โอห์ม 3. 15 โอห์ม 4. 45 โอห์ม
12. (มข.51) ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีความต้านทาน 8 โอห์ม ถ้าทำการยืดลวดตัวนำเส้นนี้ให้ยาวเป็น 2 เท่าของความยาวเดิม จงหาความต้านทานของลวดเส้นนี้หลังจากทำการยืดแล้ว
 1. 4 โอห์ม 2. 8 โอห์ม 3. 16 โอห์ม 4. 32 โอห์ม
13. (มข.52) ลวดเส้นหนึ่ง มีความต้านทาน 20 โอห์ม ถ้าตัดออกเป็นสองส่วนเท่ากันแล้วนำมาต่อขนานกัน จะมีความต้านทานใหม่เป็นกี่โอห์ม
 1. 5 โอห์ม 2. 10 โอห์ม 3. 20 โอห์ม 4. 40 โอห์ม
14. (มข.55) ลวดทองแดงขนาดสม่ำเสมอสองเส้น เส้นแรกมีความยาว 10 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตร และเส้นที่สองยาว 20 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 มิลลิเมตร จงหาว่าความต้านทานของลวดเส้นที่สองเป็นกี่เท่าของเส้นที่หนึ่ง
 1. 0.64 เท่า 2. 0.36 เท่า 3. 8 เท่า 4. 16 เท่า
15. (มข.56) ลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ มีสภาพต้านทานไฟฟ้า $2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ มีความยาว 25 เมตร เมื่อวัดความต้านทานได้ 0.2 โอห์ม ถ้านำมาดัดให้ยาวขึ้นเป็น 100 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ ความต้านทานใหม่มีขนาดเท่าไร
 1. 0.05 โอห์ม 2. 0.2 โอห์ม 3. 0.8 โอห์ม 4. 3.2 โอห์ม
16. ลวดเส้นนี้มีความต้านทาน R เมื่อยืดลวดเส้นนี้อย่างสม่ำเสมอให้ยาวเป็นสองเท่าความยาวเดิม ลวดนี้ จะมีความต้านทานใหม่เป็นเท่าใด (มข.58)
 1. R 2. 2R 3. 3R 4. 4R

14.2.3 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อความต้านทาน

1. **ตัวนำ** ความต้านทานของตัวนำที่เป็นโลหะบริสุทธิ์ เช่น แพลทินัม เงิน ทองแดง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า ความต้านทานจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน ความรู้ถูกนำไปใช้สร้างเทอร์มิสเตอร์ชนิดความต้านทาน ส่วนตัวนำพวกโลหะผสมพบว่าอุณหภูมิเปลี่ยนค่าสภาพความต้านทานของโลหะผสมจะเปลี่ยนน้อยมาก ซึ่งมีค่าสูงกว่าโลหะบริสุทธิ์ จึงนำไปใช้ประโยชน์สร้างตัวต้านทานมาตรฐาน เช่น ตัวต้านทานโลหะผสมแมงกานิน (ทองแดง + แมงกานีส + นิกเกิล)

2. **สารกึ่งตัวนำ** ได้แก่พวก ซิลิกอน เจอร์มาเนียม กราไฟต์ พบว่า ที่อุณหภูมิธรรมดา สภาพต้านทานของสารกึ่งตัวนำมีค่าสูงกว่าสภาพต้านทานของตัวนำมาก แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าสภาพต้านทานจะลดลงอย่างรวดเร็ว และนำไฟฟ้าได้ดี

3. **ฉนวน** เป็นวัตถุที่มีค่าสภาพต้านทานสูงมาก เช่น แก้ว ไมกา ยาง กระเบื้อง ที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ ค่าสภาพต้านทานจะลดลงบ้าง แต่ถ้าต่อกับความต่างศักย์สูงมาก ๆ วัตถุนี้จะกลายเป็นตัวนำไฟฟ้าได้

จากการศึกษาความต้านทานของโลหะบางชนิด เช่น ตะกั่ว ดีบุกปรอท พบว่า เมื่ออุณหภูมิเข้าใกล้ 0°K ค่าความต้านทานของโลหะเหล่านี้จะลดลงเกือบเป็นศูนย์ อุณหภูมินี้เรียกว่า **อุณหภูมิวิกฤต** และค่าสภาพความต้านทานเป็นศูนย์ โลหะนี้จะอยู่ในสถานะนำไฟฟ้ายิ่งยวด คือนำไฟฟ้าได้ดีที่สุด เรียกโลหะนี้ว่า **ตัวนำยวดยิ่ง** และมีสมบัติสำคัญคือ การผลักกับสนามแม่เหล็ก จึงนำความรู้นี้ไปใช้ประโยชน์ในการสร้างอุปกรณ์ เช่น

เครื่องเร่งอนุภาคกำลังสูง ใช้เร่งอนุภาค เช่น อิเล็กตรอน นิวตรอน ให้มีความเร็วสูง เกิดพลังงานจลน์มาก นำไปใช้ในงานวิจัยฟิสิกส์

รถไฟฟ้ามกอล์ฟ เป็นรถไฟความเร็วสูง ขณะแล่นตัวรถจะลอยเหนือรางช่วยลดแรงเสียดทาน การยกตัวเกิดจากการผลักกันของสนามแม่เหล็กจากรางและตัวรถ

สควิด ใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดที่มีความไวสูง เช่น ตรวจวัดสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสมอง ใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าต่ำขนาด 10^{-10} โวลต์

การทำให้สารต่าง ๆ อยู่ในสถานะนำยวดยิ่งต้องใช้ฮีเลียมเหลว ซึ่งมีราคาแพงช่วยลดอุณหภูมิ แต่ปัจจุบันนักฟิสิกส์ได้พบสารชนิดใหม่เรียกว่า ตัวนำยวดยิ่งอุณหภูมิสูง เป็นสารประกอบของอิตเทียม (Y) แบเรียม (Ba) ทองแดง (Cu) และออกซิเจน (O) ซึ่งสามารถใช้ไนโตรเจนเหลว แทนฮีเลียมได้ การพบสารชนิดใหม่นี้กระตุ้นให้เกิดการวิจัยและพัฒนาตัวนำยวดยิ่งมาใช้ประโยชน์มากที่สุด

ในประเทศไทย มีนักฟิสิกส์ที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับตัวนำยวดยิ่งทั้งด้านปฏิบัติและทฤษฎีจนเป็นที่ยอมรับของนานาชาติ คือ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทาน คือ

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

เมื่อ R_t คือ ความต้านทานที่อุณหภูมิ $t^{\circ}\text{C}$ t คือ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

R_0 คือ ความต้านทานที่อุณหภูมิ 0°C

α คือ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ-ความต้านทาน ($^{\circ}\text{C}$)⁻¹

แบบฝึกหัดทบทวน 14.2.3

- เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สารใดบ้างมีสภาพต้านไฟฟ้าลดลง
 - โลหะบริสุทธิ์
 - สารกึ่งตัวนำ
 - โลหะผสม
 - ฉนวน

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 2 และ 3 ค. ข้อ 3 และ 4 ง. ข้อ 2 และ 4
- ตัวต้านทานมาตรฐานซึ่งมีค่าความต้านทานคงที่เชื่อถือได้ แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลง สร้างมาจากสารชนิดใด

ก. สารกึ่งตัวนำ ข. โลหะบริสุทธิ์ ค. โลหะผสม ง. ฉนวน
- สภาพต้านทานไฟฟ้าของโลหะขึ้นอยู่กับปริมาณใด

ก. ความเร็วลอยเลื่อน ข. ความต่างศักย์ไฟฟ้า

ค. พื้นที่หน้าตัดและความยาว ง. จำนวนอิเล็กตรอนอิสระ
- ลวดโลหะบริสุทธิ์ เช่น ทองแดง มีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิของลวดอย่างไร

ก. ความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ข. ความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง

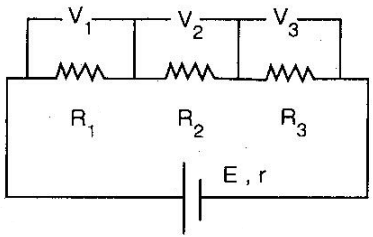
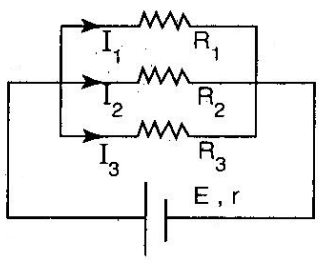
ค. ความต้านทานคงเดิมเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน ง. ความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น
- ข้อความใดที่กล่าวผิดความจริงทางวิทยาศาสตร์

ก. เมื่ออุณหภูมิลดลง ตัวนำมีความนำไฟฟ้าลดลง ข. เมื่ออุณหภูมิลดลง ฉนวนมีความนำไฟฟ้าลดลง

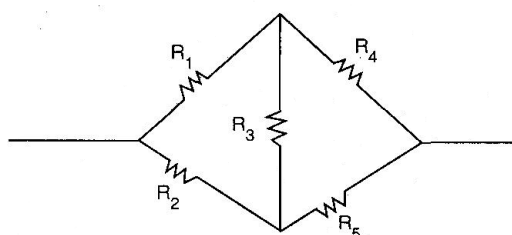
ค. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตัวนำมีความต้านทานเพิ่มขึ้น ง. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ฉนวนมีความต้านทานลดลง

14.3 การต่อตัวต้านทานและแบตเตอรี่

14.3.1 การต่อตัวต้านทาน

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน
 $V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3$ $I_{\text{รวม}} = I_1 = I_2 = I_3$ $R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2 + R_3$	 $V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = V_3$ $I_{\text{รวม}} = I_1 + I_2 + I_3$ $\frac{1}{R_{\text{รวม}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

การต่อตัวต้านทานแบบบริดจ์ (แบบสมดุล)



บริดจ์สมดุล จะได้ว่า

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_5}$$

ข้อสังเกต ไม่มีกระแสไหลผ่าน R_3

การเปลี่ยนรูปความต้านทาน Delta Wye

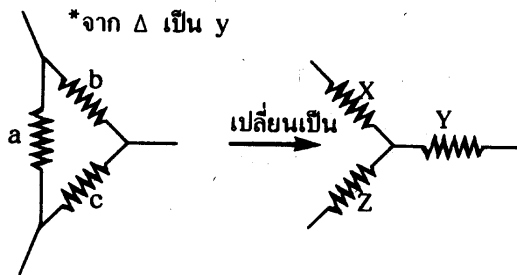
เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปความต้านทาน 3 ตัว เพื่อให้สะดวกในการคำนวณสำหรับวงจรที่ซับซ้อน มีหลักการเปลี่ยนรูป อธิบายโดยใช้ไดอะแกรม ได้ดังนี้

จาก Δ เป็น y

$$x = \frac{ab}{a+b+c}$$

$$y = \frac{bc}{a+b+c}$$

$$z = \frac{ca}{a+b+c}$$

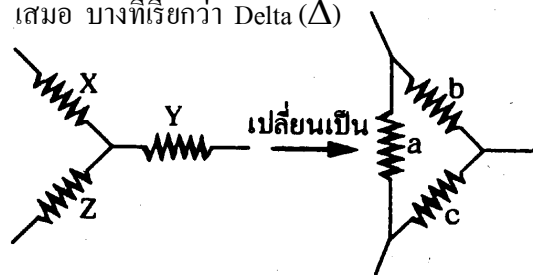


ให้สังเกตว่าตัวหารเป็น $a+b+c$ เสมอ บางทีเรียกว่า Delta (Δ)

$$a = \frac{xy + yz + zx}{y}$$

$$b = \frac{xy + yz + zx}{z}$$

$$c = \frac{xy + yz + zx}{x}$$

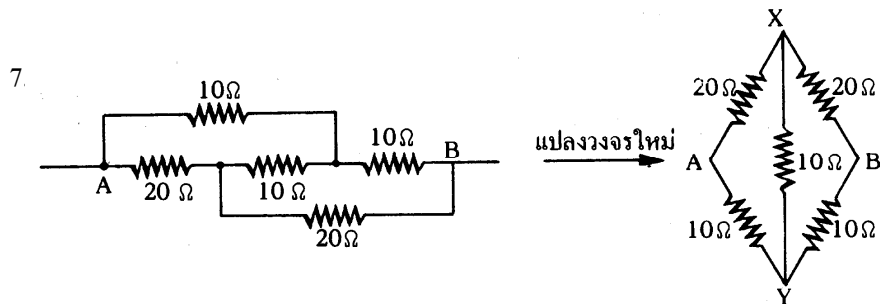
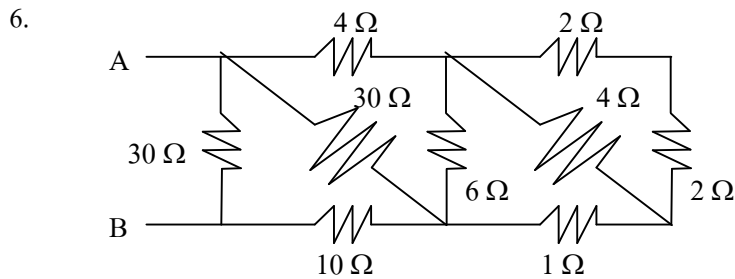
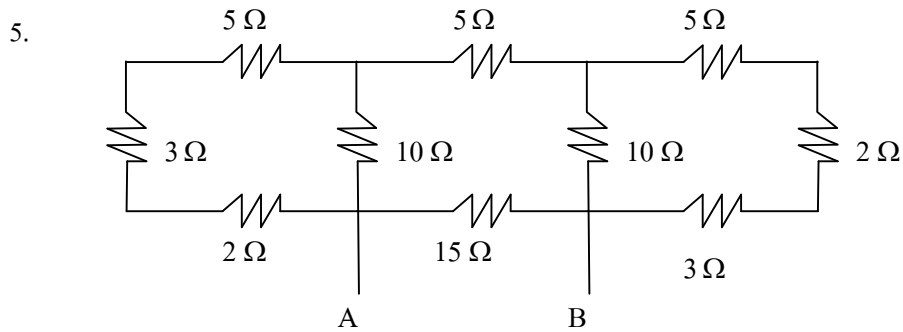


ให้สังเกตว่าตัวตั้งเป็น $xy + yz + zx$ เสมอ บางทีเรียกว่า Why (y) และหารด้วยความต้านทานที่อยู่ตรงข้าม

แบบฝึกหัดที่ 14.3.1

จากรูป จงหาความต้านทานรวมระหว่าง A กับ B

- $R_1 = 4 \Omega$
- $R_2 = 4 \Omega$
 $R_3 = 2 \Omega$
- 6Ω , 1Ω , 5Ω , 4Ω
- 60Ω , 4Ω , 30Ω , 6Ω , 2Ω , 10Ω , 1Ω , 2Ω

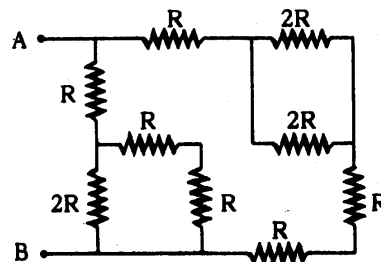


ตอบ 1. 13 Ω 2. 1 Ω 3. 7 Ω 4. 12 Ω 5. 7.5 Ω 6. 10 Ω 7. 13.3 Ω

แบบฝึกหัดทบทวนที่ 14.3.1

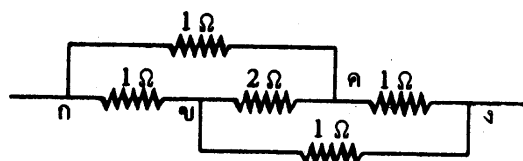
1. จากรูป ค่าความต้านทานที่วัดระหว่างจุด A กับ B จะเป็นเท่าไร ถ้า R มีค่า $\frac{3}{4} \Omega$

- ก. $\frac{1}{2} \Omega$
 ข. **1 Ω**
 ค. $\frac{3}{4} \Omega$
 ง. $\frac{4}{3} \Omega$



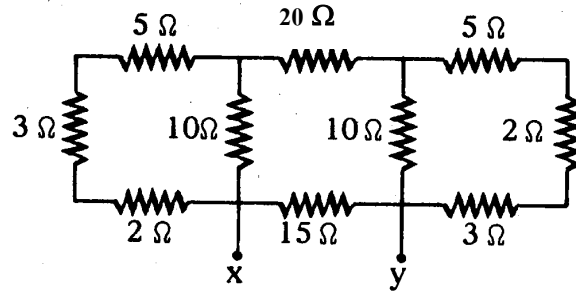
2. มีความต้านทานชุดหนึ่งต่อกันดังรูป ความต้านทานรวมระหว่างจุด ข และ ค คือ

- ก. **$\frac{2}{3}$ โอห์ม**
 ข. 1 โอห์ม
 ค. $\frac{3}{2}$ โอห์ม
 ง. 2 โอห์ม



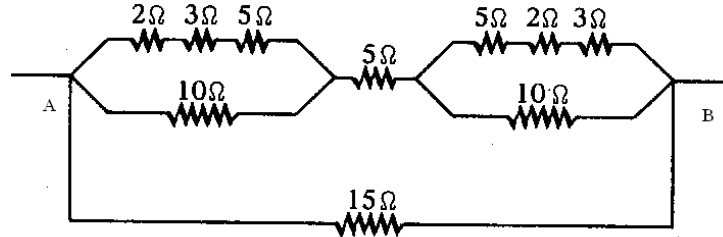
3. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง x กับ y

- ก. 5 โอห์ม
- ข. 10 โอห์ม
- ค. 15 โอห์ม
- ง. 30 โอห์ม



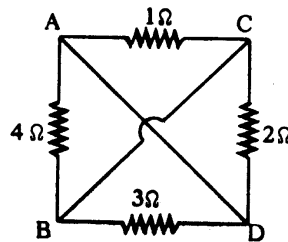
4. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

- ก. 7.5 โอห์ม
- ข. 10 โอห์ม
- ค. 12 โอห์ม
- ง. 15 โอห์ม

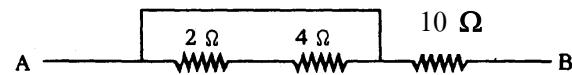


5. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

- ก. 0.48 โอห์ม
- ข. 1.48 โอห์ม
- ค. 5 โอห์ม
- ง. 10 โอห์ม



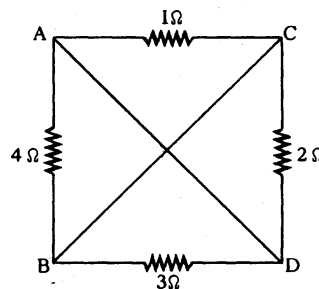
6. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B



- ก. 8 โอห์ม
- ข. 6 โอห์ม
- ค. 10 โอห์ม
- ง. 12 โอห์ม

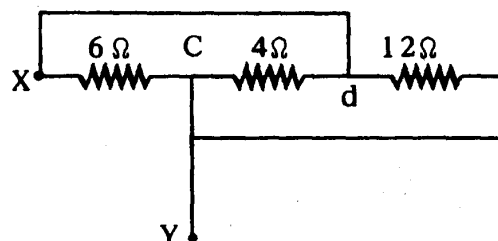
7. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

- ก. 0 โอห์ม
- ข. 6 โอห์ม
- ค. 9 โอห์ม
- ง. 10 โอห์ม



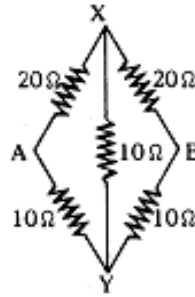
8. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง x กับ y

- ก. 0 โอห์ม
- ข. 2 โอห์ม
- ค. 10 โอห์ม
- ง. 12 โอห์ม



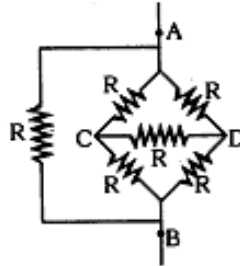
9. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

- ก. 10.5 โอห์ม
- ข. 12.4 โอห์ม
- ค. 13.3 โอห์ม
- ง. 14.2 โอห์ม



10. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

- ก. 0.5R โอห์ม
- ข. 1R โอห์ม
- ค. 2R โอห์ม
- ง. 4R โอห์ม



14.3.2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force หรือ emf) ใช้สัญลักษณ์คือ “E” หมายถึงแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ที่จะดันให้กระแสไฟฟ้าได้ครบวงจร มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

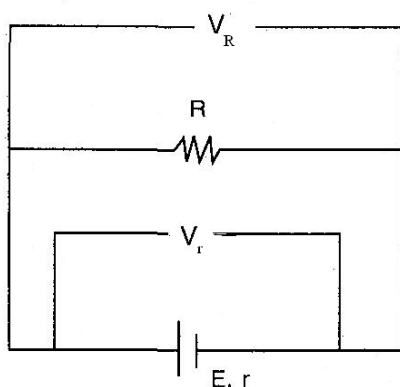
แรงเคลื่อนไฟฟ้า = ความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์ - ความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานภายใน

$$E = V_R + V_r$$

$$E = IR + Ir$$

$$E = I(R + r)$$

$$I = \frac{E}{R + r}$$



กำหนดให้

E แทน แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

R แทน ความต้านทานภายนอก (Ω)

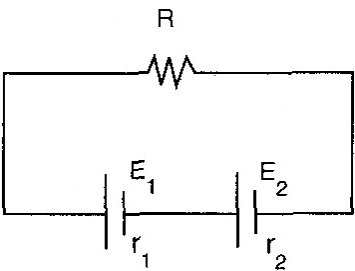
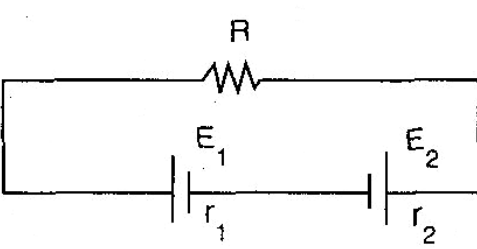
r แทน ความต้านทานภายใน (Ω)

I แทน กระแสไฟฟ้า (A)

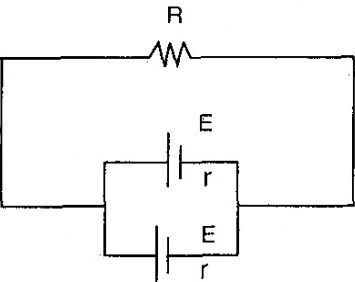
V_R แทน ความต่างศักย์ภายนอกเซลล์ (V)

V_r แทน ความต่างศักย์ภายในเซลล์ (V)

14.3.3 การต่อแบตเตอรี่ (การต่อเซลล์ไฟฟ้า)

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมตามกัน	การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมขัดกัน
 $\Sigma E = E_1 + E_2$ $\Sigma r = r_1 + r_2$ $I = \frac{\Sigma E}{\Sigma R + \Sigma r}$	 $\Sigma E = E_1 - E_2$ $\Sigma r = r_1 + r_2$ $I = \frac{\Sigma E}{\Sigma R + \Sigma r}$

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน

	$\Sigma E = E$ $\Sigma r = \frac{r}{n}$ $I = \frac{E}{\Sigma R + \frac{r}{n}}$
--	---

การต่อเซลล์เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรมากที่สุดเมื่อ

- $XY = n$
- $\frac{R}{X} = \frac{r}{Y}$
- นำค่า X และ Y ที่ได้จาก 1 และ 2 มาแทนในสูตร

$$I = \frac{E}{\frac{R}{X} + \frac{r}{Y}}$$

เมื่อ X แทน จำนวนเซลล์ใน 1 แถวที่ต่อแบบอนุกรม (หลัก)

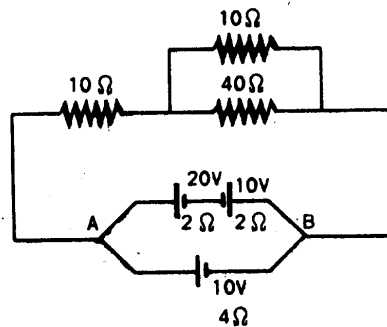
Y แทน จำนวนที่ต่อแบบขนาน (แถว)

ข้อควรจำ E และ r แทน ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายในเพียงเซลล์เดียว

แบบฝึกหัดที่ 14.3.2-3

- เซลล์ไฟฟ้า 4 เซลล์ มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเซลล์ละ 1.5 โวลต์ และความต้านทานภายในเซลล์ละ 0.5 โอห์ม นำเซลล์ทั้งหมดไปต่อกับความต้านทานภายนอก 28 โอห์ม จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเมื่อ
 - ต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม (0.2 A)
 - ต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน (0.053 A)

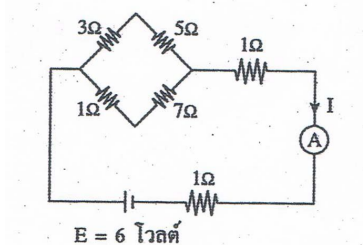
- เซลล์ไฟฟ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้า 4 โวลต์ ความต้านทานภายใน 2 โอห์ม จำนวน 12 เซลล์ เมื่อนำไปต่อกับความต้านทานภายนอก 6 โอห์ม จะกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมากที่สุดเท่าใด (2 A)
- เซลล์ไฟฟ้าทั้งหมด 16 เซลล์ มีความต้านทานภายใน 6 โอห์ม และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเซลล์ละ 12 โวลต์ จะต้องต่อเซลล์ไฟฟ้าอย่างไร เมื่อนำไปต่อกับหลอดไฟฟ้าจำนวน 10 หลอด มีความต้านทานหลอดละ 240 โอห์ม และต่อขนานกันอยู่ จึงจะมีความสว่างของหลอดมากที่สุด (2 A)
- วงจรไฟฟ้าตามรูปความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด A กับจุด B มีกี่โวลต์ (9 V)



แบบฝึกหัดทบทวน 14.3.2-3

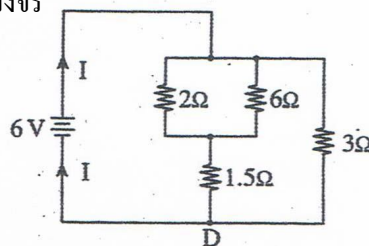
- ถ่านไฟฟ้าฉาย 6 ก้อนมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าก้อนละ 1.5 โวลต์ ความต้านทานภายในก้อนละ 1 โอห์ม นำมาต่อแบบผสมสองแถวๆ ละ 3 ก้อน เป็นแบตเตอรี่ชุดหนึ่ง แล้วต่อเป็นวงจรด้วยหลอดไฟฟ้าที่มีความต้านทาน 6 โอห์ม จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟมากที่สุดเท่าไร
ก. 0.45 แอมแปร์ ข. 0.60 แอมแปร์ ค. 0.75 แอมแปร์ ง. 1.00 แอมแปร์
- จากรูป จงหากระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านแอมมิเตอร์ A ในวงจร

- ก. 0.3 A
ข. 0.5 A
ค. 1.0 A
ง. 1.5 A



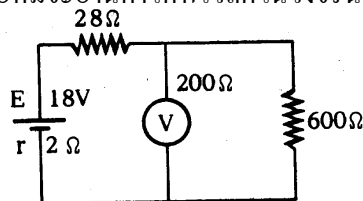
- จากรูป จงหากระแสไฟฟ้า I ในวงจร

- ก. 0.6 A
ข. 2.0 A
ค. 2.4 A
ง. 4.0 A



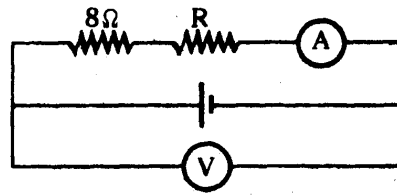
- โวลต์มิเตอร์มีความต้านทาน 200 โอห์มจะอ่านค่าได้กี่โวลต์ในวงจรนี้

- ก. 5 โวลต์
ข. 10 โวลต์
ค. 15 โวลต์
ง. 20 โวลต์



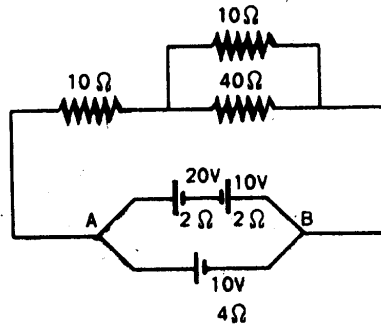
5. จากวงจรดังรูป V อ่าน 10 V A อ่าน 0.5 A จงหาว่า R มีค่าเท่าไร เมื่อ V ไม่กินกระแสไฟและ A ไม่มีความต้านทาน

ก. 4 Ω ข. 10 Ω
 ค. 12 Ω ง. 14 Ω



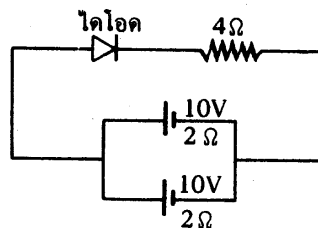
6. วงจรไฟฟ้าตามรูปความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด A กับจุด B มีค่าเท่าไร

ก. 2 โวลต์
 ข. 4 โวลต์
 ค. 6 โวลต์
 ง. 9 โวลต์



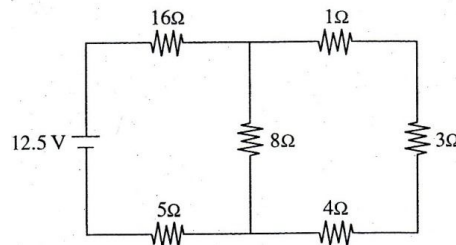
7. จากวงจรไฟฟ้า จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเซลล์ 10 โวลต์

ก. 0 แอมแปร์
 ข. 0.5 แอมแปร์
 ค. 1 แอมแปร์
 ง. 2 แอมแปร์



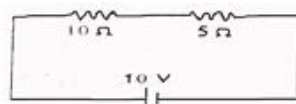
8. ตามวงจรดังรูป ค่าความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทาน 4 โอห์ม มีค่าเท่าไร

ก. 0.5 โวลต์
 ข. 1.0 โวลต์
 ค. 1.5 โวลต์
 ง. 2.0 โวลต์



9. (มข.50) ต่อวงจรดังรูป จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 5 โอห์ม กี่แอมแปร์

1. 0.67 แอมแปร์
 2. 1.0 แอมแปร์
 3. 1.5 แอมแปร์
 4. 2.0 แอมแปร์

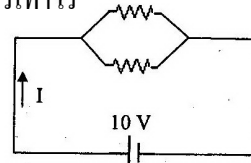


10. (มข.51) เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยตรง ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละเซลล์มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 0.5 โวลต์ และมีความต้านทานภายในน้อยมาก หากต้องการนำเซลล์แสงอาทิตย์ นี้ไปใช้เป็นแหล่งกำเนิดของมอเตอร์ขนาด 6.0 โวลต์ จะต้องใช้เซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดกี่เซลล์และต่อกันอย่างไร

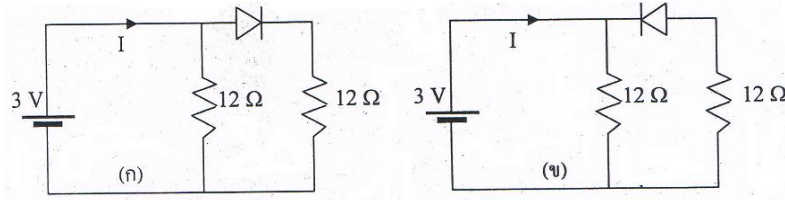
1. 6 เซลล์ ต่อแบบอนุกรม 2. 6 เซลล์ ต่อแบบขนาน
 3. 12 เซลล์ ต่อแบบอนุกรม 4. 12 เซลล์ ต่อแบบขนาน

11. (มข.52) นำตัวต้านทานสองตัวที่มีความต้านทานเท่ากันขนาด กิโลโอห์ม มาต่อขนานกัน และนำไปต่อเข้ากับแบตเตอรี่ 10 โวลต์ ดังรูป จะมีกระแสไหลในวงจรเท่าไร

1. 0.01 แอมแปร์
2. 0.02 แอมแปร์
3. 1.0 แอมแปร์
4. 2.0 แอมแปร์



12. (มข.53) จากวงจรไฟฟ้าดังรูป ข้อใดเป็นข้อสรุปที่ถูกต้อง



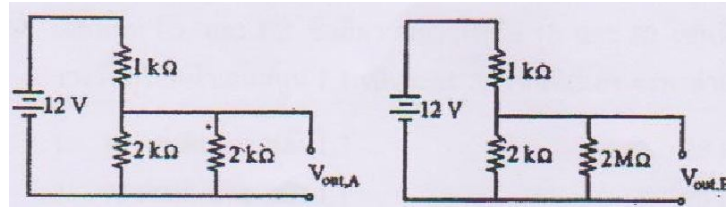
1. กระแสไฟฟ้า (I) ในวงจรทั้งสองมีค่าเท่ากัน
2. กระแสไฟฟ้า (I) ในวงจรตามรูป (ก) มีค่ามากกว่ารูป (ข)
3. กระแสไฟฟ้า (I) ในวงจรตามรูป (ก) มีค่าน้อยกว่ารูป (ข)
4. กระแสไฟฟ้า (I) ในวงจรตามรูป (ข) มีค่าเป็นศูนย์

11. (มข.54) ต่อความต้านทาน 8 โอห์มเข้ากับแบตเตอรี่ 6 โวลต์แล้ววัดกระแสที่ไหลผ่านในวงจรได้ 0.6 แอมแปร์ จงหาค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

1. 0.2 Ω
2. 0.8 Ω
3. 2.0 Ω
4. 8.0 Ω

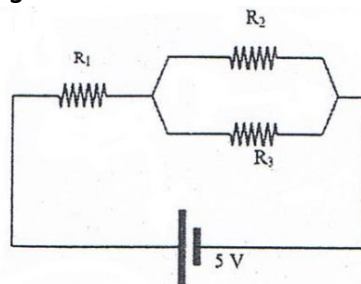
12. (มข.55) จากรูป จงหาผลต่างระหว่างความต่างศักย์ $V_{out,B} - V_{out,A}$

1. 6 โวลต์
2. 8 โวลต์
3. 4 โวลต์
4. 2 โวลต์



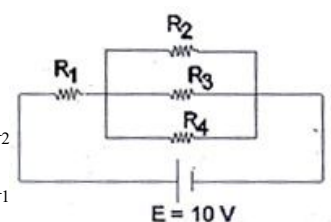
13. จากวงจรไฟฟ้าดังรูป เมื่อ $R_1 = R_2 = R_3$ จงหาความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน R_3 (มข.57)

1. 3 โวลต์
2. 4 โวลต์
3. 6 โวลต์
4. 2 โวลต์



14. ต่อวงจรไฟฟ้าดังรูปนักเรียนคนหนึ่งวัดความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทาน R_1 และ R_2 ได้ 8 โวลต์ และ 2 โวลต์ ตามลำดับ และเขาวัดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน R_2, R_3, R_4 ได้กระแสเท่ากัน ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง(มข.58)

1. ความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ $5/3$ เท่าของความต้านทาน R_3
2. ตัวต้านทาน R_1 มีความต้านทานเท่ากับ 4 เท่าของความต้านทาน R_2
3. ตัวต้านทาน R_3 มีความต้านทานเท่ากับ 3 เท่าของความต้านทาน R_1
4. ตัวต้านทาน R_1 มีความต้านทานเท่ากับ $3/4$ เท่าของความต้านทาน R_2



16.4 พลังงานและกำลังไฟฟ้า

จากสูตรไฟฟ้าสถิต งานไฟฟ้า $W = QV$ (1)

จากสูตรกระแสไฟฟ้าในตัวนำ $Q = It$ (2)

แทน (2) ใน (1) จะได้ $W = ItV$ (3)

แทนค่า $V = IR$ และ $I = \frac{V}{R}$ ในสูตร (3) จะได้

งานไฟฟ้า	$W = ItV = I^2Rt = \frac{V^2t}{R}$
----------	------------------------------------

กำลังไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา

กำลังไฟฟ้า	$P = \frac{W}{t} = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$
------------	---

กำหนดให้ I แทน กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A) W แทน งานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นจูล (J)

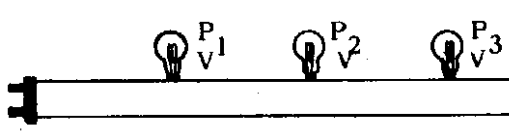
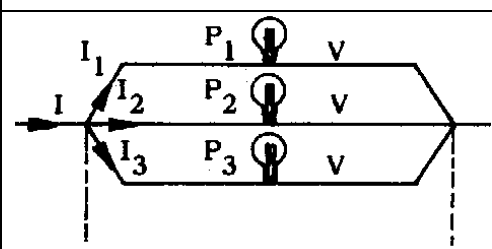
R แทน ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω) t แทน เวลา มีหน่วยเป็น วินาที (s)

V แทน ความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V) P แทน กำลัง มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

เมื่อพลังงานจากไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน จะได้ว่า

$W = \Delta Q$ $W = mc\Delta T$

การต่อหลอดไฟ

การต่อหลอดไฟแบบอนุกรม	การต่อหลอดไฟแบบขนาน
 $R_{รวม} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ $\frac{V^2}{P_{รวม}} = \frac{V^2}{P_1} + \frac{V^2}{P_2} + \frac{V^2}{P_3}$ $\frac{1}{P_{รวม}} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \frac{1}{P_3}$ เมื่อ V เท่ากัน	 $I_{รวม} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ $\frac{P_{รวม}}{V} = \frac{P_1}{V} + \frac{P_2}{V} + \frac{P_3}{V}$ $P_{รวม} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$ เมื่อ V เท่ากัน

แบบฝึกหัด 14.4

1. หลอดไฟขนาด 60 W 220 V เมื่อนำไปใช้กับไฟในบ้าน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟเป็นเท่าไร
2. กำลังของมอเตอร์เครื่องหนึ่ง ซึ่งมีกระแสไหลเข้า 3 A เมื่อต่อกับแหล่งจ่ายไฟขนาด 120 V จะมีค่าเท่าไร (360 W)
3. หม้อหุงข้าวใบหนึ่งเขียนติดด้านข้างไว้ว่า 220 V 660 W แสดงว่าหม้อหุงข้าวใบนี้ใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่าไร (3 A)
4. หลอดไฟขนาด 220 V 0.5 A เมื่อใช้นาน 20 นาที จะสิ้นพลังงานเท่าใด (132,000 J)
5. เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เมื่อใช้กับไฟฟ้า 220 V กินกระแส 2 A ถ้านำไปใช้กับความต่างศักย์ 10 V จะใช้กระแสไฟฟ้าใด
6. หลอดไฟขนาด 220 V , 40 W จำนวน 10 หลอด ถูกนำมาต่อกันแล้วต่อเข้ากับบ้าน จงหา
ไฟฟ้ารวมเมื่อ ก. ต่อหลอดไฟฟ้าทั้งหมดแบบอนุกรม ข ต่อหลอดไฟฟ้าทั้งหมดแบบขนาน
7. จงหาว่าต้องให้ความร้อนด้วยกำลังเฉลี่ยกี่วัตต์ จึงจะทำให้โลหะมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 30 องศาเซลเซียส ในเวลา 5 นาที กำหนดให้ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะนั้นเท่ากับ 400 จูลต่อกิโลกรัม.เคลวิน

แบบฝึกหัดทบทวนที่ 14.4

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องหนึ่งกำลังทำงานด้วยอัตรา 88 กิโลวัตต์ ส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายไฟซึ่งมีความต้านทาน 0.5 โอห์ม เป็นเวลา 5 วินาที ที่ความต่างศักย์ 22,000 โวลต์ จงหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในรูปความร้อนภายในสายไฟ
ก. 8 จูล ข. 20 จูล **ก. 40 จูล** ง. 80 จูล
2. หลอดไฟขนาด 80 วัตต์ ถูกนำมาใช้งานด้วยความต่างศักย์ 20 โวลต์ เป็นเวลานานครึ่งชั่วโมง จงคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนและแสง
ก. 2.4 กิโลจูล ข. 4.8 กิโลจูล ก. 17.6 กิโลจูล **ง. 144 กิโลจูล**
3. จงหาว่าต้องให้ความร้อนด้วยกำลังเฉลี่ยกี่วัตต์ จึงจะทำให้โลหะมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 60 องศาเซลเซียส ในเวลา 5 นาที กำหนดให้ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะนั้นเท่ากับ 400 จูลต่อกิโลกรัม.เคลวิน
ก. 8 วัตต์ ข. 20 วัตต์ ก. 40 วัตต์ **ง. 80 วัตต์**
4. ต่อตัวต้านทาน 10 โอห์ม กับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แล้วจุ่มตัวต้านทานในแคลอรีมิเตอร์ที่บรรจุ น้ำ 48 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะใช้เวลากี่วินาที อุณหภูมิของน้ำ จะเพิ่มขึ้น 12 องศาเซลเซียส (ถ้าแคลอรีมิเตอร์มีความจุความร้อนน้อยมาก ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 4.2 จูล/กรัม.เคลวิน)
ก. 8 วินาที **ข. 28 วินาที** ก. 48 วินาที ง. 80 วินาที
5. หลอดไฟหลอดแรกมีความต้านทาน 4 โอห์ม ต่อกับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ หลอดที่สองมีความต้านทาน 5 โอห์ม ต่อกับแบตเตอรี่ 15 โวลต์ กำลังไฟฟ้าที่หลอดทั้งสองใช้ต่างกันเท่าใด
ก. 3 W **ข. 9 W** ก. 11 W ง. 22 W

6. ถ้าใช้หม้อต้มไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 1000 วัตต์ ต้มน้ำ 1 ลิตร อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส น้ำจะเริ่มเดือดภายในเวลาเท่าไร ถ้าการต้มน้ำมีประสิทธิภาพร้อยละ 80 (ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 กิโลจูล/กิโลกรัม.เคลวิน)
 ก. 7 นาที ข. 9 นาที ค. 12 นาที ง. 15 นาที
7. ขณะเปิดหลอดไฟ 60 วัตต์ พบว่าร้อยละ 80 ของพลังงานไฟฟ้าสูญเสียไปในรูปความร้อน จงหาปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้จากหลอดไฟใน 1 นาที
 ก. 48 จูล ข. 75 จูล ค. 288 จูล ง. 2,880 จูล
8. หลอดไฟ 12 V 10 W ถ้านำไปใช้กับแบตเตอรี่ 24 V จะต้องนำความต้านทานที่โอห์มไปต่ออนุกรมกับหลอดนี้เพื่อให้หลอดไฟใช้กำลังเท่าเดิม
 ก. 14.4 โอห์ม ข. 16 โอห์ม ค. 20 โอห์ม ง. 28.8 โอห์ม
9. ใช้ลวด 2 เส้นต่อเป็นวงจรเพื่อส่งกำลังไฟฟ้า 1,000 วัตต์ ไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องหนึ่ง โดยลวดแต่ละเส้นมีความต้านทาน 2 โอห์ม ถ้าความต่างศักย์บนเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็น 100 โวลต์ ความต่างศักย์ของแหล่งจ่ายพลังงานจะเป็นกี่โวลต์
 ก. 140 V ข. 120 V ค. 110 V ง. 104 V
10. กาต้มน้ำไฟฟ้าใบหนึ่งใช้กับความต่างศักย์ไฟฟ้า 220 V เพื่อใช้ต้มน้ำ 100 ลบ.ซม. ให้เดือดในเวลา 3 นาที อยากทราบว่าถ้าใช้กาต้มน้ำใบนี้กับความต่างศักย์ 10 V ในการต้มน้ำปริมาณเท่าเดิมน้ำจะเดือดภายในกี่นาที
 ก. 3 นาที ข. 6 นาที ค. 12 นาที ง. 15 นาที
11. เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านชนิด 100 W 220 V เมื่อนำมาใช้ขณะที่ไฟตกเหลือ 200 V เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นจะใช้กำลังไฟฟ้าเท่าใด
 ก. 78 W ข. 83 W ค. 88 W ง. 93 W
12. ห้องทำงานแห่งหนึ่งใช้ไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิด 200 V ภายในห้องมีหลอดไฟขนาด 100 W 3 ดวง และมีพัดลมขนาด 200 W 2 เครื่อง เพื่อป้องกันความเสียหายจากการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ควรจะมีฟิวส์ขนาดเล็ดสุดเท่าใด
 ก. 2 A ข. 3 A ค. 4 A ง. 5 A
13. คนขับรถยนต์ท่านหนึ่งดับเครื่องยนต์แล้วลืมปิดไฟหน้ารถ ดวงเป็นเวลานาน 10 นาที แบตเตอรี่ของรถยนต์ ซึ่งแรงเคลื่อน 12 โวลต์ จะต้องจ่ายไฟเท่าใด ถ้าไฟหน้ากินกระแสดวงละ 5 แอมแปร์
 ก. 120 จูล ข. 1,200 จูล ค. 36,000 จูล ง. 72,000 จูล
14. โรงไฟฟ้าขนาด 400 กิโลวัตต์ ส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายไฟที่มีความต้านทาน 0.25 โอห์ม ด้วยความต่างศักย์ 20,000 โวลต์ จงหา กำลังที่ต้องสูญเสียไปในรูปความร้อนในสายไฟ
 ก. 25 W ข. 50 W ค. 75 W ง. 100 W
15. เต้าไฟฟ้าขนาด 1,200 วัตต์ เต้าอบไมโครเวฟขนาด 900 วัตต์ และหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาด 600 วัตต์ ถ้าใช้ทั้งสามเครื่องกับไฟฟ้า 220 โวลต์ พร้อมกันจะใช้กระแสไฟฟ้าเท่าใด
 ก. 8 A ข. 10 A ค. 12 A ง. 15 A

14.5 การคิดค่าไฟฟ้า

$$\text{สูตร จำนวน Unit} = \frac{\text{จำนวน WATT} \times \text{ชั่วโมง}}{1000}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{จำนวนยูนิต} \times \text{ราคาต่อยูนิต}$$

ตัวอย่าง บ้านหลังหนึ่งมีอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าดังต่อไปนี้ คือ

1. ตู้เย็น 120 วัตต์ 220 โวลต์ 1 หลัง เปิดทั้งวัน
2. โทรทัศน์ 100 วัตต์ 220 โวลต์ 1 เครื่อง เหลือเปิดวันละ 6 ชั่วโมง
3. พัดลม 20 วัตต์ 220 โวลต์ 2 เครื่อง เหลือเปิดวันละ 10 ชั่วโมงต่อเครื่อง
4. หม้อหุงข้าว 800 วัตต์ 220 โวลต์ 1 ใบ เหลือเปิดวันละ 2 ชั่วโมง
5. หลอดไฟ 40 วัตต์ 220 โวลต์ 6 หลอด เหลือเปิดวันละ 5 ชั่วโมง
- ก. บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใด
- ข. ใน 1 เดือน (30 วัน) บ้านหลังนี้จะเสียค่าไฟฟ้าเท่าใด(ถ้าโรงงานไฟฟ้าคิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ยยูนิตละ 1.75 บาท)

แนวคิด ก. จาก $P = IV$

$P =$ กำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

$$P = 120 + 100 + (20 \times 2) + 800 + (40 \times 6) = 1,300 \text{ W}$$

เมื่อใช้เครื่องใช้พร้อมกันต้องใช้กระแสไฟฟ้า $\left(I = \frac{P}{V} \right)$

$$I = \frac{1300}{220} = 5.91 \text{ A}$$

ดังนั้น บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ แอมแปร์

ตอบ

$$\text{ข. จากจำนวนยูนิต (W)} = \frac{P \times h}{1000}$$

ใน 1 เดือน เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดใช้ไฟฟ้า

1. ตู้เย็นใช้ไฟฟ้า	$= \frac{120 \times 24 \times 30}{1000}$	$= 86.4$	ยูนิต
2. โทรทัศน์ใช้ไฟฟ้า	$= \frac{100 \times 6 \times 30}{1000}$	$= 18$	ยูนิต
3. พัดลมใช้ไฟฟ้า	$= \frac{20 \times 2 \times 10 \times 30}{1000}$	$= 12$	ยูนิต
4. หม้อหุงข้าวใช้ไฟฟ้า	$= \frac{800 \times 2 \times 30}{1000}$	$= 48$	ยูนิต
5. หลอดไฟใช้ไฟฟ้า	$= \frac{40 \times 6 \times 5 \times 30}{1000}$	$= 36$	ยูนิต

ดังนั้น ใน 1 เดือน บ้านหลังนี้ใช้ไฟฟ้า $= 86.4 + 18 + 12 + 48 + 36 = 200.4$ ยูนิต

ดังนั้น ใน 1 เดือน บ้านหลังนี้เสียค่าไฟฟ้า $= 200.4 \times 1.75 = 350.70$ บาท **ตอบ**

แบบฝึกหัด 14.5

- บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ถ้าใช้เครื่องไฟฟ้าดังต่อไปนี้ หม้อหุงข้าวขนาด 600 วัตต์ ตู้เย็นขนาด 100 วัตต์ และหลอดเรืองแสงขนาด 40 วัตต์ 5 ดวง ควรใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใดและถ้าใช้เครื่องไฟฟ้าเหล่านี้พร้อมๆ กัน 10 ชั่วโมงและต้องใช้ปริมาณไฟฟ้ากี่หน่วย
- (มข.53) บ้านหลังหนึ่งมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าดังนี้
 - หลอดไฟ 40 วัตต์ จำนวน 3 ดวง เฉลี่ยดวงละ 4 ชั่วโมงต่อวัน
 - หม้อหุงข้าวไฟฟ้า 200 วัตต์ วันละ 20 นาที
 - พัดลม 100 วัตต์ วันละ 3 ชั่วโมง
 - ตู้เย็นที่มีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน 600 วัตต์วัน ตลอดทั้งวัน
 - เตารีด 1000 วัตต์ ใช้สัปดาห์ละครั้ง ครั้งละ 3 ชั่วโมง
 จงคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตลอดเดือนว่ามีค่าทั้งสี่หน่วย (Unit)
(ให้ 1 เดือนมี 30 วัน และมี 4 สัปดาห์ใน 1 เดือน)

1. 47.4

2. 51.3

3. 47400

4. 51300

- (มข.54) บ้านหลังหนึ่งมีหลอดไฟ 40 วัตต์ จำนวน 5 ดวง มีพัดลมที่มีกำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ 1 ตัว และเตารีด 1800 วัตต์ 1 ตัว ถ้าคนในบ้านเปิดใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านทั้งหมดที่กล่าวมาพร้อมกัน จะมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้ามาในบ้านทั้งหมดกี่แอมแปร์

1. 5

2. 7

3. 10

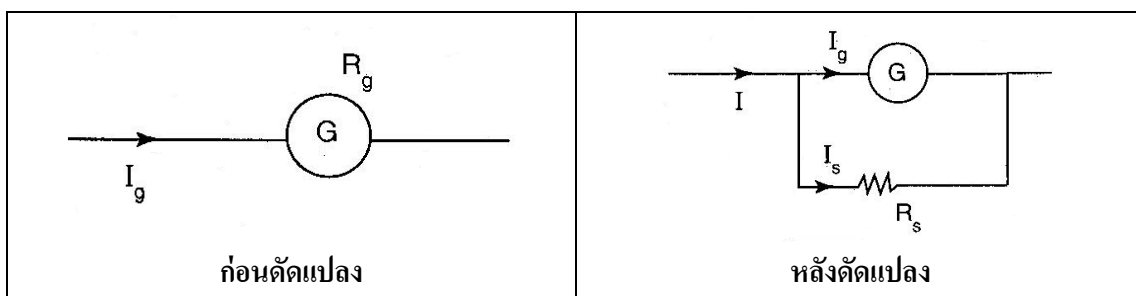
4. 15

14.6 เครื่องวัดไฟฟ้า

แกลแวนอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ดัดแปลงให้เป็นแอมมิเตอร์ และโวลต์มิเตอร์

หลักการสร้างแอมมิเตอร์จากแกลแวนอมิเตอร์

การสร้างแอมมิเตอร์จากแกลแวนอมิเตอร์ โดยการเอาความต้านทานที่เรียกว่า ชัน มาต่อขนานกับแกลแวนอมิเตอร์ เพื่อจะได้วัดกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น



กำหนดให้ I แทน กระแสที่ต้องการวัด

R_g แทน ความต้านทานของแกลแวนอมิเตอร์

I_g แทน กระแสผ่านแกลแวนอมิเตอร์

R_s แทน ความต้านทานของขดลวด

I_s แทน กระแสผ่านขดลวด

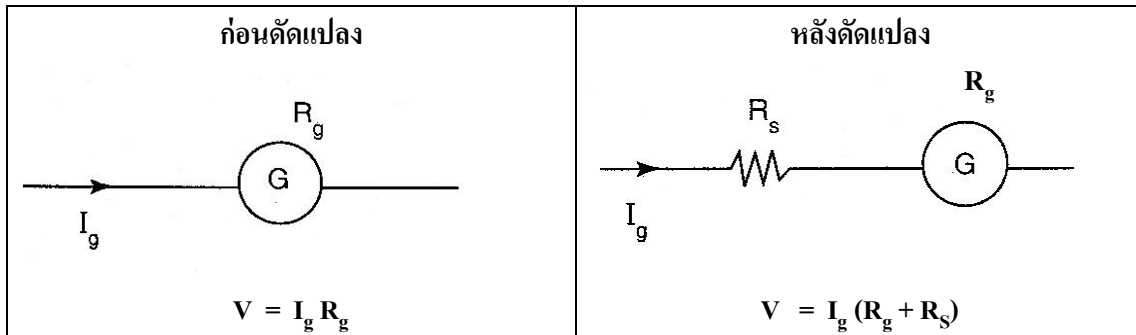
จะได้ว่า

$$I_g R_g = I_s R_s$$

$$I_g R_g = (I - I_g) R_s$$

หลักการสร้างโวลต์มิเตอร์จากแกลเวนอไมเตอร์

การสร้างโวลต์มิเตอร์จากแกลเวนอไมเตอร์ โดยการเอาความต้านทานที่เรียกว่าชั้นมาต่ออนุกรม เพื่อจะได้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าได้มากขึ้น



กำหนดให้ V แทน ความต่างศักย์

R_g แทน ความต้านทานของแกลเวนอไมเตอร์

I_g แทน กระแสผ่านชั้น

R_s แทน ความต้านทานของขดลวด

แบบฝึกหัดทบทวน 14.6

1. ถ้าดัดแปลงแกลเวนอไมเตอร์ให้เป็นโวลต์มิเตอร์ จะต้องปฏิบัติตามข้อใด
 - ก. นำความต้านทานต่ออนุกรมกับแกลเวนอไมเตอร์
 - ข. นำเซลล์ไฟฟ้ากับตัวเก็บประจุต่ออนุกรมกับแกลเวนอไมเตอร์
 - ค. นำความต้านทานและเซลล์ไฟฟ้าต่อขนานกับแกลเวนอไมเตอร์
 - ง. นำความต้านทานต่ออนุกรมกับแกลเวนอไมเตอร์
2. โวลต์มิเตอร์เครื่องหนึ่งอ่านเต็มสเกล 10 โวลต์ และมีความต้านทาน R จงหาว่าความต้านทานที่ต้องใช้ต่อกับโวลต์มิเตอร์นี้เพื่อเปลี่ยนหน้าปัทม์ให้อ่านเต็มสเกล 100 โวลต์
 - ก. $R/10$
 - ข. $9R$
 - ค. $R/4$
 - ง. $10R$
3. การดัดแปลงแกลเวนอไมเตอร์เป็นโวลต์มิเตอร์อาจทำได้โดย
 - ก. ต่อความต้านทานอนุกรมกับแกลเวนอไมเตอร์
 - ข. ต่อเซลล์ความต้านทานขนานกับแกลเวนอไมเตอร์
 - ค. ต่อเซลล์ไฟฟ้าและความต้านทานที่ปรับค่าได้แบบขนานกับแกลเวนอไมเตอร์
 - ง. ต่อเซลล์ไฟฟ้าและความต้านทานที่ปรับค่าได้แบบอนุกรมกับแกลเวนอไมเตอร์
4. ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง
 - ก. โวลต์มิเตอร์ควรมีความต้านทานต่ำ เพื่อให้กระแสผ่านได้ดี
 - ข. แอมมิเตอร์ควรมีความต้านทานสูงมาก ๆ เพื่อให้กระแสผ่านได้ง่าย
 - ค. ชั้นดีที่มากกับแอมมิเตอร์ ควรต่อแบบอนุกรมเพื่อให้กระแสผ่านได้มาก
 - ง. เครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ ต้องต่อขนานกับส่วนวงจรที่ต้องการวัดเท่านั้น

5. แกลแวนนอมิเตอร์มีความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม อ่านกระแสไฟฟ้าสูงสุด 200 ไมโครแอมแปร์ ถ้าเปลี่ยนแกลแวนนอมิเตอร์ให้เป็นแอมมิเตอร์ที่สามารถวัดกระแสสูงสุดได้ 200 มิลลิแอมแปร์ จะต้องใช้ชั้นที่มีความต้านทานเท่าใด

ก. 0.1 Ω ข. 0.5 Ω ค. 1 Ω ง. 5 Ω
6. แกลแวนนอมิเตอร์มีความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม ทนกระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.1 มิลลิแอมแปร์ ต้องใช้ชั้นที่มีความต้านทานเท่าใด จึงจะวัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 20 มิลลิแอมแปร์

ก. 0.5 Ω ข. 5.0 Ω ค. 50.0 Ω ง. 500.0 Ω
7. แกลแวนนอมิเตอร์ตัวหนึ่งมีความต้านทาน 4 โอห์ม เข็มเบนเต็มสเกลเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 1 mA ถ้าต้องใช้งานเป็นโวลต์มิเตอร์ซึ่งวัดค่าเต็มสเกลได้ 0 โวลต์ จะต้องใช้ความต้านทานขนาดกี่โอห์ม มาต่อลักษณะใดกับแกลแวนนอมิเตอร์ตัวนี้

ก. 4×10^{-4} , ต่อขนาน ข. 0.4, ต่อขนาน ค. 6, ต่ออนุกรม ง. 9,996, อนุกรม
8. แกลแวนนอมิเตอร์ตัวหนึ่งมีความต้านทาน 20 โอห์ม อ่านได้เต็มสเกลเมื่อต่อกับความต่างศักย์ 0.2 V ถ้าต้องการทำให้เป็นแอมมิเตอร์ที่อ่านเต็มสเกลได้ 1 A โดยต่อตัวต้านทานแบบขนาน(หรือชั้น) กับแกลแวนนอมิเตอร์ตัวนี้ ขณะที่แอมมิเตอร์อ่านได้เต็มสเกล กระแสที่ผ่านชั้นมีค่าเท่าใด

ก. 0.01 A ข. 0.10 A ค. 0.90 A ง. 0.99 A
9. (มข.52) ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับเครื่องมือวัด
 1. โวลต์มิเตอร์ที่ดีต้องมีความต้านทานต่ำ
 2. แอมมิเตอร์ที่ดีต้องมีความต้านทานต่ำ
 3. โอห์มมิเตอร์ใช้สำหรับวัดความต้านทาน
 4. เมื่อต้องการวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรต้องต่อแอมมิเตอร์แบบอนุกรมกับวงจร
10. (มข.53) ในการดัดแปลงกลัปป์วานอมิเตอร์ให้เป็นอุปกรณ์วัดค่าทางไฟฟ้า ข้อใดต่อไปนี้ เป็นข้อที่ถูกต้อง
 1. ชันต์ (Shunt) เป็นความต้านทานที่ใช้ต่อแบบอนุกรมกับกลัปป์วานอมิเตอร์ให้เป็นโวลต์มิเตอร์
 2. ชันต์ (Shunt) เป็นความต้านทานที่ใช้ต่อแบบขนานกับกลัปป์วานอมิเตอร์ให้เป็นโวลต์มิเตอร์
 3. มัลติไพเออร์ (Multipire) เป็นความต้านทานที่ใช้ต่อแบบขนานกับกลัปป์วานอมิเตอร์ให้เป็นโวลต์มิเตอร์
 4. มัลติไพเออร์ (Multipire) เป็นความต้านทานที่ใช้ต่อแบบอนุกรมกับกลัปป์วานอมิเตอร์ให้เป็นโวลต์มิเตอร์
11. (มข.56) กลัปป์วานมิเตอร์มีความต้านทาน 10 โอห์ม ทนกระแสได้สูงสุด 10 มิลลิแอมแปร์ ต้องการนำทำเป็นโวลต์มิเตอร์ที่วัดความต่างศักย์ได้สูงสุด 10 โวลต์ จะต้องต่อกับความต้านทานขนาดเท่าไรและต่ออย่างไร
 1. ต่อความต้านทาน 90 โอห์มแบบขนาน
 2. ต่อความต้านทาน 990 โอห์มแบบขนาน
 3. ต่อความต้านทาน 90 โอห์มแบบอนุกรม
 4. ต่อความต้านทาน 990 โอห์มแบบอนุกรม
12. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับโวลต์มิเตอร์ (มข.57)
 1. มีความต้านทานต่ำมาก
 2. มีความต้านทานสูง
 3. ให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้พอดี
 4. ในการวัดต้องต่ออนุกรมอุปกรณ์

14.7 วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

ไฟฟ้าในบ้านที่ใช้อยู่จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ส่งพลังงานไฟฟ้า 2 เส้น คือ สายกลาง (neutral line, N) มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับพื้นดิน สายมีศักย์ (live line, L) มีศักย์ไฟฟ้าไม่เป็นศูนย์เมื่อเทียบกับพื้นดิน คือมีกระแสไฟฟ้าไหล

14.7.1 วงจรไฟฟ้าในบ้าน

วงจรไฟฟ้าในบ้านประกอบด้วย

1. สะพานไฟรวม (cut – out)
2. ฟิวส์ มีสมบัติคือ ความต้านทานสูง จุดหลอมเหลวต่ำ มีประโยชน์ใช้ป้องกันการลัดวงจร
3. สวิตช์อัตโนมัติ ใช้แทนฟิวส์แต่สะดวกกว่า สวิตช์อัตโนมัติ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นฟิวส์ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เนื่องจากถ้าใช้ฟิวส์ เมื่อขาดต้องเปลี่ยนใหม่ทุกครั้ง แต่ถ้าใช้สวิตช์อัตโนมัติ แทน สวิตช์จะตัดวงจรทันทีเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเกินขนาดที่กำหนด และเมื่อทำการตรวจสอบแล้วก็สามารถกลับมาสวิตช์ใช้งานได้ทันที

สวิตช์อัตโนมัติประกอบด้วย แผ่นโลหะคู่ เมื่อได้รับความร้อนแผ่นโลหะแต่ละชนิดจะขยายตัวได้ไม่เท่ากันแผ่นโลหะจะงอโค้ง ซึ่งจะทำให้วงจรขาดกัน เป็นการตัดกระแสไฟฟ้าในวงจร

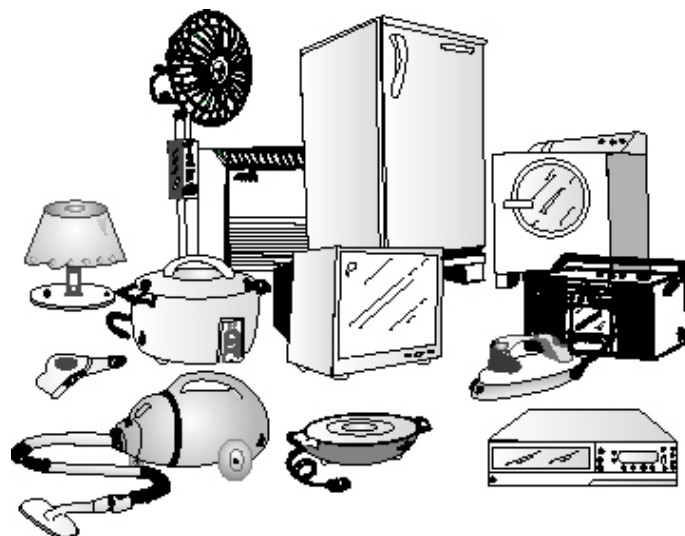
4. สะพานไฟย่อยจ่ายไปตามจุดต่าง ๆ เพื่อสะดวกในการใช้งานเป็นบริเวณและป้องกันอันตรายเป็นจุด ๆ โดยเฉพาะไฟฟ้าที่ใช้นอกบ้านจำเป็นมาก

5. สวิตช์ปิด – เปิด เป็นตัวปิด – เปิด ตัดวงจรไฟฟ้า จำเป็นต้องต่อไว้กับสายมีศักย์ไฟฟ้า (สาย L)

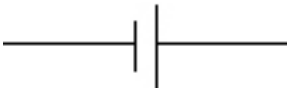
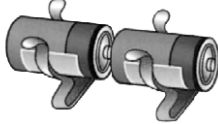
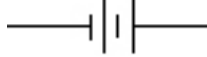
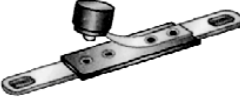
14.7.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

ภายในบ้านเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดจะต่อแบบขนาน เพื่อศักย์ไฟฟ้าจะไม่ลดลงและสะดวกในการใช้งานสำหรับอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านอาจแบ่งเป็น 4 ประเภท คือ 1. ให้พลังงานแสงสว่าง 2. ให้พลังงานความร้อน 3. ให้พลังงานกล (มอเตอร์) 4. ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน



อุปกรณ์ไฟฟ้า

ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์
เซลล์ไฟฟ้า 	
แบตเตอรี่ 	
สายไฟ 	
หลอดไฟ 	
สวิตช์ 	

14.7.3 การใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย ถ้าใช้โดยไม่ระมัดระวัง อาจมีอันตรายจากไฟฟ้าดูดหรือไฟฟ้าลัดวงจรได้

สาเหตุที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรและไฟฟ้าดูด ดังนี้

1. การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าหลาย ๆ เครื่องพร้อมกัน ทำให้มีกระแสไฟฟ้าในวงจรมากกว่าปกติ จะทำให้เกิดความร้อนในสายไฟ จนวันที่หุ้มอาจจะละลาย ทำให้สายไฟ 2 เส้นแตะกันเกิดการลัดวงจร (ไฟช็อต) ถ้าวงจรไม่ถูกตัดอาจเกิดไฟไหม้ได้

2. เต้ารับและเต้าเสียบสวมกันไม่แน่นพอดี หรือจุดต่อในวงจรหลวมใส่สนิทแน่น อาจทำให้เกิดการสปาร์คและมีประกายไฟเกิดขึ้น

วิธีการป้องกัน มีดังนี้

1. ติดตั้งฟิวส์หรือสะพานไฟที่เหมาะสม
2. ติดตั้งเครื่องป้องกันไฟฟ้ารั่วและไฟฟ้าดูด
3. ต่อสายดินกับเครื่องใช้ไฟฟ้า
4. ต้องหมั่นตรวจดูและรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีตลอดเวลา