

## บทที่ 14 ไฟฟ้ากระแส

### 14.1 กระแสไฟฟ้า (Electric Current)

กระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเมื่อมีความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุดในตัวนำนั้นๆ

#### 14.1.1 การนำไฟฟ้า

**แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Source of Electromotive Force)** คือ แหล่งที่ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของขั้วตัวนำ ทำให้กระแสไฟฟ้าไหล ตัวอย่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ได้แก่

1. เซลล์ไฟฟ้าเคมี เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า มี 2 แบบ คือ

1.1 เซลล์ปฐมภูมิ ได้แก่ ถ่านไฟฉาย

1.2 เซลล์ทุติยภูมิ ได้แก่ หม้อสะสมไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่

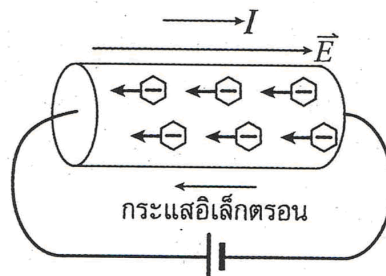
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น ไดนาโม

3. กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานความร้อน ได้แก่ คู่ความความร้อนซึ่งประกอบด้วยโลหะสองชนิด คือเหล็กกับทองแดง นำมาประกบกันทำให้ปลายทั้งสองข้างต่างกันมากๆ

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 (ต้องต่อไดโอดให้ถูกต้องถึงจะนำไฟฟ้า) การนำ

ไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ไอออนบวก ไอออนลบและโฮล (สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ในภาวะปกติจะไม่นำไฟฟ้า ถ้ามีสนามไฟฟ้าที่มีความเข้มมากผ่านเข้าไปจะทำให้อิเล็กตรอนบางตัวหลุดเป็นอิสระและเกิดที่ว่างเรียกว่า โฮล โฮลมีพฤติกรรมคล้ายอนุภาคไฟฟ้าบวก แรงจากสนามไฟฟ้าจะทำให้โฮลเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า และโฮลเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า เกิดกระแสไหลในวงจรได้)

### 14.1.2 กระแสไฟฟ้าในตัวนำ

กระแสไฟฟ้าในตัวนำใด ๆ

ตัวนำ คือ ตัวที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน

ฉนวน คือ ตัวที่ไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน

กระแสไฟฟ้า คือ ปริมาณประจุที่วิ่งผ่านตัวกลางในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น แอมแปร์

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

เมื่อ Q แทน ประจุไฟฟ้าทั้งหมด มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)

q แทน ประจุไฟฟ้าของอนุภาค 1 ตัว มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C) ( $1.6 \times 10^{-19}$  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 =  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมบ์

v แทน ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

A แทน พื้นที่ภาคตัดขวางของโลหะ หน่วยเป็น ตารางเมตร (m<sup>2</sup>)

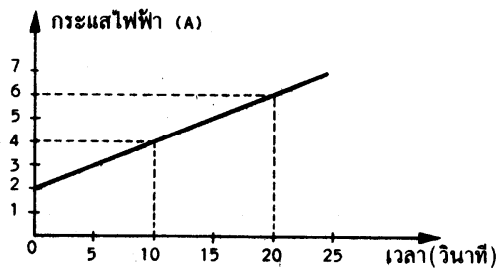
เมื่อนำโลหะมาต่ออนุกรมกัน (การต่ออนุกรมกันกระแสไฟฟ้าเท่ากัน)

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

#### แบบฝึกหัด 14.1

- 1.. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีกระแสไหลผ่าน 3 แอมแปร์ ในเวลา 5 นาที จะมีปริมาณประจุเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดไปเท่าใด (900 C)
2. ลวดเส้นหนึ่งมีกระแสไหลผ่าน 2.4 แอมแปร์ จำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดไปในเวลา 2 นาที มีจำนวนเท่าใด ( $1.8 \times 10^{21}$  ตัว)
3. ใน 1 m<sup>3</sup> ของทองแดงมีอิเล็กตรอนอิสระอยู่  $5 \times 10^{22}$  ตัว ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดทองแดงพื้นที่หน้าตัด 1 cm<sup>2</sup> ขนาด 16 แอมแปร์ จงหาความเร็วของอิเล็กตรอนในเส้นลวดนี้ (20 m/s)

4. ลวดตัวนำโลหะขนาดสม่ำเสมอมีปริมาณกระแสต่อหน่วยพื้นที่เท่ากับ  $1.0 \times 10^{10}$  แอมแปร์ต่อตารางเมตร และความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระเป็น  $5.0 \times 10^{28}$  ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จงหาขนาดของความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวด ( $1.25 \text{ m/s}$ )
5. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดหนึ่ง เปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังแสดงในกราฟ จงหาประจุและจำนวนอิเล็กตรอนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดในช่วงเวลาวินาทีที่ 10 ถึงวินาทีที่ 20 ( $50 \text{ C}$ ,  $3.125 \times 10^{20}$  ตัว)



แบบฝึกหัดทบทวน 14.1

1. กระแสไฟฟ้าในตัวกลางคู่ใดต่อไปนี้ เกิดจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าลบบอย่างเดียวเท่านั้น
  - ก. แท่งโลหะตัวนำและหลอดบรรจุก๊าซ
  - ข. สารละลายอิเล็กโทรไลต์และหลอดสุญญากาศ
  - ค. หลอดสุญญากาศและแท่งโลหะตัวนำ
  - ง. หลอดบรรจุก๊าซและสารละลายอิเล็กโทรไลต์
2. กระแสในข้อใดบ้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าทั้งบวกและลบ
  1. หลอดฟลูออเรสเซนต์
  2. หลอดไฟฟ้าไส้ทั้งสแตน
  3. สารละลายกรดกำมะถัน
  4. ไดโอดสารกึ่งตัวนำ

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

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

ก.  $7.5 \times 10^{18}$  ตัว      ข.  $7.5 \times 10^{19}$  ตัว      ค.  $7.5 \times 10^{20}$  ตัว      ง.  $7.5 \times 10^{22}$  ตัว
5. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีกระแสไหลผ่าน 5 แอมแปร์ ในเวลา 2 นาที จะมีปริมาณประจุเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดไปเท่าใด
 

ก. 10 คูลอมบ์      ข. 100 คูลอมบ์      ค. 300 คูลอมบ์      ง. 600 คูลอมบ์
6. ใน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรของทองแดงมีอิเล็กตรอนอิสระอยู่  $8 \times 10^{22}$  ตัว ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดทองแดงพื้นที่หน้าตัด 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  $1.6 \times 10^6$  แอมแปร์ต่อตารางเมตร และความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระเป็น  $4.0 \times 10^{22}$  ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จงหาขนาดของความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวด

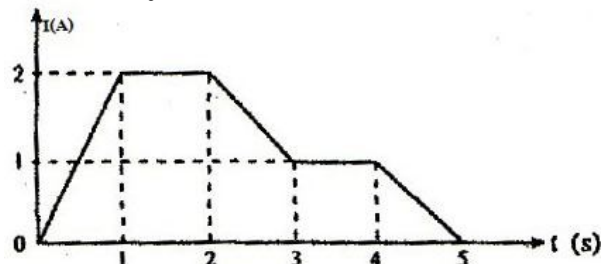
- ก.  $2.5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$     ข.  $2.5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$     ค.  $2.5 \times 10^2 \text{ m/s}$     ง.  $2.5 \times 10^4 \text{ m/s}$

9. ลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมขนาด 0.2 ตารางเซนติเมตร ความยาว 1 เมตร เมื่อต่อลวดนี้เข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะมีประจุไฟฟ้า  $9 \times 10^{-2}$  คูลอมบ์ เคลื่อนที่ผ่านในเวลา 10 วินาที ถ้าความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนในลวดเป็น  $2 \times 10^{-4}$  เมตรต่อวินาที จงหาจำนวนอิเล็กตรอนอิสระในลวดเส้นนี้ทั้งหมด

- ก.  $1.5 \times 10^{22}$  ตัว    ข.  $4.0 \times 10^{22}$  ตัว    ค.  $1.5 \times 10^{25}$  ตัว    ง.  $2.0 \times 10^{30}$  ตัว

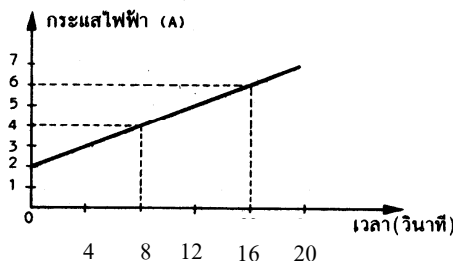
10. จากรูป เป็นกราฟแสดงไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดเส้นหนึ่งกับเวลา จงหาว่าเมื่อสิ้นสุดเวลา  $t = 5$  วินาที จะมีประจุไฟฟ้าไหลผ่านลวดเส้นนี้กี่คูลอมบ์

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



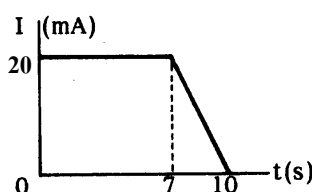
11. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดหนึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังแสดงในกราฟจงหาจำนวนอิเล็กตรอนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดหนึ่งในช่วงเวลาวินาทีที่ 8 ถึงวินาทีที่ 16

- ก.  $2.5 \times 10^{19}$  ตัว  
ข.  $5.0 \times 10^{19}$  ตัว  
ค.  $2.5 \times 10^{20}$  ตัว  
ง.  $5.0 \times 10^{20}$  ตัว



12. ในการทดลองครั้งหนึ่งสามารถเขียนกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า กับเวลา ดังรูป ถ้ามว่าตั้งแต่เริ่มต้นจนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0 แอมแปร์ มีประจุเคลื่อนที่ผ่านเครื่องวัดเฉลี่ยวินาทีละกี่คูลอมบ์

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

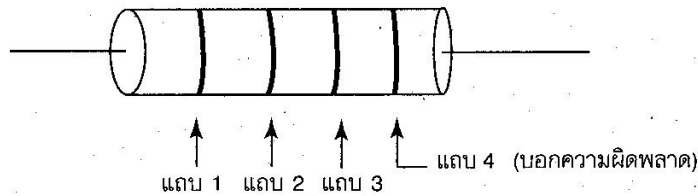


### 14.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

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	$10^5$	<b>สูตร</b> ความต้านทาน = สี สี $\times 10^{\text{สี}}$ $\pm \%$ เช่น แดง เหลือง แดง ทอง $= 2 \ 4 \times 10^2 \pm 5\%$ $= 2400 \pm \frac{5}{100} (2400)$ $= 2400 \pm 120 \ \Omega$
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  $I \propto V$

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

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

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

$$\boxed{V = IR}$$

เมื่อ V แทน ความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำ หน่วยเป็น โวลต์ (V)

I แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน หน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

R แทน ความต้านทานของลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น โอห์ม ( $\Omega$ )

## แบบฝึกหัด 14.2.1

1. จงเติมความต้านทานลงในช่องว่างให้สอดคล้องกับแถบสีที่กำหนดให้

ลำดับที่	แถบสีที่				ค่าความต้านทานที่อ่านได้	% ความคลาดเคลื่อน
	1	2	3	4		
1	ส้ม	ฟ้า	ส้ม	แดง		
2	ฟ้า	ขาว	เทา	แดง		
3	แดง	ดำ	ม่วง	ไม่มีสี		
4	เทา	ฟ้า	ฟ้า	เงิน		
5	ขาว	ดำ	ขาว	ทอง		
6	แดง	น้ำตาล	เขียว	แดง		
7	น้ำตาล	ขาว	เทา	เงิน		
8	ส้ม	เทา	ฟ้า	ทอง		
9	เทา	ดำ	ดำ	เงิน		
10	เหลือง	ม่วง	ฟ้า	เงิน		

2. จงเติมแถบสีในช่องว่างให้สอดคล้องกับความต้านทานที่กำหนดให้

ลำดับที่	แถบสีที่				ค่าความต้านทานที่อ่านได้	% ความคลาดเคลื่อน
	1	2	3	4		
1					15 $\Omega$	$\pm 5\%$
2					330 $\Omega$	$\pm 10\%$
3					47 $\Omega$	$\pm 5\%$
4					1 $\Omega$	$\pm 5\%$
5					10 $\Omega$	$\pm 10\%$

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

### 14.2.2 สภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้า

**สภาพต้านทานไฟฟ้า (Electrical resistivity)** หมายถึง ความต้านทานของสารชนิดนั้น มีความยาว 1 เมตร และพื้นที่ภาคตัดขวาง 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็นโอห์มเมตร ( $\Omega\text{m}$ ) แทนด้วยสัญลักษณ์  $\rho$

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

เมื่อ  $R$  แทน ความต้านทานของตัวนำ ( $\Omega$ )       $\rho$  แทน สภาพต้านทานไฟฟ้า ( $\Omega\text{m}$ )  
 $l$  แทน ความยาวของตัวนำ (m)                       $A$  แทน พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ( $\text{m}^2$ )

#### เปรียบเทียบลวดโลหะ

1. เปรียบเทียบลวดต่างชนิดกัน	2. เปรียบเทียบโดยการตัดเส้นลวด
ลวดต่างชนิดกัน ( $\rho_1 \neq \rho_2$ ) จากสูตร $R = \rho \frac{l}{A}$ สูตรเปรียบเทียบ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{A_2}{A_1}$	ลวดเส้นเดียวกัน ( $\rho_1 = \rho_2$ , $A_1 = A_2$ ) จากสูตร $R = \rho \frac{l}{A}$ สูตรเปรียบเทียบ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$

### 3. เปรียบเทียบลวดชนิดเดียวกันโดยจับยึดออก ( $\rho_1 = \rho_2$ )

การยึดปริมาตรไม่เปลี่ยน  $V_1 = V_2$

$$A_1 l_1 = A_2 l_2$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{A_2}{A_1} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{A_2}{A_1} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{สูตรเปรียบเทียบ} \quad \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4$$

**ความนำไฟฟ้า (Electrical Conductance)**เป็นส่วนกลับของความต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น (โอห์ม)<sup>-1</sup> หรือซีเมนส์ (Siemens) แทนด้วยสัญลักษณ์ S วัตถุที่มีความนำไฟฟ้าสูงจะมีความต้านทานต่ำ วัตถุที่มีความนำไฟฟ้าต่ำจะมีความต้านทานสูง

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

**สภาพนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)**เป็นส่วนกลับของสภาพต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น (โอห์ม.เมตร)<sup>-1</sup> หรือซีเมนส์ต่อเมตร แทนด้วยสัญลักษณ์  $\sigma$

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

## แบบฝึกหัดที่ 14.2.2

1. ลวดเส้นหนึ่งยาว 50 เซนติเมตร มีพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางมิลลิเมตร ต่ออยู่กับความต่างศักย์ 1 โวลต์ ปรากฏว่ามีกระแสไหลผ่าน 10 แอมแปร์ สภาพความต้านทานของลวดนี้ทำลวดนี้มีค่าเท่าใด ( $2 \times 10^{-6}$  โอห์ม-เมตร)
2. ลวดทองแดงยาว 2 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตร มีสภาพต้านทาน  $1.6 \times 10^6$  โอห์ม-เมตร ปลายทั้งสองของลวดต่อกับความต่างศักย์ 64 โวลต์ จงหาว่าใน 16 วินาที จะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านลวดทั้งหมดกี่อนุภาค ( $2 \times 10^9$  อนุภาค)
3. ลวดเส้นหนึ่งยาว 60 เมตร มีความต้านทาน 6 โอห์ม ถ้านำมารีดออกให้ยาว 120 เมตร สมมติเสมอ จะมีความต้านทานเท่าใด (24 โอห์ม)
4. ลวดเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 0.1 ตารางมิลลิเมตร ยาว 500 เมตร เมื่อต่อปลายทั้งสองของลวดเส้นนี้กับความต่างศักย์ 15.9 โวลต์ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวด 0.2 แอมแปร์ จงหาสภาพต้านทานของลวดนี้ ( $1.59 \times 10^{-8}$  โอห์ม-เมตร)
5. ลวดทองแดงเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 1.2 ตารางมิลลิเมตร ยาว 500 เมตร จะมีความต้านทานเท่าใด ให้สภาพต้านทานของทองแดง  $1.8 \times 10^{-8}$  โอห์ม-เมตร (7.5 โอห์ม)
6. ลวด A ยาวเท่ากับลวด B โดยมีพื้นที่หน้าตัดเป็นครึ่งหนึ่งของลวด B แต่มีความต้านทานเท่ากัน จงหาอัตราส่วนระหว่างค่าสภาพต้านทานของลวด A และลวด B (1 : 2)
7. ลวด A ยาวเป็นสองเท่าของลวด B และมีสภาพต้านทานเป็น 4 เท่าของลวด B ถ้าลวด B มีพื้นที่หน้าตัดเป็น  $\frac{1}{4}$  เท่าของลวด A จงหาอัตราส่วนของความต้านทานของลวด A ต่อลวด B (2 : 1)
8. ลวดตัวนำมีขนาดโตสมมติเสมอยาว 1 เมตร พื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตร ถ้าลวดนี้มีความต้านทาน 500 โอห์มจะมีสภาพการนำไฟฟ้าเป็นกิโลโอห์มต่อเมตร ( $2 \times 10^3$  (โอห์ม-เมตร)<sup>-1</sup>)
9. ลวดเส้นหนึ่งยาว 1.0 เมตร มีความต้านทาน 0.5 โอห์ม จงหาว่าลวดชนิดเดียวกันที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นสองเท่าของเส้นแรกจะต้องมีความยาวเท่าใด จึงจะมีความต้านทาน 1.2 โอห์ม (9.6 เมตร)
10. เส้นลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม ถ้าความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทั้งสองค่าแล้ว ความต้านทานของเส้นลวดจะเป็นอย่างไร ( $R_1 : R_2 = 2 : 1$ )
11. ลวดตัวนำขนาดสมมติเสมอเส้นหนึ่งยาว 1 เมตร วัดความต้านทานได้ 0.2 โอห์ม ถ้ามีตัวนำชนิดเดียวกันแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าเดิมครึ่งหนึ่ง ถ้าต้องการให้มีความต้านทาน 0.8 โอห์ม ต้องใช้ลวดยาวเท่าใด (1 เมตร)
12. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A ยาว L ถ้านำมารีดให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัด  $\frac{A}{2}$  จงหาค่าความต้านทานของลวดเส้นใหม่ เมื่อเทียบกับเส้นเดิม ( $R_2 = 4R_1$ )
13. ลวดเส้นหนึ่งมีความต้านทาน 100 โอห์ม ถูกรีดออกให้ยาวเป็น 5 เท่า ของความยาวเดิม ถ้าสภาพต้านทานและความหนาแน่นของลวดนี้มีค่าคงเดิม จงหาความต้านทานใหม่ในหน่วยโอห์ม (2,500)



### 14.2.3 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อความต้านทาน

1. **ตัวนำ** ความต้านทานของตัวนำที่เป็นโลหะบริสุทธิ์ เช่น แพลทินัม เงิน ทองแดง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า ความต้านทานจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน ความรู้ถูกนำไปใช้สร้างเทอร์โมมิเตอร์ชนิดความต้านทาน 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 ดีบุก พรอท พบว่า เมื่ออุณหภูมิเข้าใกล้  $0^{\circ}\text{K}$  ค่าความต้านทานของโลหะเหล่านี้จะลดลงเกือบเป็นศูนย์ อุณหภูมินี้เรียกว่า **อุณหภูมิวิกฤต** และค่าสภาพความต้านทานเป็นศูนย์ โลหะนี้จะอยู่ในสภาพนำไฟฟ้ายิ่งยวด 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 อยู่ในสภาพนำยวดยิ่งต้องใช้ฮีเลียมเหลว ซึ่งมีราคาแพงช่วยลดอุณหภูมิ แต่ปัจจุบันนักฟิสิกส์ได้พบสารชนิดใหม่เรียกว่า ตัวนำยวดยิ่งอุณหภูมิสูง เป็นสารประกอบของอิตเทียม (Y) แบเรียม (Ba) ทองแดง (Cu) และออกซิเจน (O) ซึ่งสามารถใช้ในโตรเจนเหลว แทนฮีเลียมได้ การพบสารชนิดใหม่นี้กระตุ้นให้เกิดการวิจัยและพัฒนาตัวนำยวดยิ่งมาใช้ประโยชน์มากที่สุด

ในประเทศไทย มีนักฟิสิกส์ที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับตัวนำยวดยิ่งทั้งด้านปฏิบัติและทฤษฎีจนเป็นที่ยอมรับของนานาชาติ คือ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน

**ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทาน คือ**

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

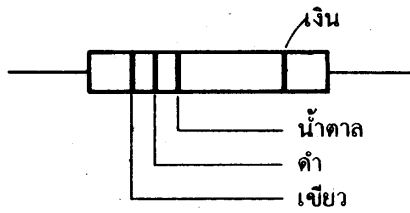
เมื่อ  $R_t$  คือ ความต้านทานที่อุณหภูมิ  $t^{\circ}\text{C}$        $t$  คือ อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )

$R_0$  คือ ความต้านทานที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$

$\alpha$  คือ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ-ความต้านทาน ( $^{\circ}\text{C}$ )<sup>-1</sup>

### แบบฝึกหัดทบทวน 14.2

1. จากรูปที่กำหนดให้ จงหาว่าตัวต้านทานมีค่ากี่โอห์ม



- ก.  $50 \pm 5 \ \Omega$   
 ข.  $500 \pm 10 \ \Omega$   
 ค.  $500 \pm 25 \ \Omega$   
 ง.  $500 \pm 50 \ \Omega$

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

4. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สารใดบ้างมีสภาพต้านไฟฟ้าลดลง

1. โลหะบริสุทธิ์      2. สารกึ่งตัวนำ      3. โลหะผสม      4. ฉนวน

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

5. ตัวต้านทานมาตรฐานซึ่งมีค่าความต้านทานคงที่เชื่อถือได้ แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลง สร้างมาจากสารชนิดใด

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

6. สภาพต้านทานไฟฟ้าของโลหะขึ้นอยู่กับปริมาณใด

- ก. ความเร็วลอยเลื่อน      ข. ความต่างศักย์ไฟฟ้า

- ค. พื้นที่หน้าตัดและความยาว      ง. จำนวนอิเล็กตรอนอิสระ

7. ลวดทองแดงเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 1.2 ตารางมิลลิเมตร ยาว 500 เมตร จะมีความต้านทานเท่าใด ให้สภาพต้านทานของทองแดง  $1.8 \times 10^{-8}$  โอห์ม-เมตร

- ก.  $1.5 \times 10^{-2}$       ข.  $7.5 \times 10^{-2}$       ค. 1.5      ง. 7.5

8. ลวด A ยาวเท่ากับลวด B โดยมีพื้นที่หน้าตัดเป็นครึ่งหนึ่งของลวด B แต่มีความต้านทานเท่ากัน จงหาอัตราส่วนระหว่างค่าสภาพต้านทานของลวด A และลวด B

- ก. 1 : 4      ข. 1 : 2      ค. 2 : 1      ง. 4 : 1

9. 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

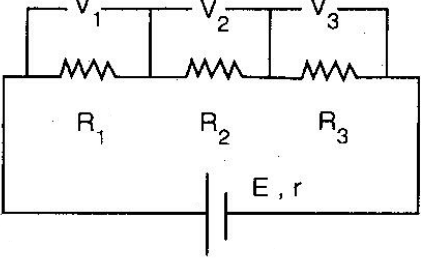
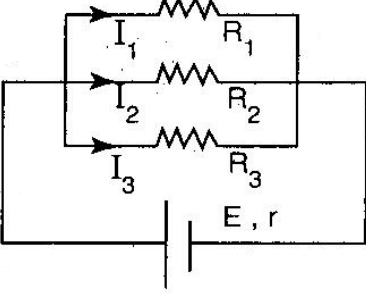
10. แท่งกราไฟท์มีสภาพต้านทาน  $3.5 \times 10^{-5}$  โอห์ม-เมตร มีความยาว 1 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร เหล็กมีสภาพต้านทาน  $1.0 \times 10^{-7}$  เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งกราไฟท์ ลวดเหล็กจะต้องยาวกี่เมตรจึงจะมีความต้านทานเท่ากับความต้านทานของแท่งกราไฟท์

- ก. 4 เมตร      ข. 6 เมตร      ค. 10 เมตร      ง. 14 เมตร

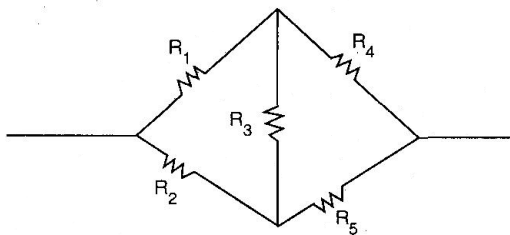
11. ลวดตัวนำมีขนาดโตสมำเสมอ ยาว 1 เมตร พื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตร ถ้าลวดนี้มีความต้านทาน 500 โอห์ม จะมีสภาพการนำไฟฟ้าเป็นกี่ซีเมนต์ต่อเมตร
- ก.  $5 \times 10^{-4}$       ข.  $2 \times 10^{-4}$       ค.  $5 \times 10^3$       ง.  $2 \times 10^3$
12. ลวดเส้นหนึ่งยาว 1.0 เมตร มีความต้านทาน 0.5 โอห์ม จงหาว่าลวดชนิดเดียวกันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นครึ่งหนึ่งของเส้นแรกจะต้องมีความยาวเท่าใด จึงจะมีความต้านทาน 1.2 โอห์ม
- ก. 0.4 เมตร      ข. 0.6 เมตร      ค. 0.8 เมตร      ง. 1.2 เมตร
13. ลวดเส้นหนึ่งโตสมำเสมอ ยาว 1.45 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.35 มิลลิเมตร ความต้านทาน  $10 \Omega$  จงหาสภาพนำไฟฟ้า
- ก.  $1.6 \times 10^2$  ซีเมนต์/ เมตร      ข.  $1.6 \times 10^3$  ซีเมนต์/ เมตร  
 ค.  $1.6 \times 10^4$  ซีเมนต์/ เมตร      ง.  $1.6 \times 10^6$  ซีเมนต์/ เมตร
14. เส้นลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม ถ้าความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทั้งสองค่าแล้ว ความต้านทานของเส้นลวดจะเป็นอย่างไร
- ก. ลดลงเหลือ 1/4      ข. เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า  
 ค. ลดลงครึ่งหนึ่ง      ง. เพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า
15. ลวดตัวนำขนาดสมำเสมอเส้นหนึ่งยาว 1 เมตร วัดความต้านทานได้ 0.2 โอห์ม ถ้ามีตัวนำชนิดเดียวกันแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าเดิมครึ่งหนึ่ง ถ้าต้องการให้มีความต้านทาน 0.8 โอห์ม ต้องใช้ลวดยาวเท่าใด
- ก. 1.0 เมตร      ข. 4.0 เมตร      ค. 2.0 เมตร      ง. 3.0 เมตร
16. ถ้านำลวดเส้นหนึ่งให้เหลือเพียงครึ่งหนึ่งของของเดิม แล้ววัดลวดที่เหลือให้ยาวเท่ากับลวดเดิม ถามว่าความต้านทานของลวดเส้นใหม่ี่เป็นเท่าไร ถ้าลวดเส้นเดิมมีความต้านทาน 10 โอห์ม
- ก. 10 โอห์ม      ข. 30 โอห์ม      ค. 20 โอห์ม      ง. 40 โอห์ม
17. ลวดโลหะขนาดสมำเสมอ ยาว 50 เซนติเมตร วัดความต้านทานได้ 0.4 โอห์ม ถ้าลวดถูกรีดให้เล็กลงขนาดสมำเสมอและมีความยาวเป็น 4 เท่าของความยาวเดิมแล้ว ความต้านทานไฟฟ้าของลวดโลหะเส้นเล็กจะมีค่าเท่าใด
- ก. 0.8 โอห์ม      ข. 1.6 โอห์ม      ค. 3.2 โอห์ม      ง. 6.4 โอห์ม
18. ลวดเส้นหนึ่งมีความต้านทาน 6 โอห์ม ถูกรีดออกให้ยาวเป็น 4 เท่าของความยาวเดิม ถ้าสภาพต้านทานและความหนาแน่นของลวดนี้มีค่าคงเดิม จงหาความต้านทานใหม่ในหน่วยโอห์ม
- ก. 32 โอห์ม      ข. 64 โอห์ม      ค. 96 โอห์ม      ง. 128 โอห์ม
19. ลวดโลหะบริสุทธิ์เช่น ทองแดง มีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิของลวดอย่างไร
- ก. ความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น      ข. ความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง  
 ค. ความต้านทานคงเดิมเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน      ง. ความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น
20. ข้อความใดที่กล่าว ผิดความจริงทางวิทยาศาสตร์
- ก. เมื่ออุณหภูมิลดลง ตัวนำมีความนำไฟฟ้าลดลง      ข. เมื่ออุณหภูมิลดลง ฉนวนมีความนำไฟฟ้าลดลง  
 ค. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตัวนำมีความต้านทานเพิ่มขึ้น      ง. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ฉนวนมีความต้านทานลดลง

### 14.3 การต่อตัวต้านทานและแบตเตอรี่

#### 14.3.1 การต่อตัวต้านทาน

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน
	
<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_{รวม} = V_1 + V_2 + V_3</math></li> <li><math>I_{รวม} = I_1 = I_2 = I_3</math></li> <li><math>R_{รวม} = R_1 + R_2 + R_3</math></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_{รวม} = V_1 = V_2 = V_3</math></li> <li><math>I_{รวม} = I_1 + I_2 + I_3</math></li> <li><math>\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}</math></li> </ol>

#### 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 อธิบายโดยใช้ไคอะแกรม ได้ดังนี้

จาก  $\Delta$  เป็น  $y$

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

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

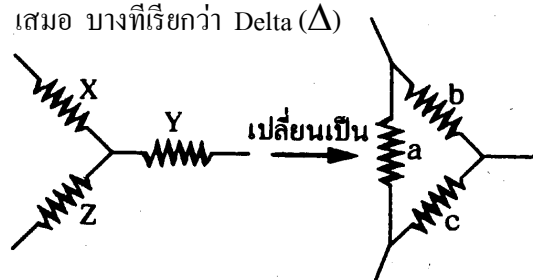
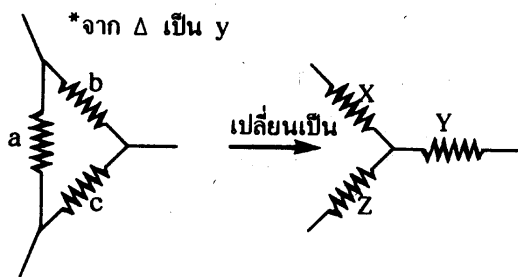
$$z = \frac{ca}{a+b+c}$$

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

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

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

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

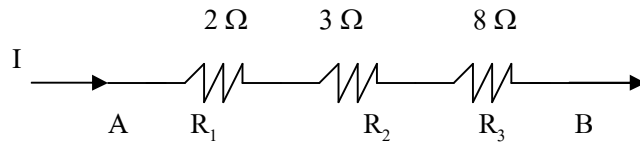


ให้สังเกตว่าตัวตั้งเป็น  $xy + yz + zx$  เสมอ บางทีเรียกว่า Why ( $y$ ) และหารด้วยความต้านที่อยู่ตรงข้าม

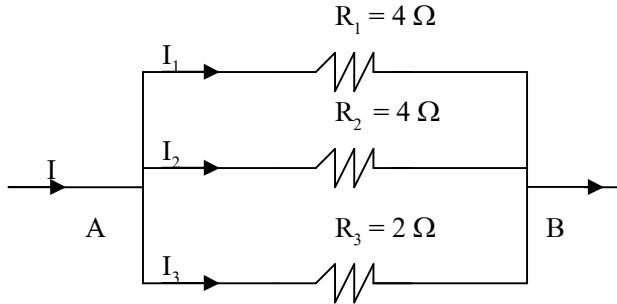
**แบบฝึกหัดที่ 14.3.1**

จากรูป จงหาความต้านทานรวมระหว่าง A กับ B

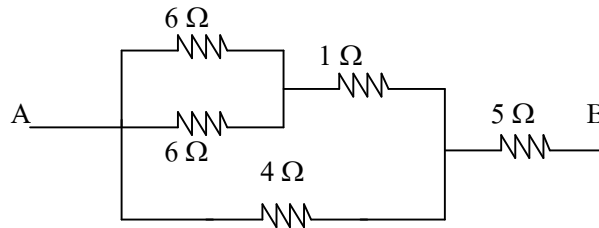
1.



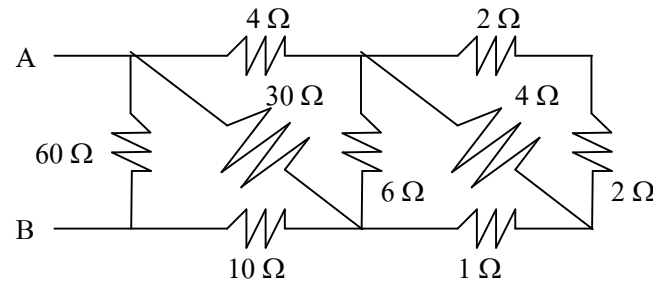
2.



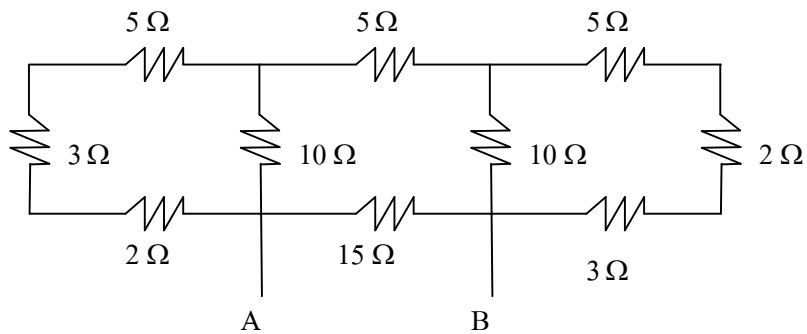
3.



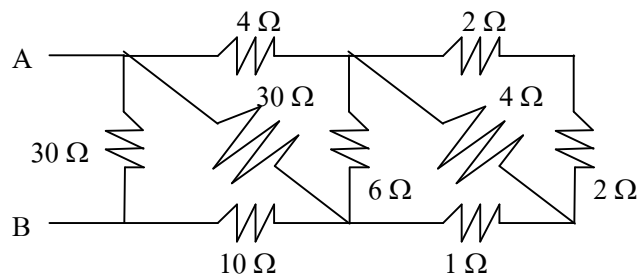
4.

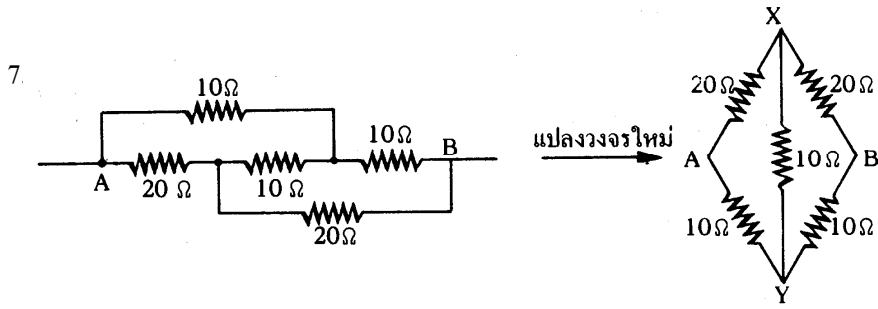


5.



6.



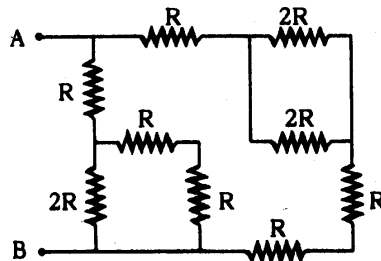


ตอบ 1. 13 Ω    2. 1 Ω    3. 7 Ω    4. 12 Ω    5. 7.5 Ω    6. 10 Ω    7. 13.3 Ω

แบบฝึกหัดทบทวนที่ 14.3.1

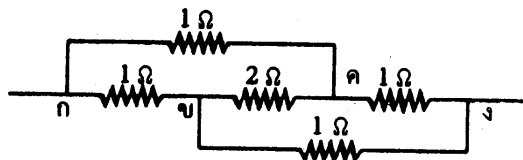
1. จากรูป ค่าความต้านทานที่วัดระหว่างจุด A กับ B จะเป็นเท่าไร ถ้า R มีค่า  $\frac{3}{4} \Omega$

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



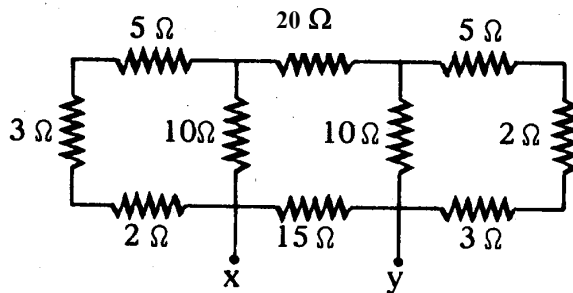
2. มีความต้านทานชุดหนึ่งต่อกันดังรูป ความต้านทานรวมระหว่างจุด ข และ ค คือ

- ก. 2/3 โอห์ม
- ข. 1 โอห์ม
- ค. 3/2 โอห์ม
- ง. 2 โอห์ม



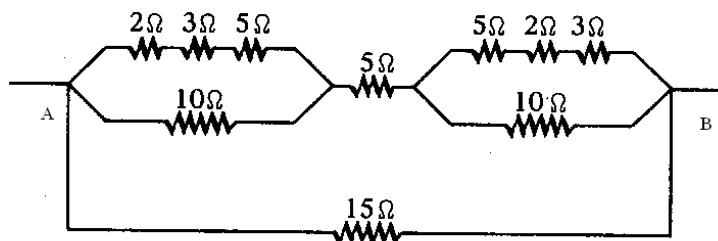
3. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง x กับ y

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



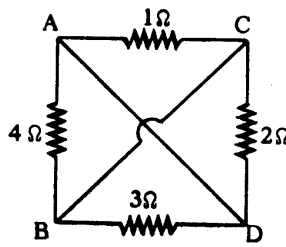
4. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

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

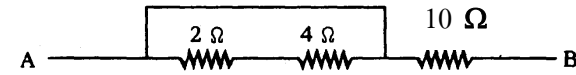


5. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

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



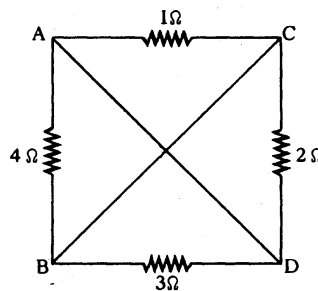
6. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B



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

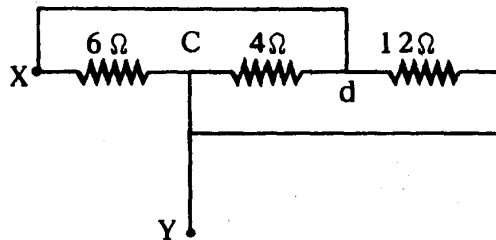
7. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

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



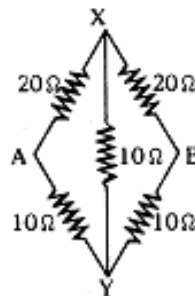
8. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง x กับ y

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



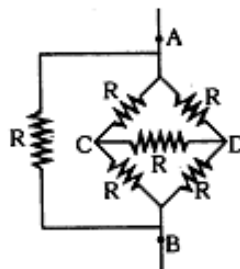
9. จากรูป จงหาความต้านทานระหว่าง A กับ B

- 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)

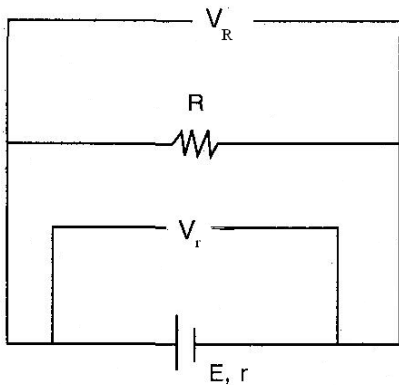
แรงเคลื่อนไฟฟ้า = ความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์ + ความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานภายใน

$$E = V_R + V_r$$

$$E = IR + Ir$$

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

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



กำหนดให้

E แทน แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

R แทน ความต้านทานภายนอก ( $\Omega$ )

r แทน ความต้านทานภายใน ( $\Omega$ )

I แทน กระแสไฟฟ้า (A)

$V_R$  แทน ความต่างศักย์ภายนอกเซลล์ (V)

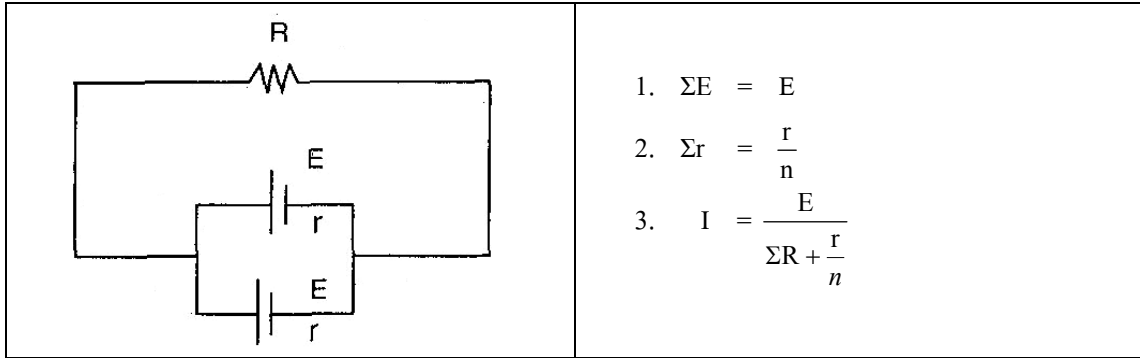
$V_r$  แทน ความต่างศักย์ภายในเซลล์ (V)

### 14.3.3 การต่อแบตเตอรี่ (การต่อเซลล์ไฟฟ้า)

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมตามกัน	การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมขัดกัน
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Sigma E = E_1 + E_2</math></li> <li>2. <math>\Sigma r = r_1 + r_2</math></li> <li>3. <math>I = \frac{\Sigma E}{\Sigma R + \Sigma r}</math></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Sigma E = E_1 - E_2</math></li> <li>2. <math>\Sigma r = r_1 + r_2</math></li> <li>3. <math>I = \frac{\Sigma E}{\Sigma R + \Sigma r}</math></li> </ol>



**การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน**



การต่อเซลล์เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรมากที่สุดเมื่อ

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

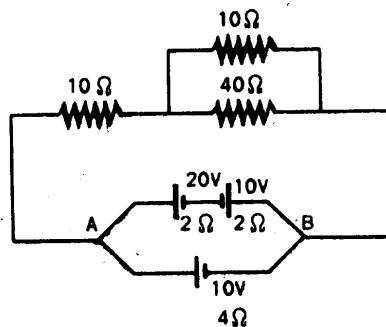
$$I = \frac{E}{\frac{R}{X} + \frac{r}{Y}}$$

เมื่อ X แทน จำนวนเซลล์ใน 1 แถวที่ต่อแบบอนุกรม (หลัก)  
 Y แทน จำนวนที่ต่อแบบขนาน (แถว)

**ข้อควรจำ** E และ r แทน ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายในเพียงเซลล์เดียว

**แบบฝึกหัดที่ 14.3.2-3**

1. เซลล์ไฟฟ้า 4 เซลล์ มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเซลล์ละ 1.5 โวลต์ และความต้านทานภายในเซลล์ละ 0.5 โอห์ม นำเซลล์ทั้งหมดไปต่อกับความต้านทานภายนอก 28 โอห์ม จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเมื่อ ก. ต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม (0.2 A) ข. ต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน (0.053 A)
2. เซลล์ไฟฟ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้า 4 โวลต์ ความต้านทานภายใน 2 โอห์ม จำนวน 12 เซลล์ เมื่อนำไปต่อกับความต้านทานภายนอก 6 โอห์ม จะกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมากที่สุดเท่าใด (2 A)
3. เซลล์ไฟฟ้าทั้งหมด 16 เซลล์ มีความต้านทานภายใน 6 โอห์ม และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเซลล์ละ 12 โวลต์ จะต้องต่อเซลล์ไฟฟ้าอย่างไร เมื่อนำไปต่อกับหลอดไฟฟ้าจำนวน 10 หลอด มีความต้านทานหลอดละ 240 โอห์ม และต่อขนานกันอยู่ จึงจะมีความสว่างของหลอดมากที่สุด (2 A)
4. วงจรไฟฟ้าตามรูปความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด A กับจุด B มีกี่โวลต์ (9 V)



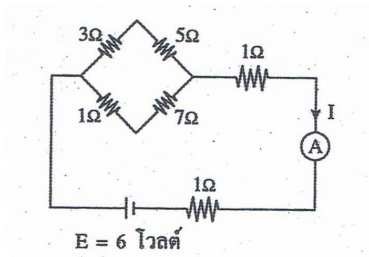
แบบฝึกหัดทบทวน 14.3.2-3

1. ถ่านไฟฟ้าฉาย 6 ก้อนมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าก้อนละ 1.5 โวลต์ ความต้านทานภายในก้อนละ 1 โอห์มนำมาต่อแบบผสมสองแถว ๆ ละ 3 ก้อน เป็นแบตเตอรี่ชุดหนึ่ง แล้วต่อเป็นวงจรด้วยหลอดไฟฟ้ามี่มีความต้านทาน 6 โอห์ม จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟมากที่สุดในหน่วยแอมแปร์

- ก. 0.45 แอมแปร์
- ข. 0.60 แอมแปร์
- ค. 0.75 แอมแปร์
- ง. 1.00 แอมแปร์

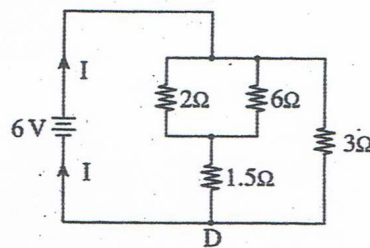
2. จากรูป จงหากระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านแอมมิเตอร์ A ในวงจร

- ก. 0.3 A
- ข. 0.5 A
- ค. 1.0 A
- ง. 1.5 A



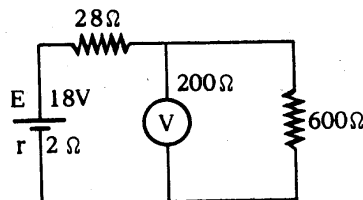
3. จากรูป จงหากระแสไฟฟ้า I ในวงจร

- ก. 0.6 A
- ข. 2.0 A
- ค. 2.4 A
- ง. 4.0 A



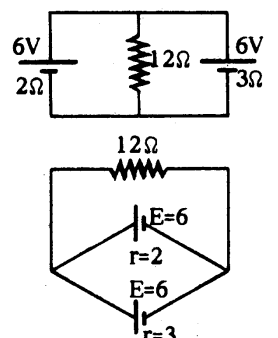
4. โวลต์มิเตอร์มีความต้านทาน 200 โอห์มจะอ่านค่าได้กี่โวลต์ในวงจรนี้

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



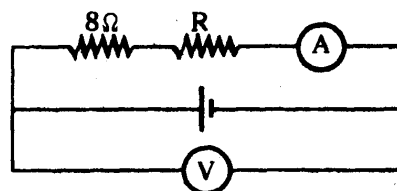
5. จากรูปกระแสไฟฟ้าที่ผ่านความต้านทาน 12 โอห์มมีค่ากี่แอมแปร์

- ก. 0.23 แอมแปร์
- ข. 0.32 แอมแปร์
- ค. 0.45 แอมแปร์
- ง. 0.54 แอมแปร์

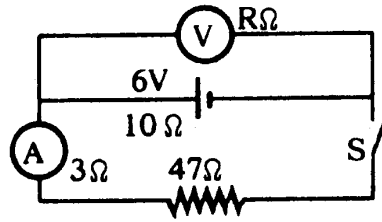


6. จากวงจรดังรูป V อ่าน 10 V A อ่าน 0.5 A จงหาว่า R มีค่าเท่าไร เมื่อ V ไม่กินกระแสไฟและ A ไม่มีความต้านทาน

- ก. 4 Ω
- ข. 10 Ω
- ค. 12 Ω
- ง. 14 Ω

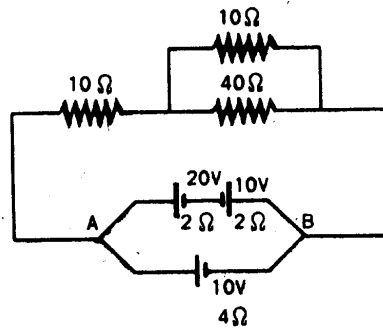


จากรูป ใช้ตอบคำถามข้อ 7-10



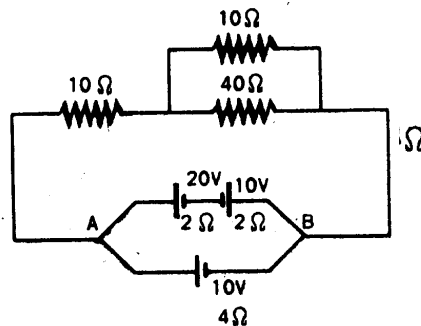
7. เมื่อกดสวิตช์ขึ้น V อ่านค่าได้ 5 โวลต์ ถ้าสับสวิตช์ลง V จะมีความต้านทานที่โอห์ม  
 ก. 20 โอห์ม ข. 30 โอห์ม ค. 40 โอห์ม **ง. 50 โอห์ม**
8. ถ้ายกสวิตช์ขึ้น A จะอ่านค่าได้ที่แอมแปร์  
 ก. 0 โอห์ม ข. 1 แอมแปร์ ค. 2 แอมแปร์ ง. 3 แอมแปร์
9. ถ้าสับสวิตช์ลง ความต้านทานรวมภายนอกมีค่ากี่โอห์ม  
 ก. 15 โอห์ม ข. 20 โอห์ม **ค. 25 โอห์ม** ง. 30 โอห์ม
10. ถ้าดับสวิตช์ลง A จะอ่านค่าได้ที่แอมแปร์  
 ก. 0.17 แอมแปร์ **ข. 0.086 แอมแปร์** ค. 0.24 แอมแปร์ ง. 0.3 แอมแปร์
11. วงจรไฟฟ้าตามรูปความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด A กับจุด B มีกี่โวลต์

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



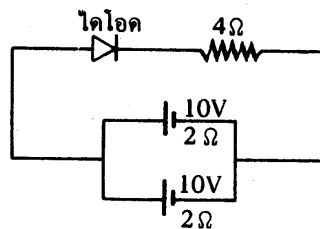
12. จงหาความต่างศักย์ระหว่าง A และ B

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



13. จากวงจรไฟฟ้า จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเซลล์ 10 โวลต์

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



### 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)

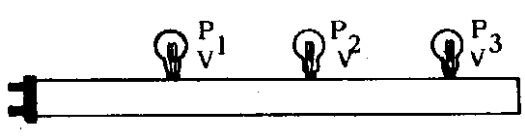
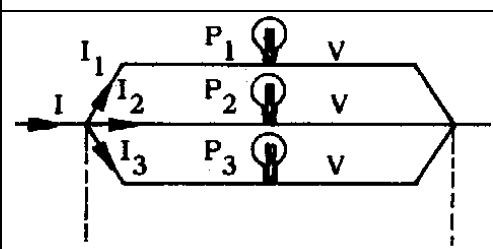
$R$  แทน ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม ( $\Omega$ )  $t$  แทน เวลา มีหน่วยเป็น วินาที (s)

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

เมื่อพลังงานจากไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน จะได้ว่า

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

#### การต่อหลอดไฟ

การต่อหลอดไฟแบบอนุกรม	การต่อหลอดไฟแบบขนาน
	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>R_{รวม} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots</math></li> <li>2. <math>\frac{V^2}{P_{รวม}} = \frac{V^2}{P_1} + \frac{V^2}{P_2} + \frac{V^2}{P_3}</math></li> <li>3. <math>\frac{1}{P_{รวม}} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \frac{1}{P_3}</math> เมื่อ <math>V</math> เท่ากัน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>I_{รวม} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots</math></li> <li>2. <math>\frac{P_{รวม}}{V} = \frac{P_1}{V} + \frac{P_2}{V} + \frac{P_3}{V}</math></li> <li>3. <math>P_{รวม} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots</math> เมื่อ <math>V</math> เท่ากัน</li> </ol>

#### 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 110 V จะใช้กระแสไฟฟ้าใด
6. หลอดไฟขนาด 220 V , 40 W จำนวน 10 หลอด ถูกนำมาต่อกันแล้วต่อเข้ากับบ้าน จงหาค่ากำลังไฟฟารวม เมื่อ ก. ต่อหลอดไฟทั้งหมดแบบอนุกรม ข. ต่อหลอดไฟทั้งหมดแบบขนาน
7. จงหาว่าต้องให้ความร้อนด้วยกำลังเฉลี่ยกี่วัตต์ จึงจะทำให้โลหะมวล 2 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                      **ค. 40 จูล**                      ง. 80 จูล
2. หลอดไฟขนาด 80 วัตต์ ถูกนำมาใช้งานด้วยความต่างศักย์ 220 โวลต์ เป็นเวลานานครึ่งชั่วโมง จงคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนและแสง  
ก. 2.4 กิโลจูล                      ข. 4.8 กิโลจูล                      ค. 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                      ค. 40 วัตต์                      **ง. 80 วัตต์**
4. ต่อตัวต้านทาน 10 โอห์ม กับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แล้วจุ่มตัวต้านทานในแคโรอริมิเตอร์ที่บรรจุน้ำ 48 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะใช้เวลากี่วินาที อุณหภูมิของน้ำจึงจะเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส (ถ้าแคโรอริมิเตอร์มีความจุความร้อนน้อยมาก ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 จูล/กรัม.เคลวิน )  
ก. 8 วินาที                      **ข. 28 วินาที**                      ค. 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**                      ค. 11 W                      ง. 22 W



### 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 เฉลี่ยเปิดวันละ 6 ชั่วโมง
3. พัดลม 20 วัตต์ 220 โวลต์ 2 เครื่อง เฉลี่ยเปิดวันละ 10 ชั่วโมงต่อเครื่อง
4. หม้อหุงข้าว 800 วัตต์ 220 โวลต์ 1 ใบ เฉลี่ยเปิดวันละ 2 ชั่วโมง
5. หลอดไฟ 40 วัตต์ 220 โวลต์ 6 หลอด เฉลี่ยเปิดวันละ 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 6 แอมแปร์

ตอบ

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**

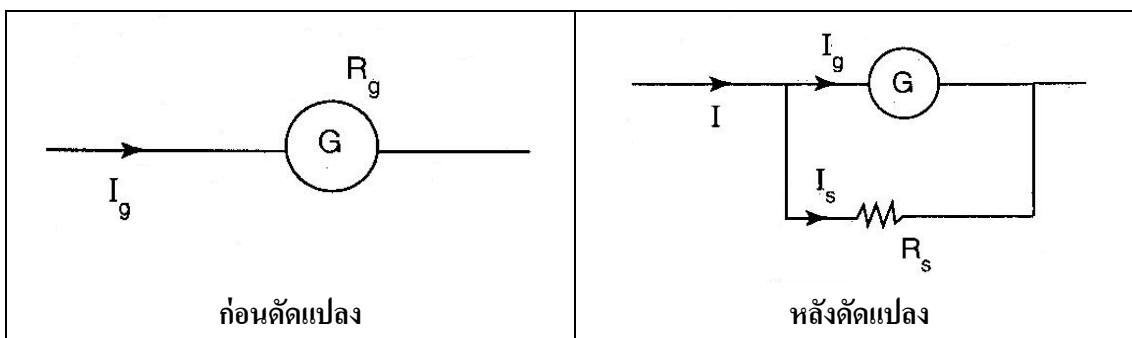
### แบบฝึกหัด 14.5

- บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ถ้าใช้เครื่องไฟฟ้าดังต่อไปนี้ หม้อหุงข้าวขนาด 600 วัตต์ ตู้เย็นขนาด 100 วัตต์ และหลอดเรืองแสงขนาด 40 วัตต์ 5 ดวง ควรใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใดและถ้าใช้เครื่องไฟฟ้าเหล่านี้พร้อมๆ กัน 10 ชั่วโมงและต้องใช้ปริมาณไฟฟ้ากี่หน่วย
- ครอบครัวหนึ่งใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเท่ากันทุกวัน โดยมีรายการดังต่อไปนี้  
ใช้หม้อหุงข้าวขนาด 1,000วัตต์ วันละ 1 ชั่วโมง ใช้หลอดไฟ 40 วัตต์ 5 ดวง วันละ 4 ชั่วโมง ใช้โทรทัศน์ขนาด 150 วัตต์ วันละ 4 ชั่วโมง ใช้เตารีดไฟฟ้าขนาด 750 วัตต์ วันละ 1 ชั่วโมง ถ้าไฟฟ้าที่ใช้มีความต่างศักย์ 220 โวลต์และเสียค่าไฟยูนิตละ 1.50 บาท ในช่วงเวลา 1 เดือน จะต้องเสียค่าไฟฟ้าเท่าใด
- บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อขนานกันดังนี้ ตู้เย็น 400W , 220V วันละ 20 ชั่วโมง หลอดไฟ 40 W, 220 V 10หลอดวันละ 5 ชั่วโมง เตารีด 1000W, 220V วันละ 1 ชั่วโมง โทรทัศน์ 200 W , 220 V วันละ 10 ชั่วโมง จงหา
  - บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใด
  - ถ้าค่าไฟฟ้ายูนิตละ 2 บาทในเดือนเมษายนบ้านหลังนี้จะเสียค่าไฟฟ้าเท่าใด

### 14.6 เครื่องวัดไฟฟ้า

แกลแวนอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ดัดแปลงให้เป็นแอมมิเตอร์ และ โวลต์มิเตอร์  
หลักการสร้างแอมมิเตอร์จากแกลแวนอมิเตอร์

การสร้างแอมมิเตอร์จากแกลแวนอมิเตอร์ โดยการเอาความต้านทานที่เรียกว่าชั้น มาต่อขนานกับแกลแวนอมิเตอร์ เพื่อจะได้วัดกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น



กำหนดให้ I แทน กระแสที่ต้องการวัด

$R_g$  แทน ความต้านทานของแกลแวนอมิเตอร์

$I_g$  แทน กระแสผ่านแกลแวนอมิเตอร์

$R_s$  แทน ความต้านทานของขดลวด

$I_s$  แทน กระแสผ่านขดลวด

จะได้ว่า

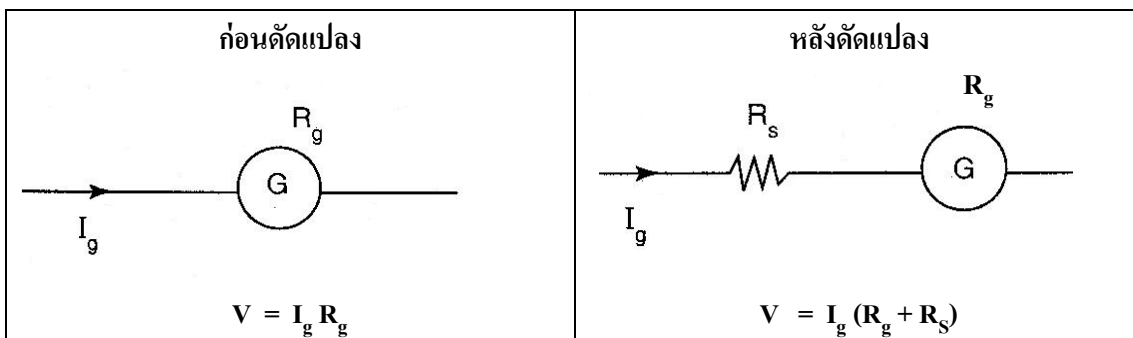
$$I_g R_g = I_s R_s$$

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



### หลักการสร้างโวลต์มิเตอร์จากแกลเวนอมิเตอร์

การสร้างโวลต์มิเตอร์จากแกลเวนอมิเตอร์ โดยการเอาความต้านทานที่เรียกว่าขั้วมาต่ออนุกรม เพื่อจะได้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าได้มากขึ้น



กำหนดให้  $V$  แทน ความต่างศักย์

$I_g$  แทน กระแสผ่านขั้ว

$R_g$  แทน ความต้านทานของแกลเวนอมิเตอร์

$R_s$  แทน ความต้านทานของขดลวด

### แบบฝึกหัดทบทวน 14.6

1. ถ้าตัดแปลงแกลเวนอมิเตอร์ให้เป็น โอห์มมิเตอร์ จะต้องปฏิบัติตามข้อใด
  - ก. นำความต้านทานต่ออนุกรมกับแกลเวนอมิเตอร์
  - ข. นำเซลล์ไฟฟ้ากับตัวเก็บประจุต่ออนุกรมกับแกลเวนอมิเตอร์
  - ค. นำความต้านทานและเซลล์ไฟฟ้าต่อขนานกับแกลเวนอมิเตอร์
  - ง. นำความต้านทานต้านทานแบบปรับค่าได้และเซลล์ไฟฟ้าต่ออนุกรมกับแกลเวนอมิเตอร์
2. โวลต์มิเตอร์เครื่องหนึ่งอ่านเต็มสเกล 10 โวลต์ และมีความต้านทาน  $R$  จงหาค่าความต้านทานที่ต้องใช้ต่อกับโวลต์มิเตอร์นี้เพื่อเปลี่ยนหน้าปัดมิเตอร์ให้อ่านเต็มสเกล 100 โวลต์
  - ก.  $R/10$
  - ข.  $9R$
  - ค.  $R/4$
  - ง.  $10R$
3. การตัดแปลงแกลเวนอมิเตอร์เป็น โวลต์มิเตอร์อาจทำได้โดย
  - ก. ต่อความต้านทานอนุกรมกับแกลเวนอมิเตอร์
  - ข. ต่อเซลล์ความต้านทานขนานกับแกลเวนอมิเตอร์
  - ค. ต่อเซลล์ไฟฟ้าและความต้านทานที่ปรับค่าได้แบบขนานกับแกลเวนอมิเตอร์
  - ง. ต่อเซลล์ไฟฟ้าและความต้านทานที่ปรับค่าได้แบบอนุกรมกับแกลเวนอมิเตอร์
4. ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง
  - ก. โวลต์มิเตอร์ควรมีความต้านทานต่ำ เพื่อให้กระแสผ่านได้ดี
  - ข. แอมมิเตอร์ควรมีความต้านทานสูงมาก ๆ เพื่อให้กระแสผ่านได้ง่าย
  - ค. ขั้วที่เข้ามาต่อกับแอมมิเตอร์ ควรต่อแบบอนุกรมเพื่อให้กระแสผ่านได้มาก
  - ง. เครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ ต้องต่อขนานกับส่วนวงจรที่ต้องการวัดเท่านั้น

5. แกลแวนนอมิเตอร์มีความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม อ่านกระแสไฟฟ้าสูงสุด 200 ไมโครแอมแปร์ ถ้าเปลี่ยนแกลแวนนอมิเตอร์ให้เป็นแอมมิเตอร์ที่สามารถวัดกระแสสูงสุดได้ 200 มิลลิแอมแปร์ จะต้องใช้ชั้นที่มีความต้านทานเท่าใด  
 ก. 0.1  $\Omega$                       ข. 0.5  $\Omega$                       **ค. 1  $\Omega$**                       ง. 5  $\Omega$
6. แกลแวนนอมิเตอร์มีความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม ทนกระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.1 มิลลิแอมแปร์ ต้องใช้ชั้นที่มีความต้านทานเท่าใด จึงจะวัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 20 มิลลิแอมแปร์  
 ก. 0.5  $\Omega$                       **ข. 5.0  $\Omega$**                       ค. 50.0  $\Omega$                       ง. 500.0  $\Omega$
7. แกลแวนนอมิเตอร์ตัวหนึ่งมีความต้านทาน 4 โอห์ม เข็มเบนเต็มสเกลเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 1 mA ถ้าต้องใช้งานเป็นโวลต์มิเตอร์ซึ่งวัดค่าเต็มสเกลได้ 10 โวลต์ จะต้องใช้ความต้านทานขนาดกี่โอห์ม มาต่อลักษณะใดกับแกลแวนนอมิเตอร์ตัวนี้  
 ก.  $4 \times 10^{-4}$ , 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**

#### 14.7 วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและการใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

ไฟฟ้าในบ้านที่ใช้อุญจะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ 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 แต่ถ้าใช้สวิตช์อัตโนมัติแทน สวิตช์จะตัดวงจรทันทีเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเกินขนาดที่กำหนด และเมื่อทำการตรวจสอบแล้วก็สามารถกดปุ่มสวิตช์ใช้งานได้ทันที

สวิตช์อัตโนมัติประกอบด้วย แผ่นโลหะคู่ เมื่อได้รับความร้อนแผ่นโลหะแต่ละชนิดจะขยายตัวได้ไม่เท่ากันแผ่นโลหะจะงอโค้ง ซึ่งจะทำให้วงจรขาดกัน เป็นการตัดกระแสไฟฟ้าในวงจร


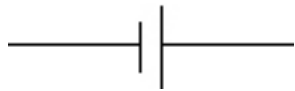
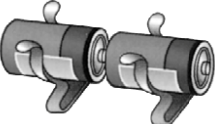







4. สะพานไฟย่อยจ่ายไปตามจุดต่าง ๆ เพื่อสะดวกในการใช้งานเป็นบริเวณและป้องกันอันตรายเป็นจุด ๆ โดยเฉพาะไฟฟ้าที่ใช้นอกบ้านจำเป็นมาก

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

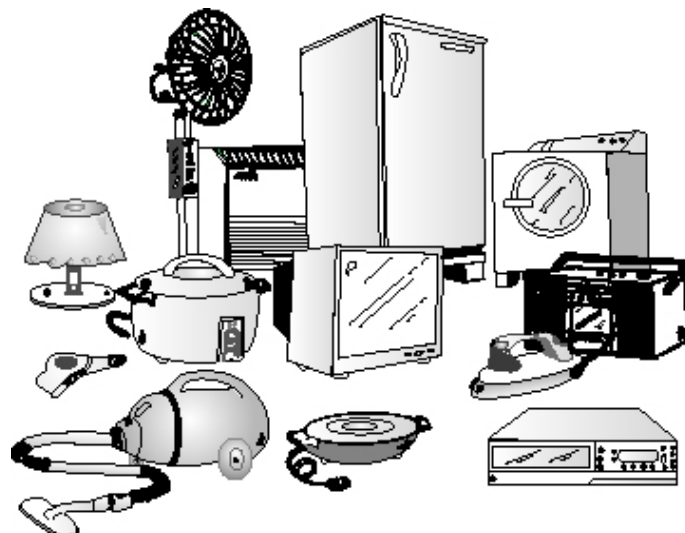
### 14.7.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

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

#### อุปกรณ์ไฟฟ้า

ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์
เซลล์ไฟฟ้า 	
แบตเตอรี่ 	
สายไฟ 	
หลอดไฟ 	
สวิตช์ 	

#### เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน



**ตัวอย่าง** บ้านหลังหนึ่งใช้หลอดไฟฟ้กำลัง 75 วัตต์ 1 หลอด เปิดใช้งานวันละ 5 ชั่วโมง ถ้าเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา กำลัง 20 วัตต์ ซึ่งให้ความสว่างใกล้เคียงกัน จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณปีละเท่าไร (ถ้า 1 ปี เท่ากับ 365 วัน และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 1 บาท)

**แนวคิด** - หลอดไฟฟ้กำลัง 75 W 1 หลอด มาใช้งานวันละ 5 hr

$$\begin{aligned} \therefore \text{คิดค่าไฟฟ้าใน 1 yr ได้} &= \frac{75}{1000}(5)(365)(1) \text{ บาท} \\ &= 136.875 \text{ บาท} \end{aligned}$$

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา กำลัง 20 W ใช้งานวันละ 5 hr

$$\begin{aligned} \therefore \text{คิดค่าไฟฟ้าใน 1 yr ได้} &= \frac{20}{1000}(5)(365)(1) \text{ บาท} \\ &= 36.5 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$\therefore$  ใน 1 ปี ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประหยัดค่าไฟฟ้ากว่าหลอดไฟฟ้ธรรมดา

$$= 136.875 - 36.5$$

$$= 100.375 \text{ บาท}$$

$$= 100.4 \text{ บาท}$$

ดังนั้น จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 100.4 บาท

**ตอบ**

### 14.7.3 การใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย ถ้าใช้โดยไม่ระมัดระวัง อาจมีอันตรายจากไฟฟ้าดูดหรือไฟฟ้าลัดวงจรได้

**สาเหตุที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรและไฟฟ้าดูด ดังนี้**

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

2. เต้ารับและเต้าเสียบสวมกันไม่แน่นพอดี หรือจุดต่อในวงจรหลวมได้สนิทแน่น อาจทำให้เกิดการสปาร์คและมีประกายไฟเกิดขึ้น

**วิธีการป้องกัน มีดังนี้**

1. ติดตั้งฟิวส์หรือสะพานไฟที่เหมาะสม

2. ติดตั้งเครื่องป้องกันไฟฟ้รั่วและไฟฟ้ดูด

3. ต่อสายดินกับเครื่องใช้ไฟฟ้า

4. ต้องหมั่นตรวจดูและรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีตลอดเวลา