

บทที่ 5

ไฟฟ้ากระแสตรง

General Physics II

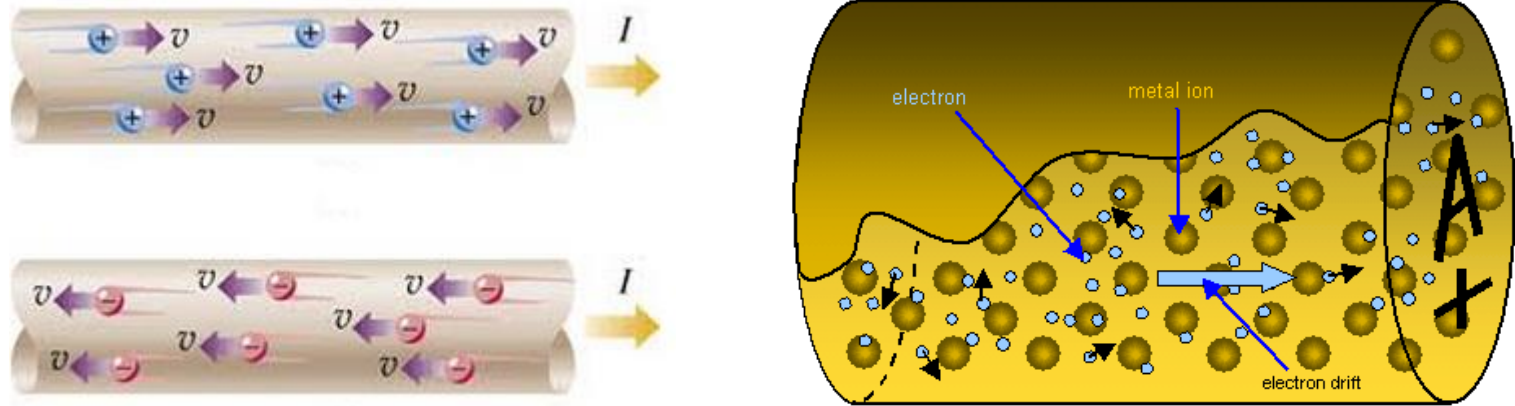
01420112

รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิศร์ ตั้งเจริญ

ไฟฟ้ากระแส

- ไฟฟ้ากระแส เป็นการศึกษากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า
- กระแส คือประจุที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง ถือเป็นปริมาณสเกลาร์
- กระแสไฟฟ้า คืออัตราการเปลี่ยนแปลงสุทธิของประจุที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดใดๆ
- ประจุจะเคลื่อนที่เมื่อมีความต่างศักย์ ΔV ระหว่างตำแหน่งใดๆ โดยประจุจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ และจะหยุดเคลื่อนที่เมื่อศักย์ไฟฟ้าของสองตำแหน่งดังกล่าวมีค่าที่เท่ากัน
- กำหนดให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้ามีทิศตามการเคลื่อนที่ของประจุบวก และสวนทางกับการเคลื่อนที่ของประจุลบ

อิเล็กตรอนอิสระ

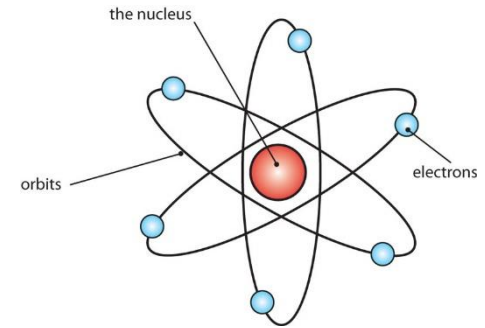


- โลหะประกอบด้วยประจุ (ไอออน) บวกเรียงตัวกันอยู่อย่างเป็นระเบียบและหนาแน่น โดยมีอิเล็กตรอนจำนวนมหาศาลกระจายตัวอยู่ล้อมรอบ ซึ่งอิเล็กตรอนเหล่านี้สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั่วทั้งอาณาบริเวณของโลหะ
- ในทางวิทยาศาสตร์จะเรียกอิเล็กตรอนดังกล่าวว่า**อิเล็กตรอนอิสระ**
- อิเล็กตรอนอิสระจะเคลื่อนที่แบบสุ่มอย่างไม่เป็นระเบียบ เนื่องจากได้รับพลังงานจลน์จากการที่อุณหภูมิของระบบมีค่ามากกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์

ตัวนำไฟฟ้า (Conductor)

ตัวนำไฟฟ้า เป็นวัสดุที่อิเล็กตรอนอิสระสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้อย่างสะดวก

- อิเล็กตรอนอิสระไม่ได้ถูกยึดไว้ด้วยอะตอม
- ทอง ทองแดง อลูมิเนียมและเงินเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีมาก
- เมื่อตัวนำไฟฟ้าได้รับประจุไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ประจุไฟฟ้าดังกล่าวจะเกิดการกระจายตัวไปยังทั่วทั้งพื้นผิวของตัวนำไฟฟ้างกล่าวในทันที



ฉนวนไฟฟ้า (Insulators)

ฉนวนไฟฟ้า คือวัสดุที่ประจุไฟฟ้าไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้อย่างอิสระ (หรือสะดวก)

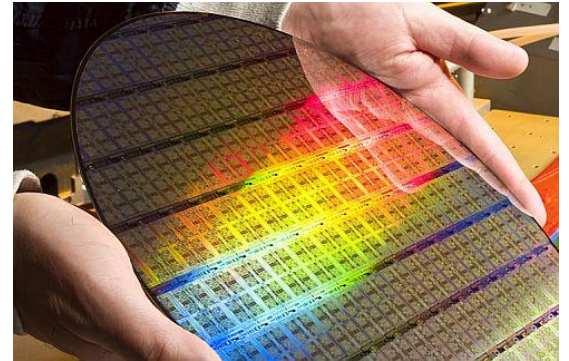
- แก้ว ยางและไม้ เป็นตัวอย่างของวัสดุที่มีความเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี
- เมื่อฉนวนไฟฟ้าได้รับประจุไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ประจุไฟฟ้าดังกล่าวจะไม่สามารถเคลื่อนที่หรือกระจายตัวไปยังอาณาบริเวณอื่นของวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าได้



สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor)

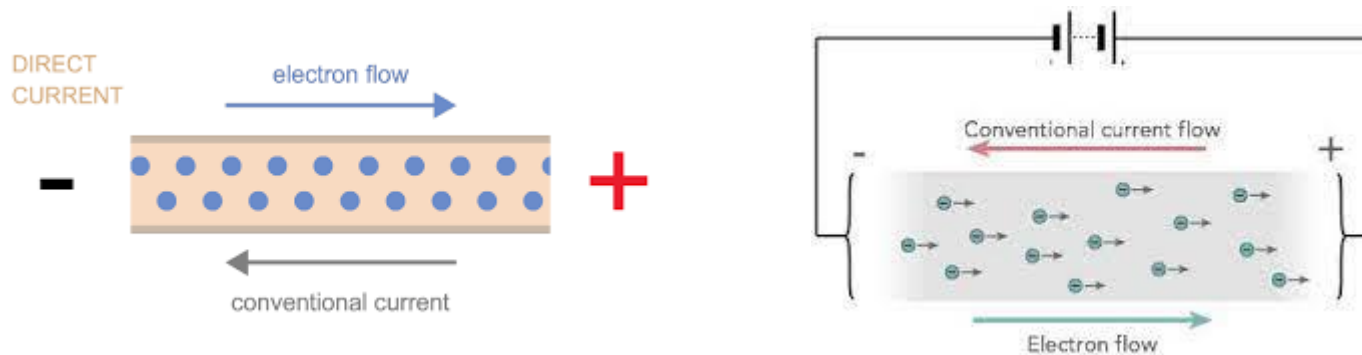
สารกึ่งตัวนำ เป็นวัสดุที่มีสมบัติทางไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

- ซิลิคอน (Silicon; Si) และเยอรมันเนียม (Germanium; Ge) เป็นตัวอย่างของธาตุที่มีสมบัติของความเป็นสารกึ่งตัวนำอย่างชัดเจน
- สมบัติทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำสามารถได้รับการเปลี่ยนแปลงได้อย่างอิสระโดยการเจืออะตอมของธาตุบางชนิดเพิ่มเข้าไปในโครงสร้างผลึกของวัสดุสารกึ่งตัวนำดังกล่าว



การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ

- หากนำแหล่งจ่ายแรงดันมาต่อเข้ากับตัวนำไฟฟ้าจะทำให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมทั้งสองฝั่งของตัวนำไฟฟ้างดรูปและทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นภายใน
- สนามไฟฟ้าดังกล่าวจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปในทิศทางข้ามกับทิศของสนามไฟฟ้า (เนื่องจากอิเล็กตรอนเป็นประจุลบ) โดยความเร็วของอิเล็กตรอนเมื่อถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าจะมีค่าคงที่
- ความเร็วเฉลี่ยของอิเล็กตรอนอิสระภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้าจะถูกเรียกว่า อัตราเร็วลอยเลื่อน (drift speed, v_d)

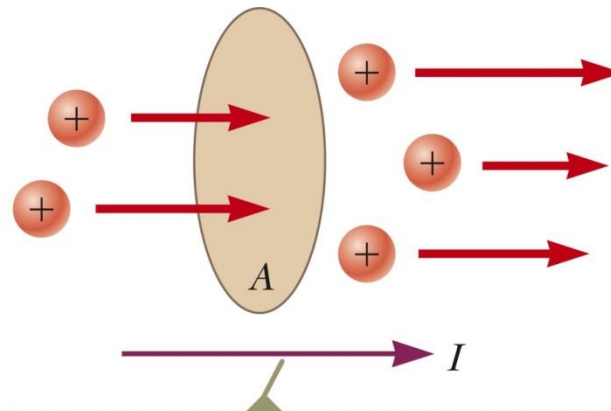


กระแสไฟฟ้าเนื่องจากประจุผ่านคงตัว

- **กระแสไฟฟ้า** นิยามขึ้นจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าทั้งหมด ΔQ ที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัด A ในช่วงเวลา Δt ใดๆ

$$I_{avg} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

- หน่วยของกระแสไฟฟ้า คือคูลอมบ์ต่อวินาที (C/s) ซึ่งมักเรียกว่าแอมแปร์ (Ampere, A)



The direction of the current is the direction in which positive charges flow when free to do so.

กระแสไฟฟ้าเนื่องจากประจุผ่านคางตัว

- **ประจุไฟฟ้ารวม** มีความสัมพันธ์กับปริมาณและขนาดประจุของอิเล็กตรอนดัง
สมการ

$$Q = ne$$

เมื่อ Q คือ ประจุไฟฟ้ารวม

มีหน่วย คลอมป์ (C)

n คือ จำนวนประจุไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) มีหน่วย อนุภาค (ตัว)

e คือ ขนาดประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน เท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ (C)

ตัวอย่างที่ 5.1 กระแสไฟฟ้าคงตัวขนาด 2 A เคลื่อนที่ผ่านเส้นลวดตัวนำไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 3 นาที จงหาประจุไฟฟ้าและจำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นลวดตัวนำไฟฟ้างกล่าว

ความหนาแน่นกระแส

ความหนาแน่นกระแส คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่าน

พื้นที่หน้าตัดใดๆ ดังสมการ

$$J = \frac{I}{A} \quad (\text{A/m}^2)$$

โดยที่

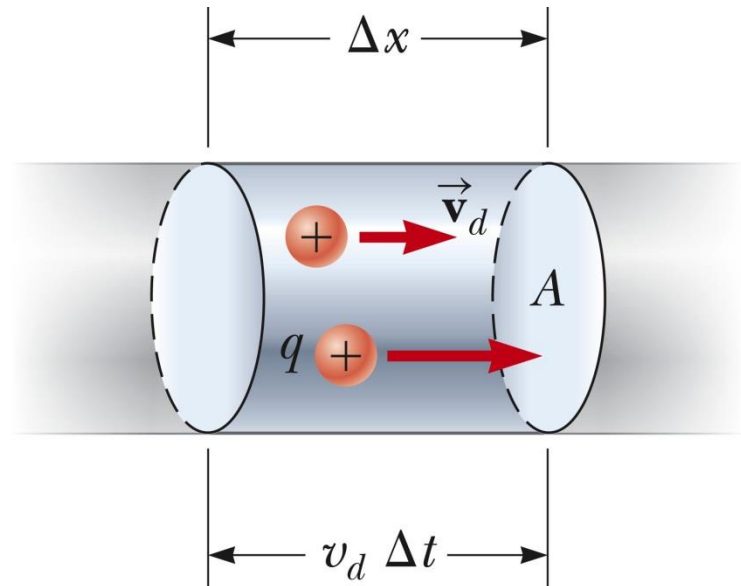
$$J = nqv_d$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจึงมีค่าเท่ากับ

$$I = nqv_d A$$

เมื่อมีประจุหลายตัว

$$I = \sum_{i=1}^m n_i q_i v_{di} A$$



ตัวอย่างที่ 5.2 ลวดทองแดงเส้นหนึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 1.0 mm หากกำหนดให้มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านสมำเสมอจำนวน 10^5 ตัว เป็นระยะเวลา 5 วินาที จงหาความหนาแน่นกระแส อัตราเร็วลอยเลื่อน และกระแสไฟฟ้า

กฎของโอห์ม (Ohm's law)

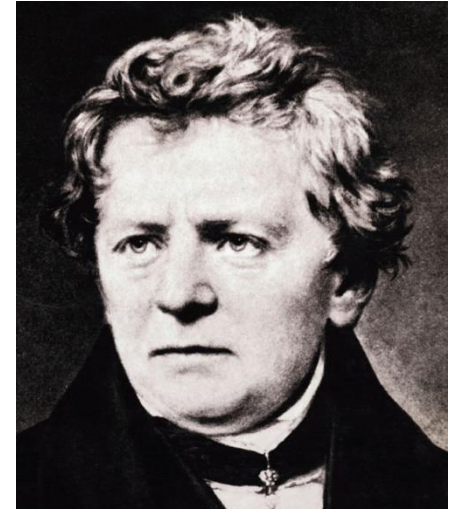
เกออร์ค ซีม็อน โอห์ม (George Simon Ohm; 1789-1854)

นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้าจนพบว่า

“ถ้าอุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้ามีค่าคงที่ อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ของปลายทั้งสองด้านของตัวนำไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เคลื่อนที่อยู่ภายในตัวนำไฟฟ้าย่อมต้องมีค่าคงที่ (หรือความต่างศักย์จะมีค่าที่แปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าด้วยค่าคงตัวค่าหนึ่ง)”

$$V \propto I \quad \frac{V}{I} = \text{constant}$$

โดยค่าคงที่ดังกล่าวคือ **ค่าความต้านทานไฟฟ้า**



ความต้านทานไฟฟ้า

- ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance, R) คือปริมาณทางไฟฟ้าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการต้านทานการไหลของประจุไฟฟ้า
- วัสดุที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง จะส่งผลทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวัสดุดังกล่าวได้น้อย
- ความต้านทานไฟฟ้า คืออัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวนำไฟฟ้าต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านตัวนำไฟฟ้างกล่าว (มีหน่วยโอห์ม Ω)

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

สภาพความต้านทานไฟฟ้า

- สภาพความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity; ρ) คือปริมาณทางไฟฟ้าที่เป็นส่วนกลับของสภาพนำไฟฟ้า (Conductivity; σ) สามารถแสดงออกได้ดังสมการ

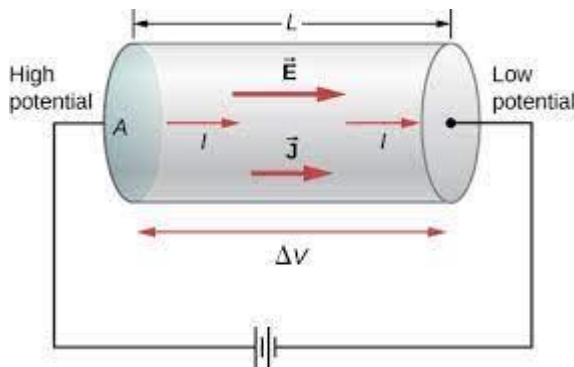
$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

- ρ มีหน่วยเป็น โอห์ม-เมตร ($\Omega \cdot m$)
- สภาพต้านทานไฟฟ้า แตกต่างจากความต้านทานไฟฟ้า เนื่องจากความต้านทานไฟฟ้าเป็นค่าเฉพาะตัวของวัตถุแต่ละชิ้น (ซึ่งมักจะมีค่าไม่เหมือนกัน) แม้ว่าวัตถุที่ต่างชิ้นกันดังกล่าวจะนำมาจากวัสดุอย่างเดียวกัน แต่สำหรับค่าสภาพต้านทานไฟฟ้านั้น วัตถุที่ทำมาจากวัสดุชนิดเดียวกันย่อมต้องมีค่าที่เท่ากันเสมอ
- สภาพต้านทานไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กับสนามไฟฟ้า E และความหนาแน่นกระแส J ดังสมการ

$$\rho = \frac{E}{J}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและสภาพต้านทาน

- พิจารณาตัวนำไฟฟ้าที่มีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกยาว L และมีพื้นที่หน้าตัด A โดยมีกระแสไฟฟ้า I เคลื่อนที่ผ่านอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งมีความต่างศักย์ V ตกคร่อมปลายทั้งสองฝั่งดังรูป



- ถ้าสนามไฟฟ้าและความหนาแน่นกระแสมีค่าคงที่ตลอดความยาวของตัวนำไฟฟ้านี้จะได้ว่า

$$E = \frac{V}{L} \quad J = \frac{I}{A}$$

- ดังนั้นจากนิยามของสภาพความต้านทานไฟฟ้าเราเขียนได้ว่า

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{V/L}{I/J} = R \frac{A}{L} \rightarrow R = \rho \frac{L}{A}$$

Material	Resistivity ^a ($\Omega \cdot \text{m}$)	Temperature Coefficient ^b α [$(^\circ\text{C})^{-1}$]
Silver	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Copper	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Gold	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Aluminum	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungsten	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Iron	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Platinum	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}
Lead	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Nichrome ^c	1.00×10^{-6}	0.4×10^{-3}
Carbon	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Germanium	0.46	-48×10^{-3}
Silicon ^d	2.3×10^3	-75×10^{-3}
Glass	10^{10} to 10^{14}	
Hard rubber	$\sim 10^{13}$	
Sulfur	10^{15}	
Quartz (fused)	75×10^{16}	

ตัวอย่างที่ 5.3 ลวดทองแดงเส้นหนึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 2.0 mm

หากกำหนดให้มีกระแสไหลผ่าน 1.8 A จงหา

ก) ขนาดของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในลวดทองแดงเส้นนี้

ข) ความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุดบนเส้นลวดที่อยู่ห่างกัน (ตามแนวเส้นลวด) เป็นระยะ 50 m

ค) ความต้านทานของลวดทองแดงเส้นนี้ในกรณีที่มีความยาว 50 m

สัมประสิทธิ์อุณหภูมิกับสภาพความต้านทาน

สภาพความต้านทานของตัวนำไฟฟ้าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิแบบเชิงเส้น
เสมอ ดังสมการ

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

เมื่อ ρ_0 คือ สภาพความต้านทานไฟฟ้า ณ อุณหภูมิอ้างอิง
 T_0 คือ อุณหภูมิอ้างอิง
 α คือ สัมประสิทธิ์เชิงอุณหภูมิของสภาพความต้านทาน $^{\circ}\text{C}^{-1}$

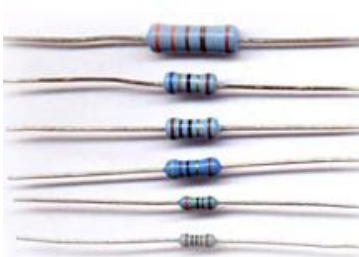
เนื่องจาก
$$\rho = R \frac{A}{L}$$

ดังนั้น
$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

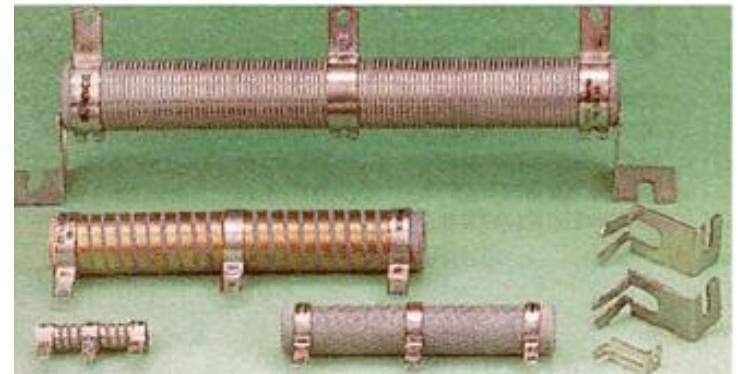
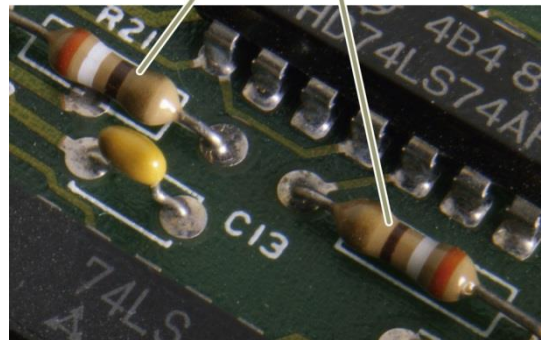
ตัวอย่างที่ 5.4 ลวดเหล็กเส้นหนึ่งมีความต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ $15\ \Omega$ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จงหาความต้านทานไฟฟ้าของลวดเหล็กเส้นนี้ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

ตัวต้านทาน

- **ตัวต้านทาน (Resistor)** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า นิยมนำมาประกอบในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ตัวต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้า ทำหน้าที่ลดแรงดัน และจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวต้านทานมีรูปแบบและขนาดแตกต่างกันตามลักษณะของการใช้งาน นอกจากนี้ยังแบ่งออกเป็นชนิดค่าคงที่และชนิดปรับค่าได้

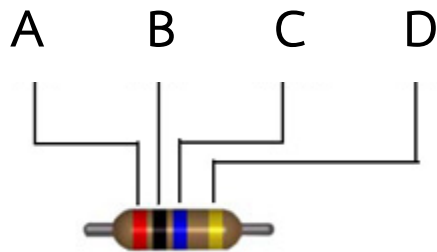


The colored bands on these resistors are orange, white, brown, and gold.

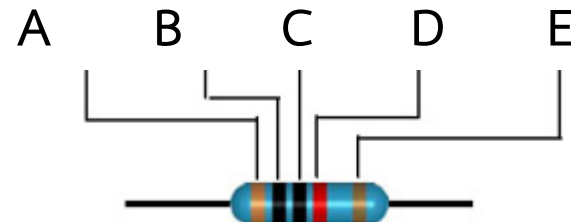


การอ่านค่าค่าความต้านทานไฟฟ้า

- ในการระบุค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวต้านทานโดยส่วนใหญ่จะใช้รหัสแถบสีหรืออาจจะพิมพ์ค่าติดไว้บนตัวต้านทาน ถ้าเป็นการพิมพ์ค่าติดไว้บนตัวต้านทานมักเป็นตัวต้านทานที่มีประสิทธิภาพสูงและมักใช้งานกับอุปกรณ์ที่ต้องการกำลังไฟฟ้ามาก แต่สำหรับตัวต้านทานทั่วไปมักใช้รหัสแถบสี ซึ่งที่นิยมใช้คือแบบ 4 แถบสี และ 5 แถบสี



$$R = AB \times 10^C \pm D\%$$



$$R = ABC \times 10^D \pm E\%$$

การอ่านค่าค่าความต้านทานไฟฟ้า

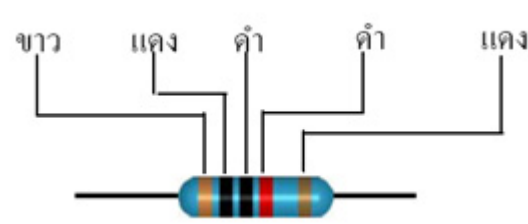
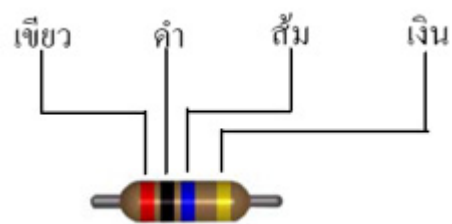
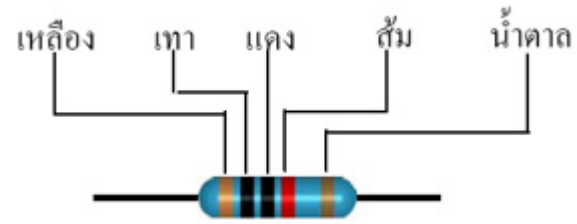
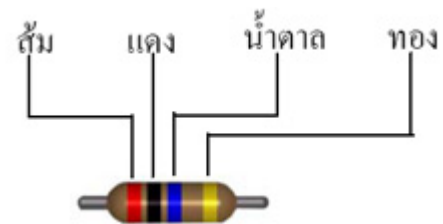
รหัส 4 แถบสี

รหัสสี (Color Code)	แถบสีที่ 1 ตำแหน่ง 1	แถบสีที่ 2 ตำแหน่ง 2	แถบสีที่ 3 ตัวคูณ	แถบสีที่ 4 เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
ดำ	0	0	1	20%(M)
น้ำตาล	1	1	10	1%(F)
แดง	2	2	100	2%(G)
ส้ม	3	3	1,000	-
เหลือง	4	4	10,000	-
เขียว	5	5	100,000	0.5%(D)
น้ำเงิน	6	6	1,000,000	0.25%(C)
ม่วง	7	7	-	0.1%(B)
เทา	8	8	-	0.05%(A)
ขาว	9	9	-	-
ทอง	-	-	0.1	5%(J)
เงิน	-	-	0.01	10%(K)

รหัส 5 แถบสี

รหัสสี (Color Code)	แถบสีที่ 1 ตำแหน่งที่ 1	แถบสีที่ 2 ตำแหน่งที่ 2	แถบสีที่ 3 ตำแหน่งที่ 3	แถบสีที่ 4 ตัวคูณ ตัวเต็ม 0	แถบสีที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ผิดพลาด
ดำ	0	0	0	1	-
น้ำตาล	1	1	1	10	1%(F)
แดง	2	2	2	100	2%(G)
ส้ม	3	3	3	1,000	-
เหลือง	4	4	4	10,000	-
เขียว	5	5	5	100,000	0.5%(D)
น้ำเงิน	6	6	6	1,000,000	0.25%(C)
ม่วง	7	7	7	-	0.1%(B)
เทา	8	8	8	-	0.05%(A)
ขาว	9	9	9	-	-
ทอง	-	-	-	0.1	-
เงิน	-	-	-	0.01	-

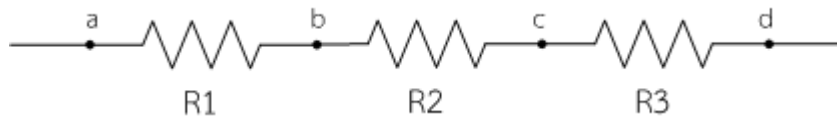
ตัวอย่างที่ 5.5 จงหาค่าความต้านทาน



การต่อตัวต้านทาน

มี 2 รูปแบบ ได้แก่ การต่อแบบอนุกรม (series) และ การต่อแบบขนาน (parallel)

- การต่อแบบอนุกรม (กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวแบบเท่ากัน)



A circuit diagram showing the two resistors connected in series to a battery

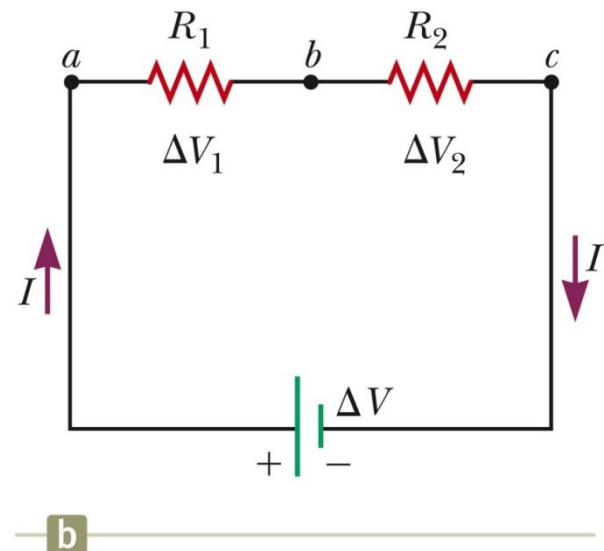
$$V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$$

ดังนั้น

$$IR_{total} = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3$$

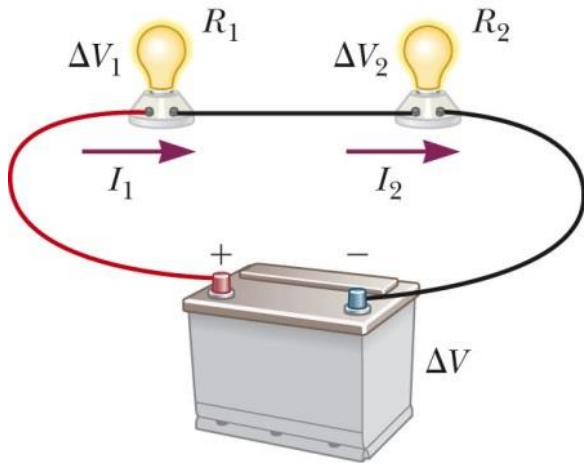
$$R_{total} = \sum_{i=1}^n R_i$$



การต่อตัวต้านทาน

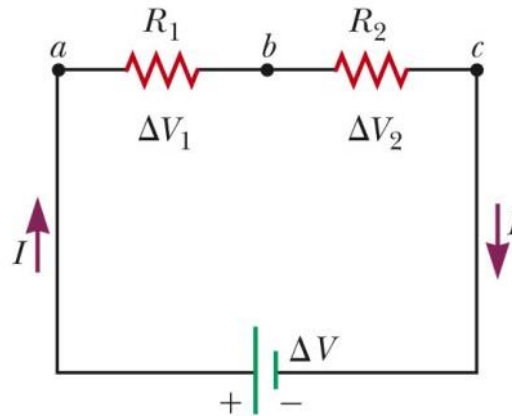
- การต่อแบบอนุกรม (กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวแบบเท่ากัน)

A pictorial representation of two resistors connected in series to a battery



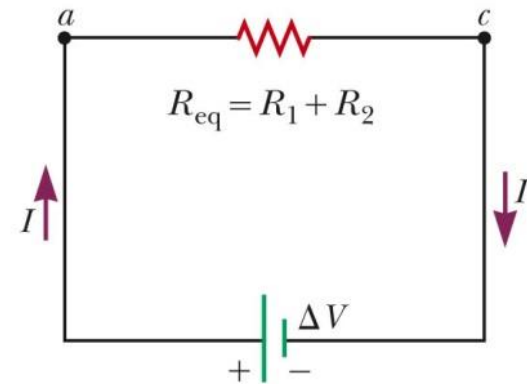
a

A circuit diagram showing the two resistors connected in series to a battery



b

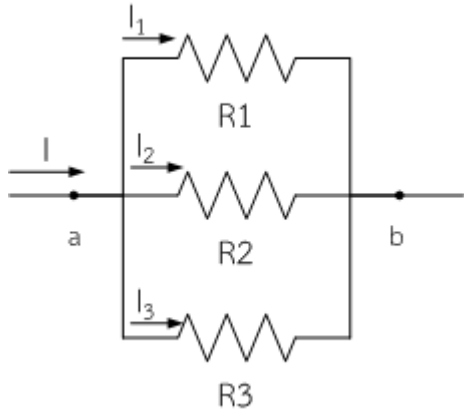
A circuit diagram showing the equivalent resistance of the resistors in series



c

การต่อตัวต้านทาน

- การต่อแบบขนาน (ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากัน)



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad I_2 = \frac{V}{R_2} \quad I_3 = \frac{V}{R_3}$$

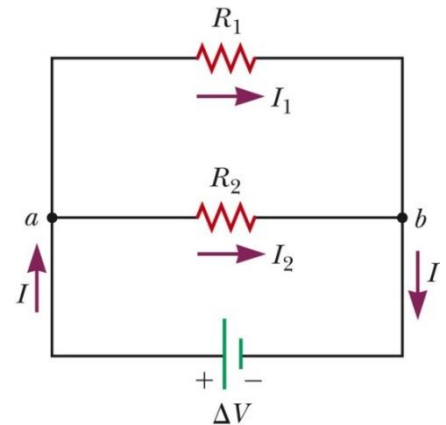
ดังนั้น

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

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

A circuit diagram showing the two resistors connected in parallel to a battery

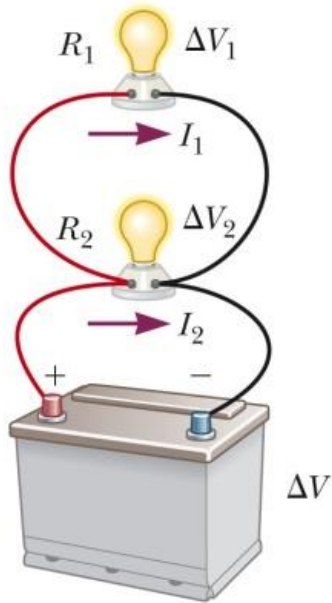


b

การต่อตัวต้านทาน

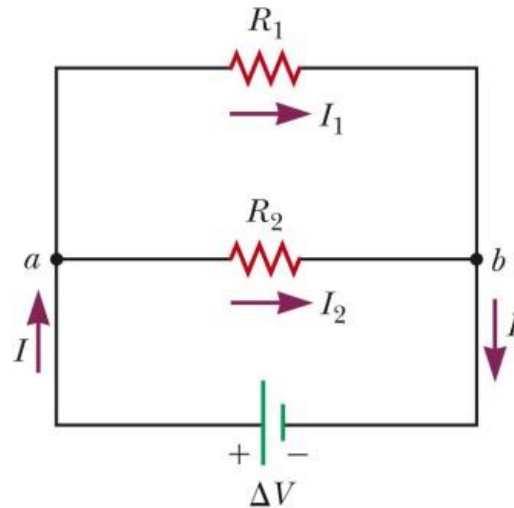
- การต่อแบบขนาน (ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากัน)

A pictorial representation of two resistors connected in parallel to a battery



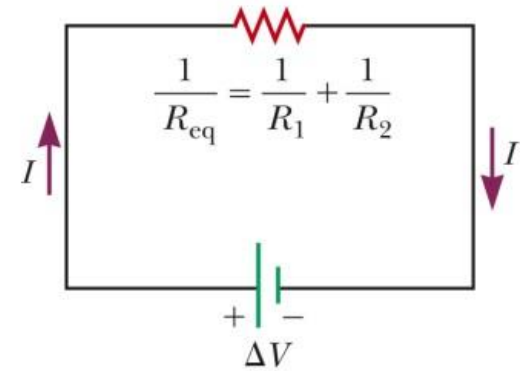
a

A circuit diagram showing the two resistors connected in parallel to a battery



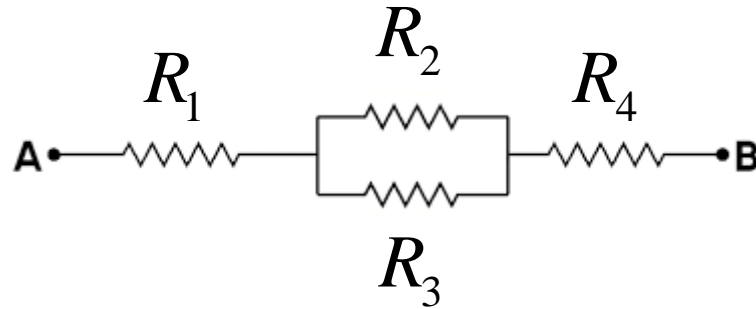
b

A circuit diagram showing the equivalent resistance of the resistors in parallel



c

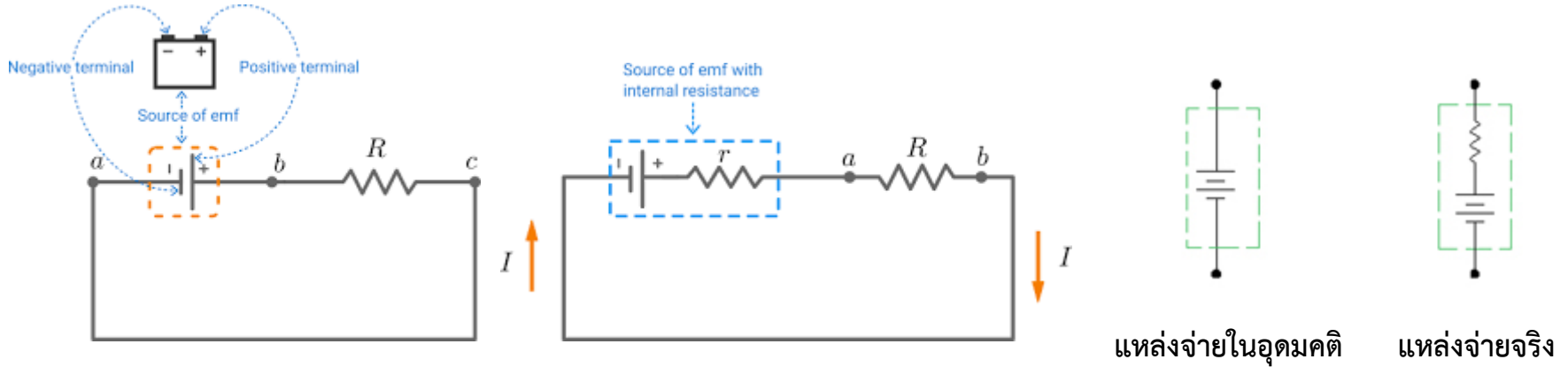
ตัวอย่างที่ 5.6 จงหาความต้านทานรวมภายในวงจรดังรูป เมื่อกำหนดให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไฟฟ้าทุกตัวมีค่าเท่ากับ $5\ \Omega$ เท่ากัน



วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

- วงจรไฟฟ้ากระแสตรง (direct current circuits) หมายถึงวงจรไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (หรือกระแสไฟฟ้าไหลไปในทางเดียวกันตลอดเวลา) ได้แก่ วงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน เส้นลวด (ที่มักกำหนดให้มีค่าความต้านทานที่น้อยมากจนไม่นำมาคิดคำนวณ) และแหล่งจ่ายแรงดัน (หรือแบตเตอรี่) เท่านั้น
- กระแสไฟฟ้าที่เคลื่อนที่อยู่ภายในวงจรใดๆ จะถูกสร้างขึ้นมาจากแหล่งกำเนิดที่สามารถรักษาความต่างศักย์ระหว่างสองจุดใดๆ ในวงจรให้มีขนาดเท่าเดิมได้เสมอ ซึ่งมักเรียกแหล่งกำเนิดดังกล่าวว่าแหล่งกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (source of electromotive force) โดยใช้สัญลักษณ์ \mathcal{E} และตัวย่อที่มักใช้คือ emf

วงจรไฟฟ้ากระแสตรง



- แหล่งกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าทุกชนิดย่อมมีความต้านทานภายใน (r) เสมอ
- ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า คืองานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุขนาด 1 หน่วย ผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไฟฟ้า

$$\mathcal{E} = \frac{W}{q}$$

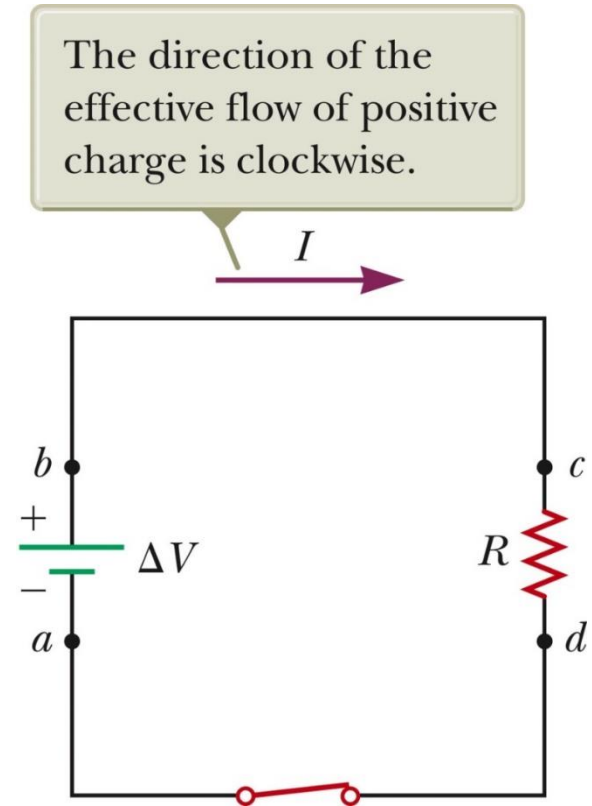
กำลังไฟฟ้า (Electrical Power)

กำลังไฟฟ้า (Electrical power) คือปริมาณทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่บ่งบอกถึงแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์ไฟฟ้าต้องการในการทำงาน ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าคูณกับกระแสไฟฟ้า ใช้สัญลักษณ์ P และมีหน่วย วัตต์ (Watt; W)

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

ในทางเชิงกล กำลังไฟฟ้ามักถูกวัดเป็นหน่วยของ แรงม้า (HP, Horse Power) โดยที่ $1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$ ดังสมการ

$$P = \frac{W}{t}$$



กำลังไฟฟ้า (Electrical Power)

$$P = \frac{W}{t} \quad \mathcal{E} = \frac{W}{q}$$

ดังนั้น $\mathcal{E} = \frac{P \cdot t}{q}$

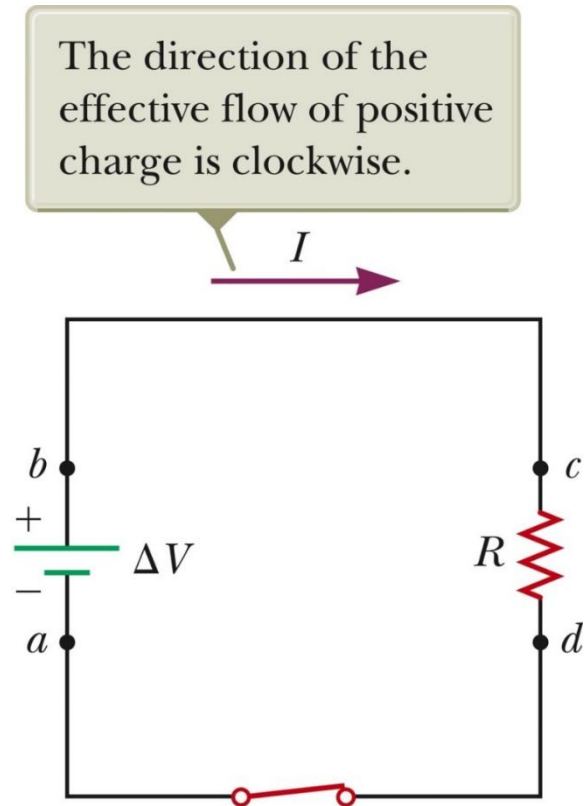
เนื่องจาก $q = It$ จึงได้ว่า $P = \mathcal{E}I$

จากกฎของโอห์ม $P = VI = I^2 R$

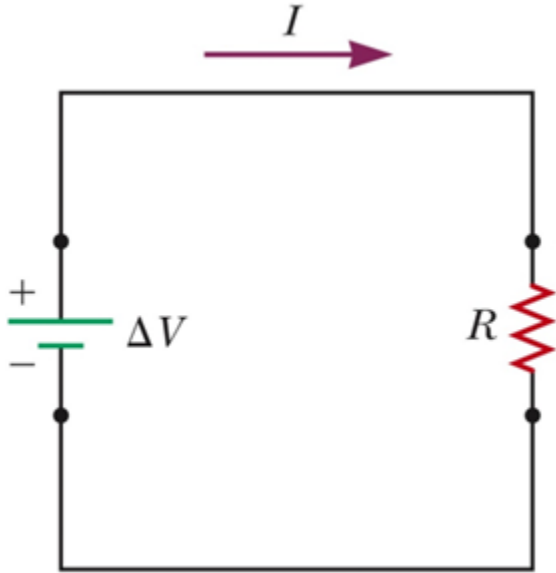
$$\mathcal{E}I = I^2 R + I^2 r$$

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

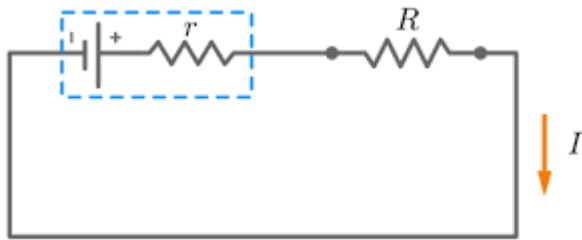
→ สมการวงจรไฟฟ้า (Circuit Equation)



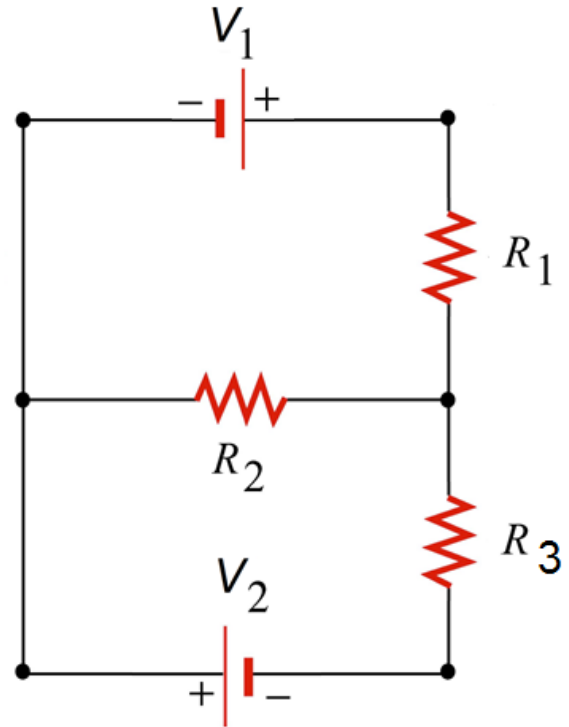
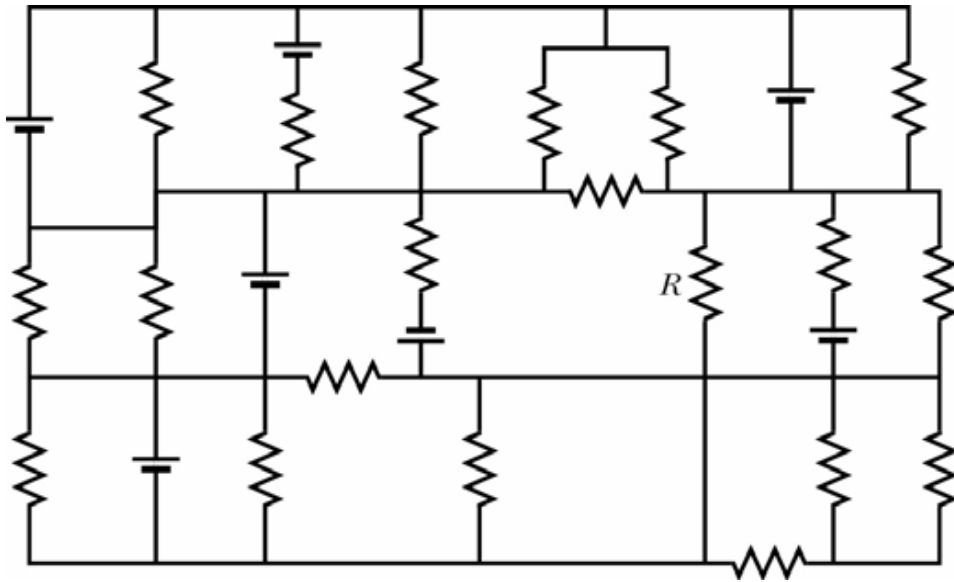
ตัวอย่างที่ 5.7 จงหากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทาน R ที่มีขนาด $500\ \Omega$ ดังรูป เมื่อมีกระแสไฟฟ้าขนาด 20 mA ไหลผ่านอย่างสม่ำเสมอ



ตัวอย่างที่ 5.8 ถ้าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับ $1,000\ \Omega$ และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าขณะที่ยังไม่ต่อกับวงจรภายนอกมีค่า $100\ \text{V}$ เมื่อต่อวงจรกับตัวต้านทานขนาด $500\ \Omega$ แล้วจัดรูป จงหากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ไหลภายในวงจรนี้

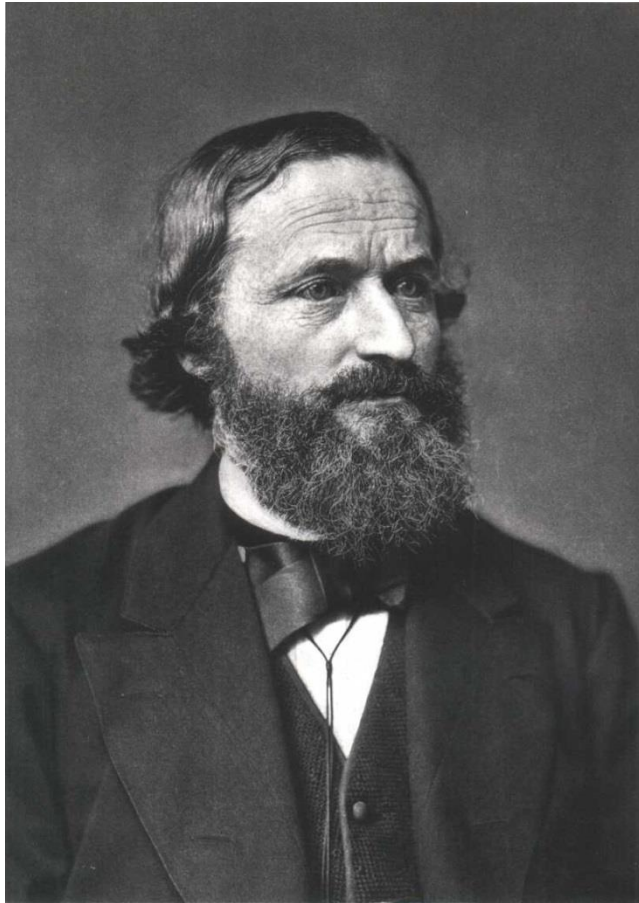


กฎของเคิร์ชฮอฟฟ์ (Kirchhoff's law)

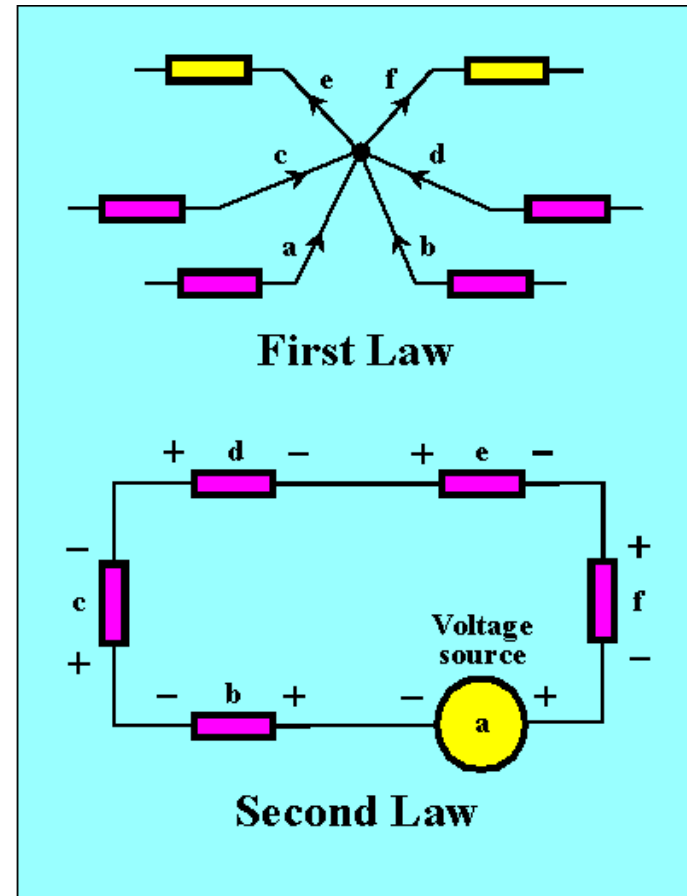


“สามารถใช้กฎของโอห์มกับวงจรที่มีหลายลูป (loop) ตั้งวงจรตัวอย่างข้างบนได้หรือไม่”

กฎของเคิร์ชฮอฟฟ์ (Kirchhoff's law)



Gustav Kirchhoff (1824-1887)



Kirchhoff's circuit rules

กฎของเคิร์ชฮอฟฟ์ (Kirchhoff's law)

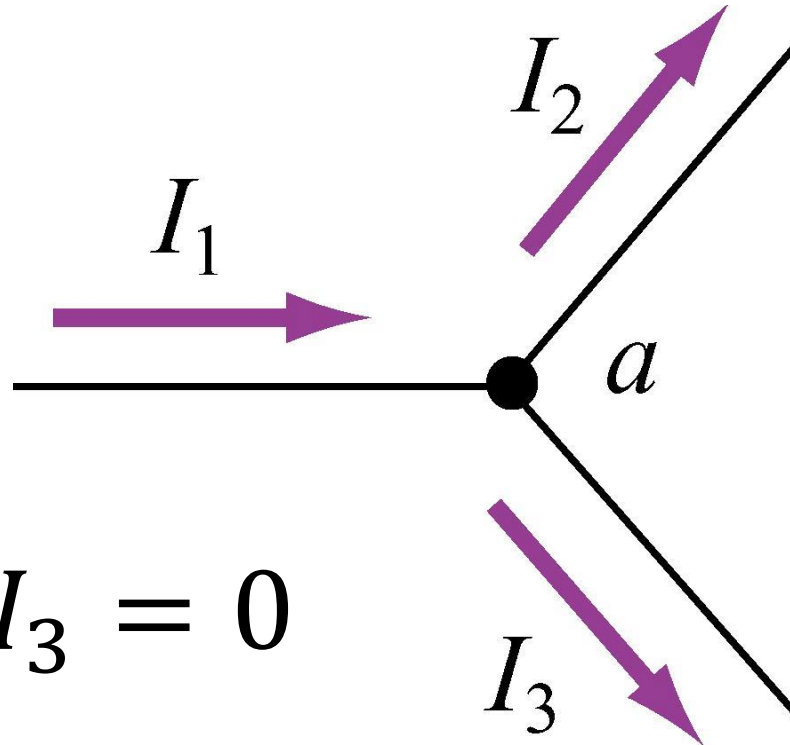
1. กฎเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า (Kirchhoff's Current Law, KCL)

มีใจความว่า “ผลบวกทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้าผ่านจุดแยกใดๆ มีค่าเท่ากับศูนย์เสมอ”

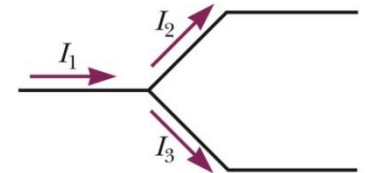
$$\sum I = 0$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

JUNCTION RULE

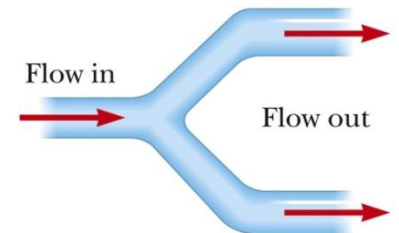


The amount of charge flowing out of the branches on the right must equal the amount flowing into the single branch on the left.



a

The amount of water flowing out of the branches on the right must equal the amount flowing into the single branch on the left.



b

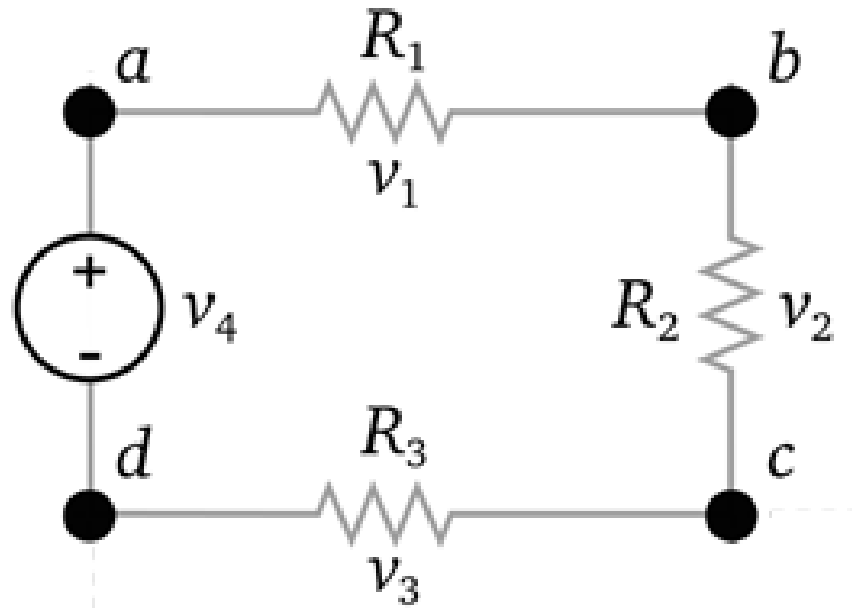
กฎของเคิร์ชฮอฟฟ์ (Kirchhoff's law)

2. กฎเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้า (Kirchhoff's Voltage Law, KVL)

มีใจความว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมส่วนต่างๆ ในวงปิดใดๆ มีค่าเท่ากับศูนย์เสมอ”

$$\sum \Delta V = 0$$

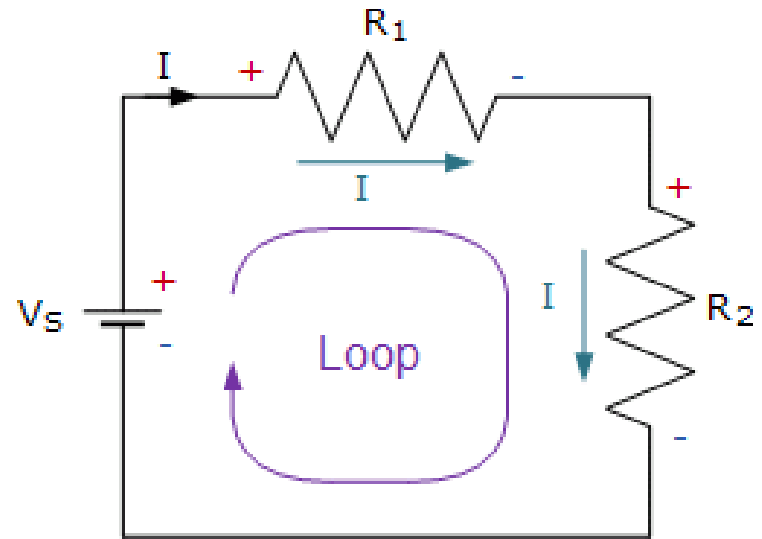
$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 0$$



LOOP RULE

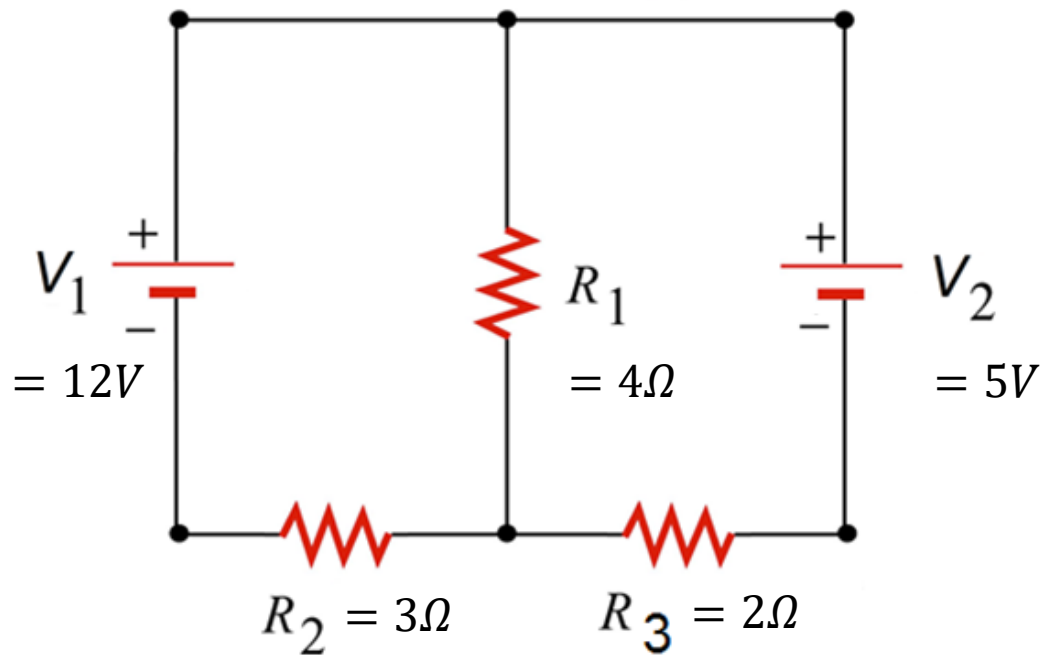
กฎของเคิร์ชฮอฟฟ์ (Kirchhoff's law)

“กำหนดเส้นทางการวิเคราะห์ตามความเหมาะสม”

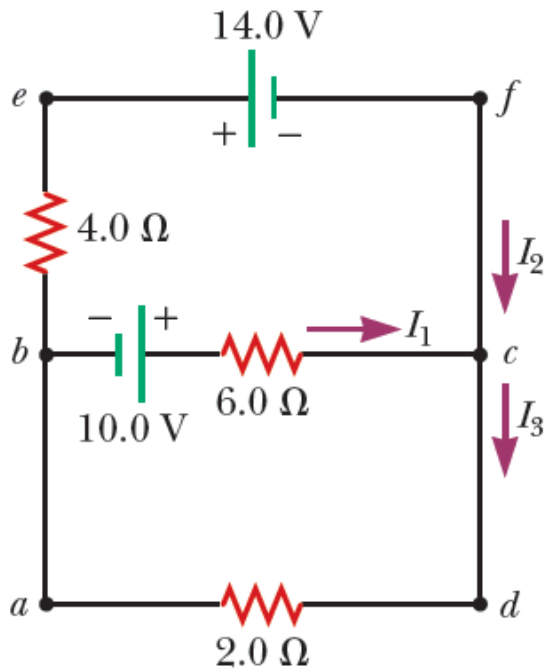


<p>travel direction →</p> <p>higher V</p> <p>lower V</p> <p>a b</p> <p>$\Delta V = V_b - V_a = -IR$</p>	<p>travel direction →</p> <p>lower V</p> <p>higher V</p> <p>a b</p> <p>$\Delta V = V_b - V_a = +IR$</p>
<p>travel direction →</p> <p>lower V</p> <p>higher V</p> <p>a b</p> <p>$\Delta V = V_b - V_a = +V$</p>	<p>travel direction →</p> <p>higher V</p> <p>lower V</p> <p>a b</p> <p>$\Delta V = V_b - V_a = -V$</p>

ตัวอย่างที่ 5.9 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว



ตัวอย่างที่ 5.10 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว



พลังงานไฟฟ้า (Electric Energy)

■ Kilowatt Hour Meter

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณไฟฟ้าที่อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดใช้ไป หรือใช้วัดปริมาณไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้ โดยจะคิดในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็น วัตต์ - ชั่วโมง (Watt-hour)

$$W = P \times t$$

■ การคิดค่ากระแสไฟฟ้า



โดยทั่วไปมักคิดจากหน่วยกิโลวัตต์ - ชั่วโมง (KW-h) หรือยูนิต โดยกำหนดให้

$$1,000 \text{ W} - \text{h} = 1 \text{ Unit} \quad \text{หรือ} \quad 1 \text{ KW-h} = 1 \text{ Unit}$$

หรือพลังงานไฟฟ้าอาจวัดเป็นหน่วย จูล (J) เมื่อ $1 \text{ J} = 1 \text{ วัตต์} - \text{วินาที}$

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้น } 1\text{Wh (1 วัตต์-ชั่วโมง)} &= 1 \text{ W} \times 3600 \text{ วินาที} \\ &= 3600 \text{ W} - \text{s (วัตต์ - วินาที)} \end{aligned}$$

$$3600 \text{ W} - \text{s} = 3600 \text{ J}$$

ตัวอย่างที่ 5.11 หากใช้งานเตารีดขนาด 750 W วันละ 10 ชั่วโมงทุกวันนาน 30 วัน จะต้องเสียค่าไฟฟ้ากี่บาท ถ้ากำหนดให้ค่าไฟฟ้ามีราคาหน่วยละ 1.50 บาท

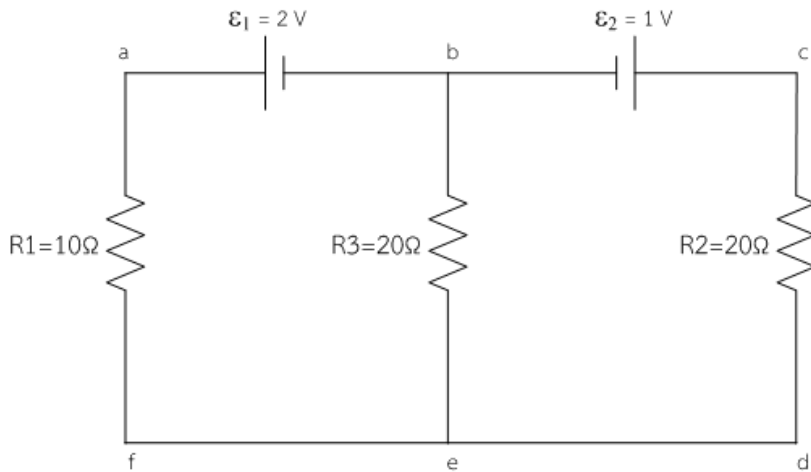
ตัวอย่างที่ 5.12 บ้านหลังหนึ่งมีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ดังต่อไปนี้

มอเตอร์ปั้มน้ำ	ขนาด	1.5 แรงม้า	ใช้งานวันละ 2 ชั่วโมง
กาต้มน้ำร้อน	ขนาด	750 วัตต์	ใช้งานวันละ 5 ชั่วโมง
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	ขนาด	1000 วัตต์	ใช้งานวันละ 0.5 ชั่วโมง
ตู้เย็น	ขนาด	150 วัตต์	ใช้งานวันละ 15 ชั่วโมง
โทรทัศน์	ขนาด	70 วัตต์	ใช้งานวันละ 5 ชั่วโมง

จงหาว่าภายใน 1 เดือน (30 วัน) จะต้องเสียค่าไฟฟ้ากี่บาท ถ้ากำหนดให้ค่าไฟฟ้ามีราคาหน่วยละ 4 บาท

การบ้านครั้งที่ 5

ข้อที่ 1 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว



ข้อที่ 3 ลวดความร้อนขนาด 220V ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนในอัตรา 1500 J/s จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดนี้

ข้อที่ 2 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

