

ภาพจาก http://www.photogangs.com/webboard/uploads/monthly_02_2009/post-605-1235158681.jpg

Electricity ไฟฟ้า

เอ่ออาร์ กัลดทานนท์

กระแสไฟฟ้า

นิยามของกระแสไฟฟ้า (I) คือ ปริมาณประจุไฟฟ้า ที่ผ่านพื้นที่ภาคตัด ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ “อัตราการไหลของประจุผ่านพื้นที่หน้าตัดหนึ่งๆ”

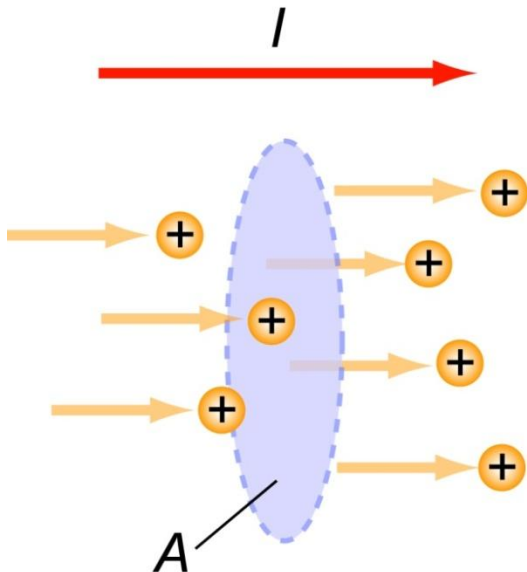
ขนาดของกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย

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

ปริมาณประจุ

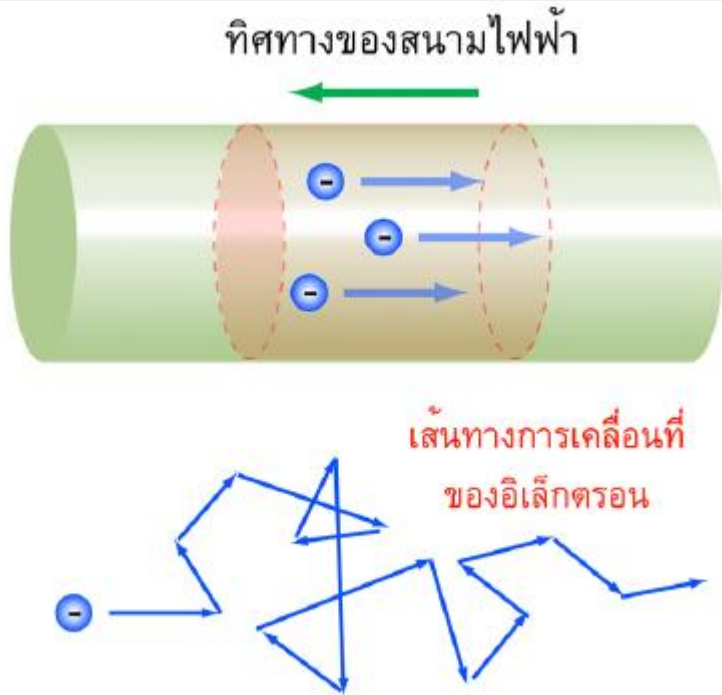
เวลา

หน่วยคือคูลอมบ์ต่อวินาที (C/s) หรือแอมแปร์ (A) $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$



อังเดร แอมแปร์ (Andre Ampere)

ความต้านทานและกฎของโอห์ม



ประจุไฟฟ้าพวกนี้เคลื่อนที่อย่างไร?

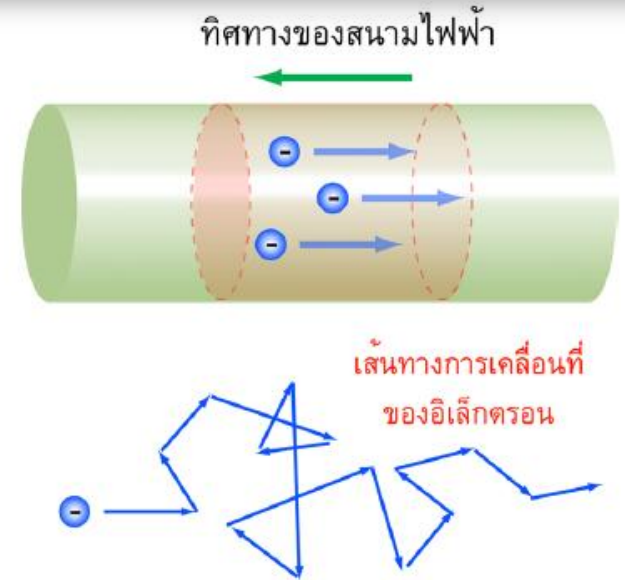
อิเล็กตรอนไม่ได้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตามตัวนำ แต่มันจะเคลื่อนที่ชนกันเองภายในอะตอมของตัวนำ ผลของการชนกันทำให้การเคลื่อนที่ของมันมีทิศไม่แน่นอน

แต่โดยรวมแล้วเหมือนกับว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปตามตัวนำ (ทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า) ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง

เกิดเป็น “ความต้านทานไฟฟ้านั่นเอง”

ความต้านทานและกฎของโอห์ม

เนื่องจากประจุในตัวนำไม่สามารถเคลื่อนที่ได้
อย่างเป็นอิสระ เราสามารถเรียกการต่อต้านการ
ไหลของกระแสไฟฟ้าของตัวนำได้ว่า “**ความ
ต้านทานไฟฟ้า**” (resistance)



จากการทดลองพบว่า **กระแส** แปรผันตรงกับ **ความต่างศักย์**

กฎของโอห์ม
(Ohm's law)

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

ความต้านทาน

R มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm) ใช้สัญลักษณ์ Ω

$$1 \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

กำลังไฟฟ้า (Power; P)

กำลังไฟฟ้า

$$P = \frac{W}{t} = \frac{NqV}{t} = \frac{QV}{t} = IV$$

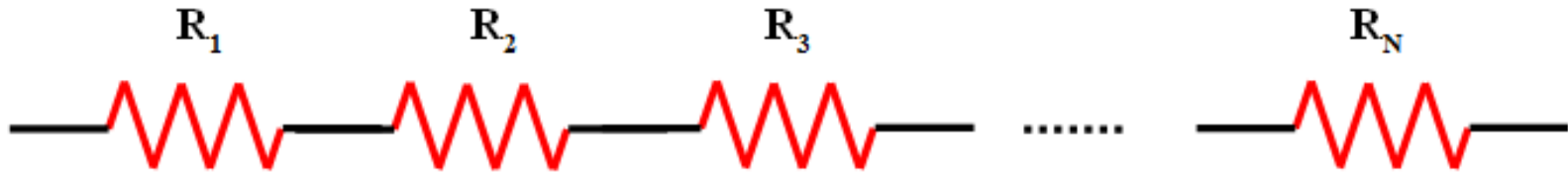
จากกฎของโอห์ม ทำให้ได้ความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้

กำลังไฟฟ้า

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

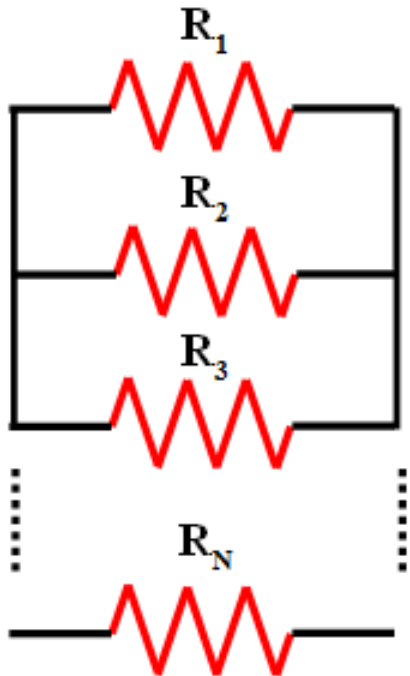
การต่อความต้านทาน

การต่อความต้านทานแบบอนุกรม



ความต้านทานรวม (R_{tot})

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$



การต่อความต้านทานแบบขนาน

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

ความต้านทานรวม (R_{tot})

วงจรไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E)

วงจรไฟฟ้า

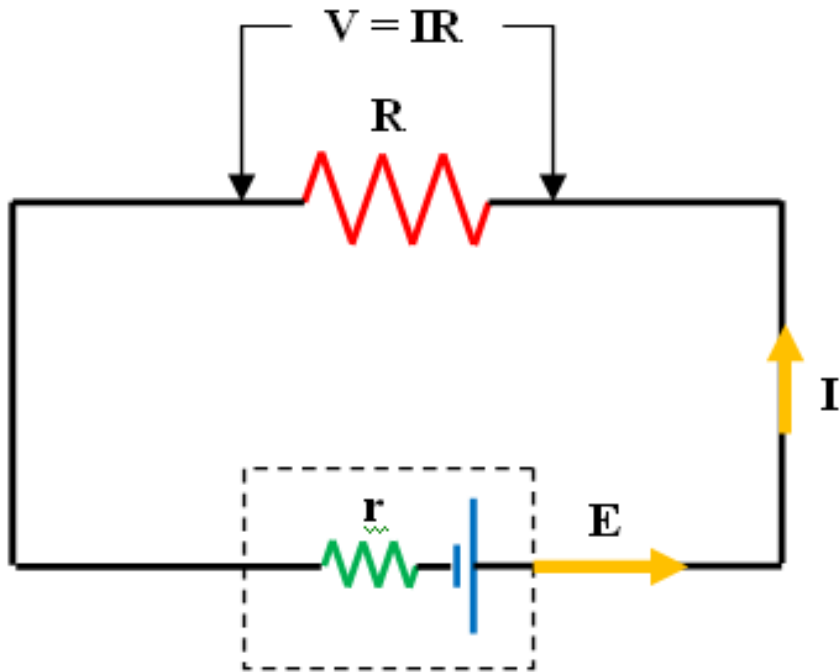
ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าต่อกับความต้านทานภายนอก (R) ,
อุปกรณ์ไฟฟ้า

แรงเคลื่อนไฟฟ้า (E) ของแหล่งกำเนิด

คือ พลังงานที่แหล่งกำเนิดจ่ายให้กับอนุภาคไฟฟ้า 1 คูลอมป์
เคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด

Single loop

วงจรไฟฟ้า



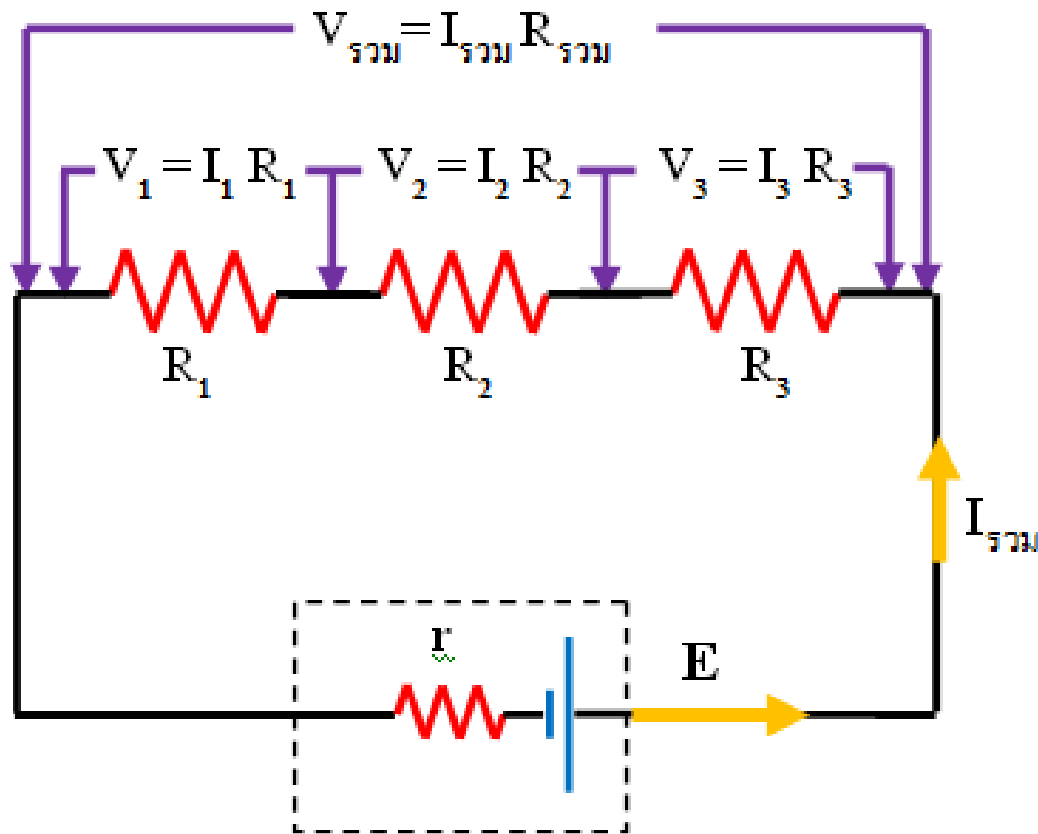
จากกฎอนุรักษ์พลังงาน แสดงว่า

$$E = IR + Ir$$

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

Single loop

การต่อวงจรแบบอนุกรม



จากกฎของโอห์ม

$$V_1 = I_1 R_1$$

$$V_2 = I_2 R_2$$

$$V_3 = I_3 R_3$$

$$V_{\text{รวม}} = I_{\text{รวม}} R_{\text{รวม}}$$

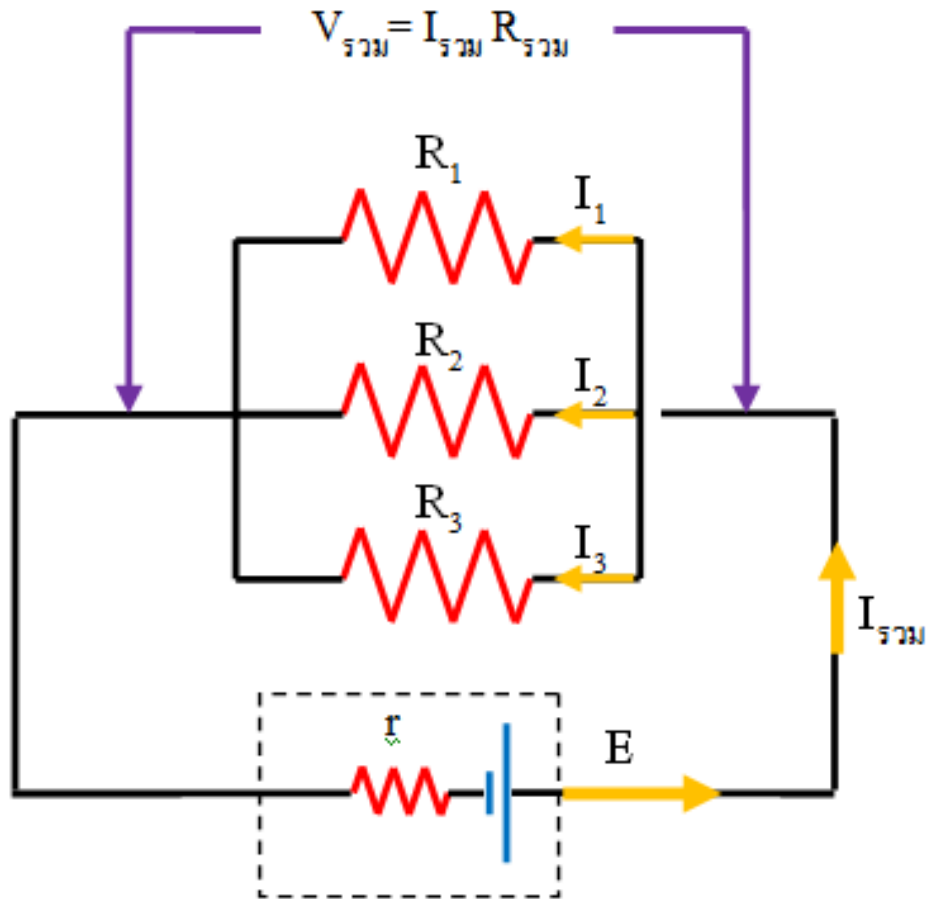
$$V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I_{\text{รวม}} = I_1 = I_2 = I_3$$

$$R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Single loop

การต่อวงจรแบบขนาน



จากกฎของโอห์ม

$$V_1 = I_1 R_1$$

$$V_2 = I_2 R_2$$

$$V_3 = I_3 R_3$$

$$V_{\text{รวม}} = I_{\text{รวม}} R_{\text{รวม}}$$

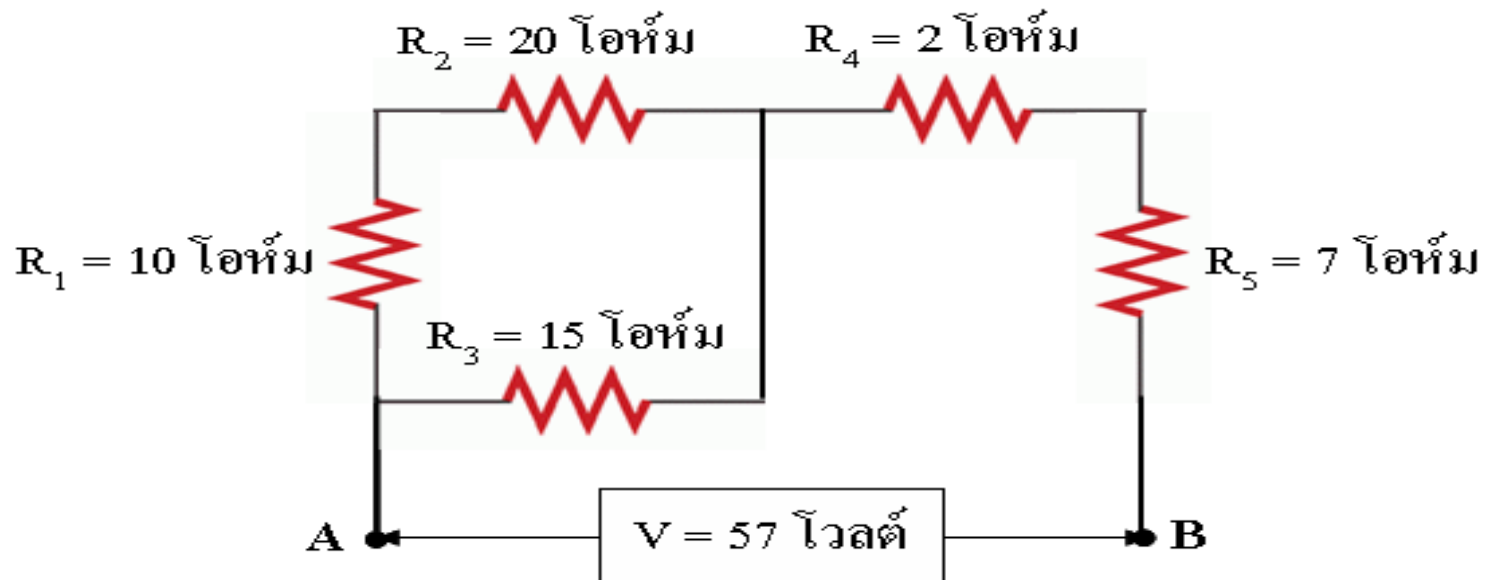
$$V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_{\text{รวม}} = I_1 + I_2 + I_3$$

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

Single loop

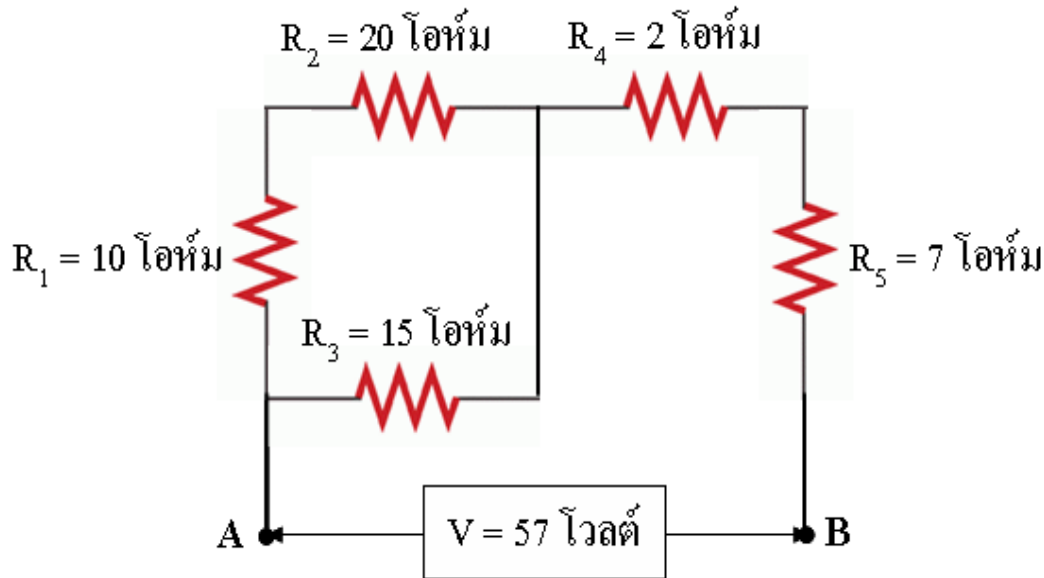
ตัวอย่าง จากรูป แสดงการต่อตัวต้านทาน 5 ตัว แล้วต่อเข้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้า 57 โวลต์



จงหาค่า ความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้า, ค่ากระแสไฟฟ้ารวม และ กำลังไฟฟ้าของความต้านทาน 2 โอห์ม

Single loop

ตัวอย่าง



ความต้านทาน R_1 ต่ออนุกรมกับ R_2

$$R' = R_1 + R_2 = 10 + 20 = 30 \text{ } \Omega$$

และ R' ต่อขนานกับ R_3

$$\frac{1}{R''} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{30} + \frac{1}{15} = \frac{3}{30}$$

$$R'' = 10 \text{ } \Omega$$

และ R'' ต่ออนุกรมกับ R_4 และ R_5 จะได้ว่า

$$R''' = R'' + R_4 + R_5 = 10 + 2 + 7 = 19 \text{ } \Omega$$

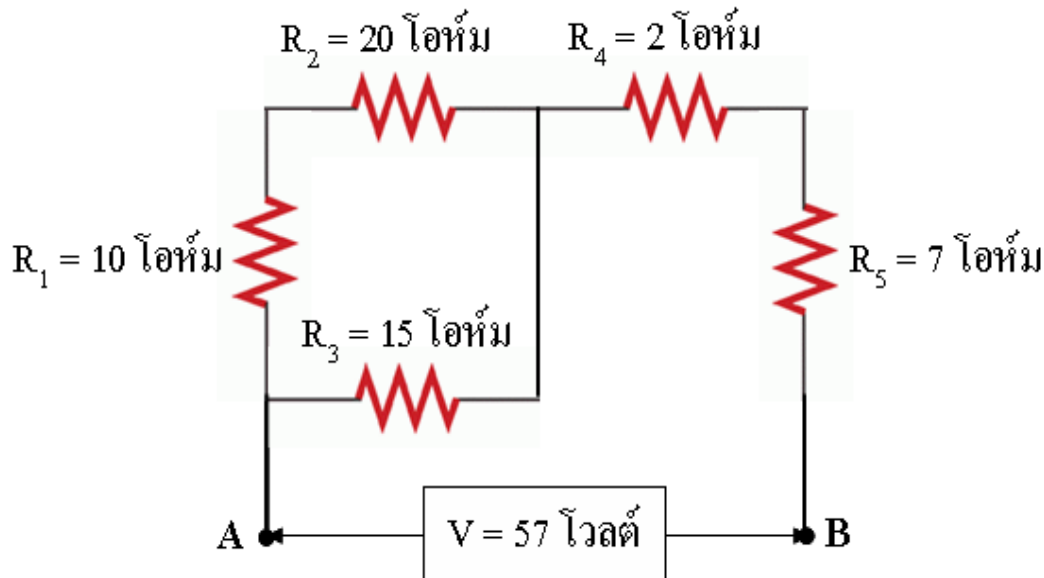
และ R''' คือ ความต้านทานรวมในวงจร

ดังนั้นความต้านทานรวมในวงจร มีค่าเท่ากับ 19 โอห์ม

Ans

Single loop

ตัวอย่าง



ความต้านทานรวม = 19 โอห์ม
และ ต่อเข้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้า
57 โวลต์

จากกฎของโอห์ม $V = IR$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{57}{19} = 3 \text{ A}$$

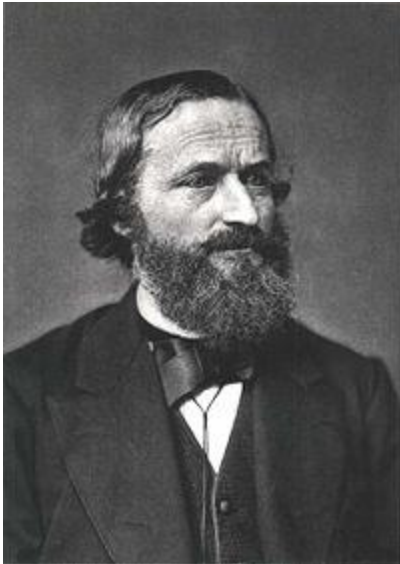
ดังนั้นกระแสไฟฟ้ารวมในวงจร คือ 3 แอมแปร์ **Ans**

จากกำลังไฟฟ้า $P = IV = I^2 R \rightarrow \therefore P = 3^2 \times 2 = 18 \text{ W}$

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของความต้านทาน 2 โอห์ม มีค่าเท่ากับ 18 วัตต์ **Ans**

Multi loop / Electric Network

ในกรณีที่วงจรไฟฟ้ามีตัวต้านทานหลายตัวต่อเข้าด้วยกันในลักษณะที่ไม่สามารถยุบวงจรโดยอาศัยรูปแบบการต่ออนุกรมและขนานได้โดยง่ายแล้วเราจะวิเคราะห์วงจรได้อย่างไร??



Gustav Robert Kirchhoff

กฎของเคอร์ชอฟ

Kirchhoff's Rules

Multi loop / Electric Network

กฎของเคอร์ชอฟ (Kirchhoff's Rules)

ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่สลับซับซ้อน กฎของเคอร์ชอฟซึ่งใช้
หลักการอนุรักษ์พลังงาน และ หลักอนุรักษ์ประจุ

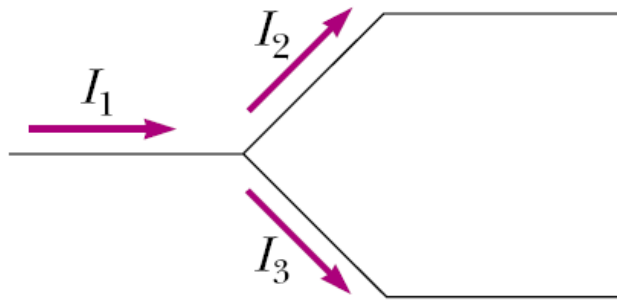
เมื่อเคลื่อนที่ครบรอบกลับมาที่
จุดเริ่มต้น พลังงานรวมที่จุดเริ่มต้น
จะมีค่าเท่าเดิม

ทุกประจุที่เข้าที่ตำแหน่งๆ หนึ่งจะต้อง
ออกจากที่ตำแหน่งนั้นด้วยปริมาณที่
เท่ากัน เพราะประจุไม่มีการสะสม

1. **Junction Rule** : ที่จุดใด ๆ ในวงจร ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่เข้าจุดนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์ (คิดกระแสเข้าเป็นบวก กระแสออกเป็นลบ)
2. **Loop Rule** : ผลรวมของความต่างศักย์ในวงจรปิดใดๆ มีค่าเป็นศูนย์

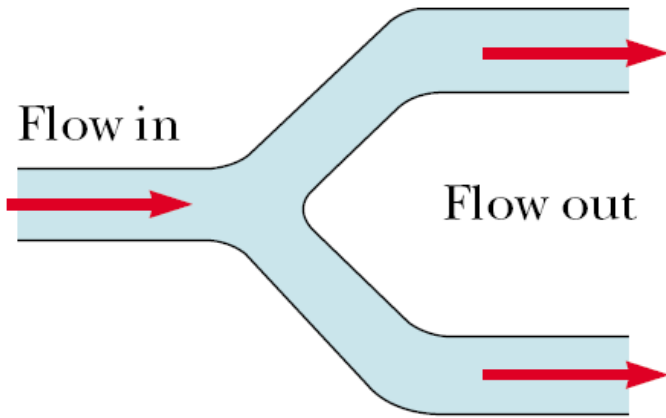
Multi loop / Electric Network

กฎของเคอร์ชอฟ (Kirchhoff's Rules)



(a)

Junction Rule : ที่จุดใด ๆ ในวงจร ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่เข้าจุดนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์ (คิดกระแสเข้าเป็นบวก กระแสออกเป็นลบ)



(b)

$$\sum I = 0$$
$$\sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}}$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

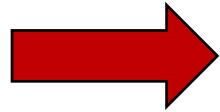
คล้ายกับการที่น้ำไหลเข้าต้องไหลออกด้วยปริมาณที่เท่ากัน

Multi loop / Electric Network

กฎของเคอร์ชอฟ (Kirchhoff's Rules)

Loop Rule : ผลรวมของความต่างศักย์ในวงจรปิดใดๆ มีค่าเป็นศูนย์

$$\sum E = \sum V$$



$$\sum_{\text{closed loop}} \Delta V = 0$$

สิ่งที่ต้องทำและสำคัญมากๆ คือการกำหนดทิศการไหลของกระแสไฟฟ้าใน loop ปิด (ตามเข็มหรือทวนเข็ม) เขียนทิศกระแสที่ผ่านตัวต้านทานในวงจร

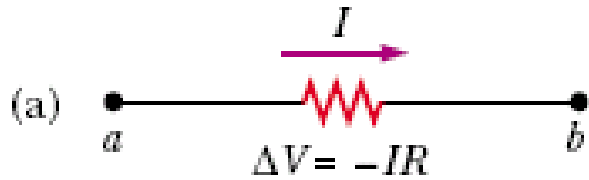


เลือกอย่างไรก็ได้

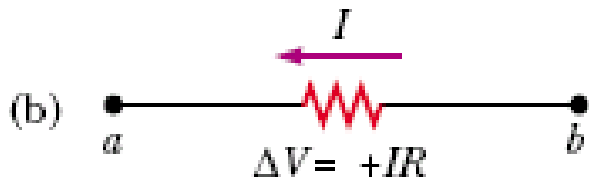
แต่ต้องไม่เปลี่ยนแปลง

Multi loop / Electric Network

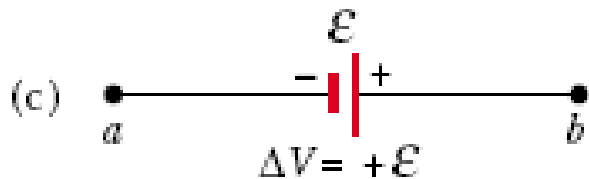
สิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อพิจารณาความต่างศักย์ระหว่างจุด a และ b



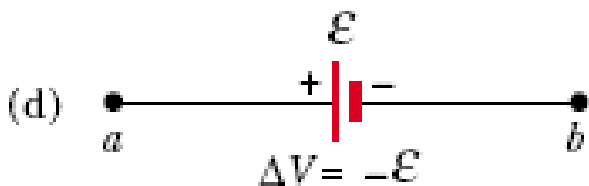
เมื่อกระแสกับทิศที่เลือกไปทางเดียว ความต่างศักย์คร่อม $\Delta V = -IR$



เมื่อกระแสกับทิศที่เลือกไปคนละทางกัน ความต่างศักย์คร่อม $\Delta V = -IR$



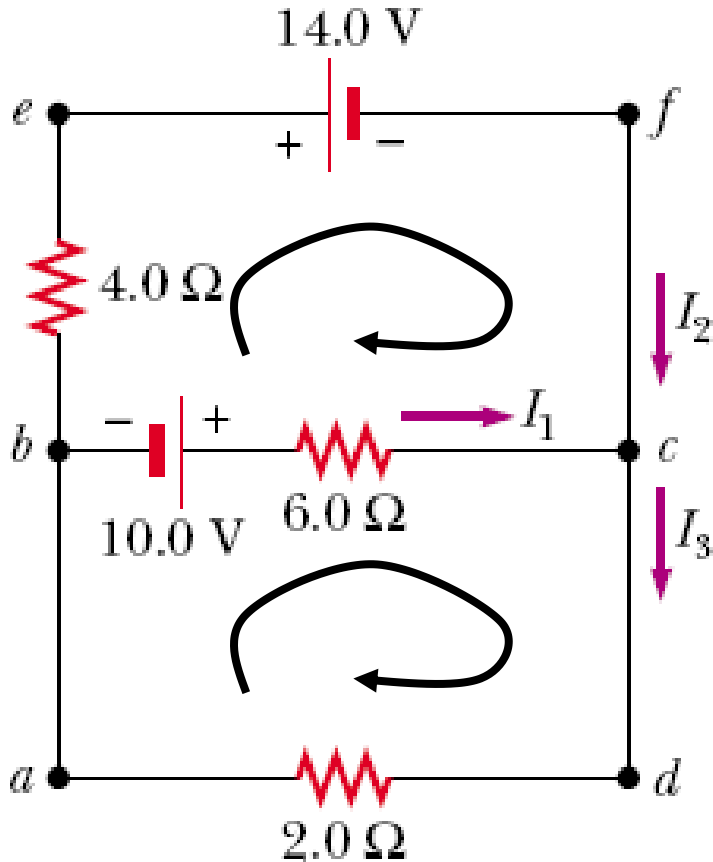
เมื่อ EMF กับทิศที่เลือกไปทิศเดียวกัน (จากลบไปบวก) ความต่างศักย์คร่อม $\Delta V = +\mathcal{E}$



เมื่อ EMF กับทิศที่เลือกไปคนละทิศกัน (จากบวกไปลบ) ความต่างศักย์คร่อม $\Delta V = -\mathcal{E}$

Multi loop / Electric Network

ตัวอย่าง: หากระแส I_1 , I_2 และ I_3 ดังแสดงในรูป



$$I_3 = I_1 + I_2 \quad (1)$$

$$\text{abcda} \quad 10 - 6I_1 - 2I_3 = 0 \quad (2)$$

$$\text{befcb} \quad -14 + 6I_1 - 10 - 4I_2 = 0$$

แทน (1) ลงใน (2) แล้วแก้สมการ

$$I_1 = 2 \text{ A}$$

$$I_2 = -3 \text{ A}$$

$$I_3 = -1 \text{ A}$$

แสดงว่า I_2 และ I_3
ไหลในทิศตรงกัน
ข้ามกับในรูป