

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

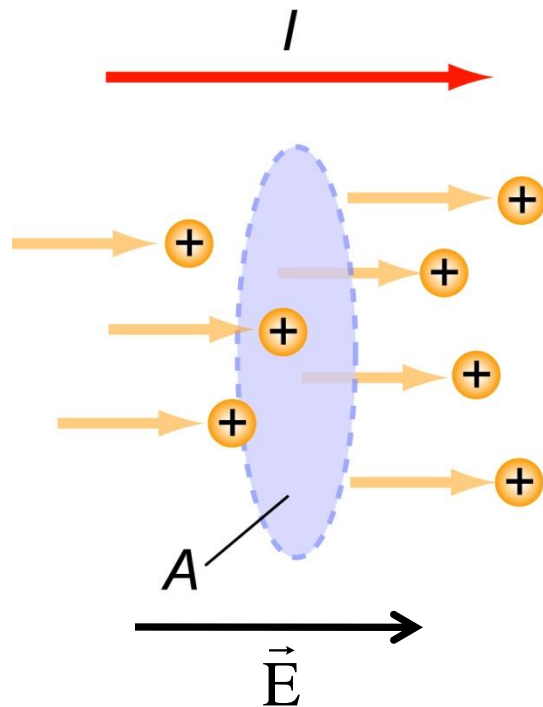
Electricity ไฟฟ้า

เอ๋ออาร์ กัลดทานนท์

กระแสไฟฟ้า

พิจารณาในกรณีที่ประจุเคลื่อนที่ (หรือไม่อยู่ในสภาวะสมดุล)

กระแสไฟฟ้า (electric current) เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคไฟฟ้าเคลื่อนที่ หรือ ไอออนที่เคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้า (\vec{E})



ประจุไฟฟ้าพวกนี้เคลื่อนที่ได้ได้อย่างไร?

ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้เพราะมีสนามไฟฟ้าอยู่ภายในตัวนำ (อยู่ในสภาวะที่ไม่สมดุลทางไฟฟ้า เพราะที่ปลายทั้งสองมีศักย์ไฟฟ้า)

ทิศของกระแสไฟฟ้ากำหนดให้เป็น
ทิศที่ประจุบวกเคลื่อนที่

กระแสไฟฟ้า

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

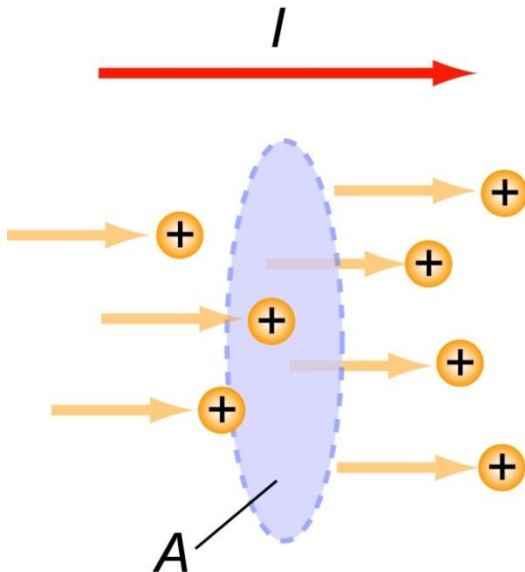
ขนาดของกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย

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

ปริมาณประจุ

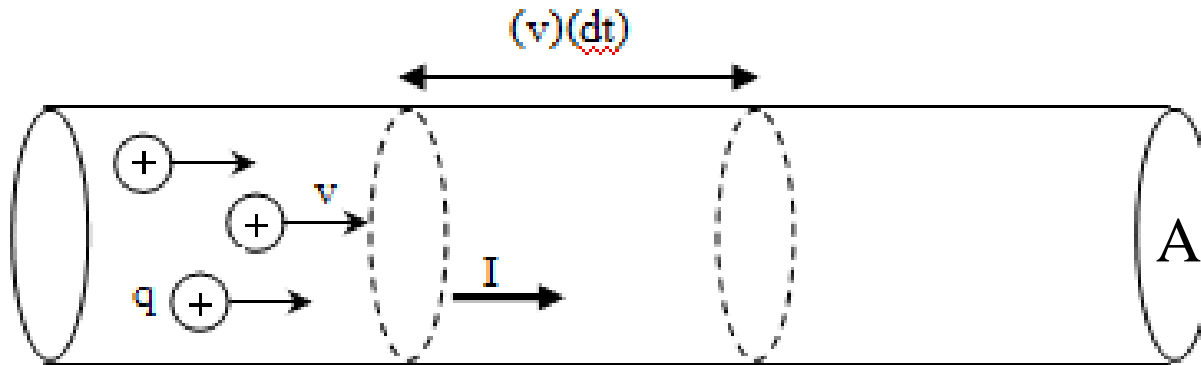
เวลา

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



อังเดร แอมแปร์ (Andre Ampere)

กระแสไฟฟ้าในตัวนำ ซึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวางสม่ำเสมอ



พิจารณากรณีที่ประจุเคลื่อนที่ในตัวนำ ซึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวางสม่ำเสมอ

กระแสไฟฟ้า

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{nqA(v)(dt)}{dt} = nqvA$$

เมื่อ n คือ ความหนาแน่นของประจุ

v คือ อัตราเร็วของอนุภาคไฟฟ้า เรียกว่า อัตราเร็วลอยเลื่อนของประจุ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดตัวนำ

ความหนาแน่นของกระแส (Current density)

ความหนาแน่นของกระแส (J) คือ ปริมาณกระแสต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

$$J = \frac{I}{A} = nqv$$

หน่วยของความหนาแน่นของกระแส คือ แอมแปร์ต่อตารางเมตร (A / m^2)

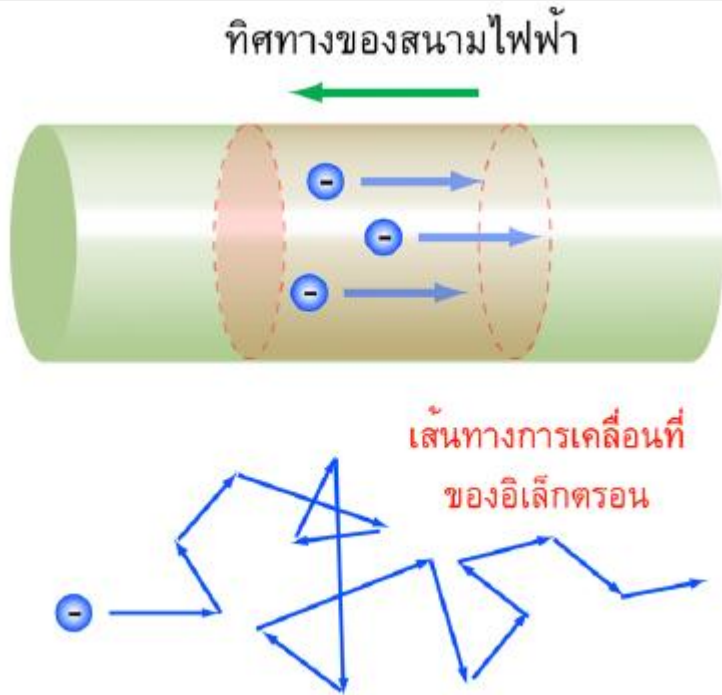
ความหนาแน่นของกระแสเป็นปริมาณเวกเตอร์

ความหนาแน่นของกระแสมีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$I = \int \vec{J} \cdot \hat{e}_n dA$$

เมื่อ \hat{e}_n คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่ตั้งฉากกับพื้นที่ dA

ความต้านทานและกฎของโอห์ม



ประจุไฟฟ้าพวกนี้เคลื่อนที่อย่างไร?

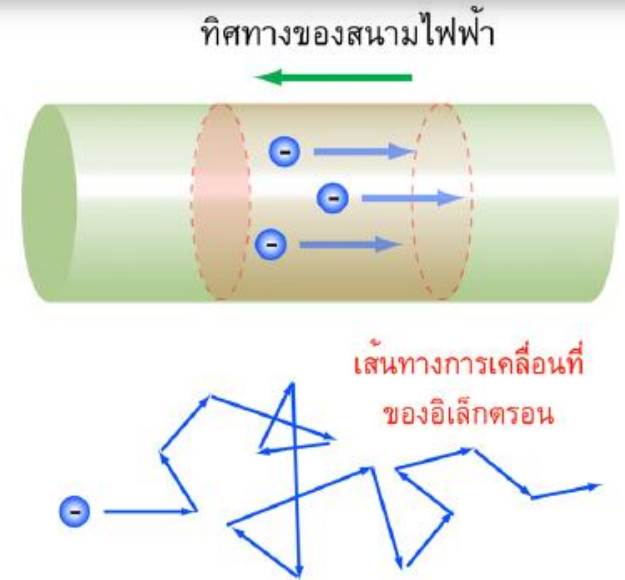
อิเล็กตรอนไม่ได้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตามตัวนำ แต่มันจะเคลื่อนที่ชนกันเองภายในอะตอมของตัวนำ ผลของการชนกันทำให้การเคลื่อนที่ของมันมีทิศไม่แน่นอน

แต่โดยรวมแล้วเหมือนกับว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปตามตัวนำ (ทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า) ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง

เกิดเป็น “ความต้านทานไฟฟ้าตัวเอง”

ความต้านทานและกฎของโอห์ม

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



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

กฎของโอห์ม
(Ohm's law)

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

ความต้านทาน

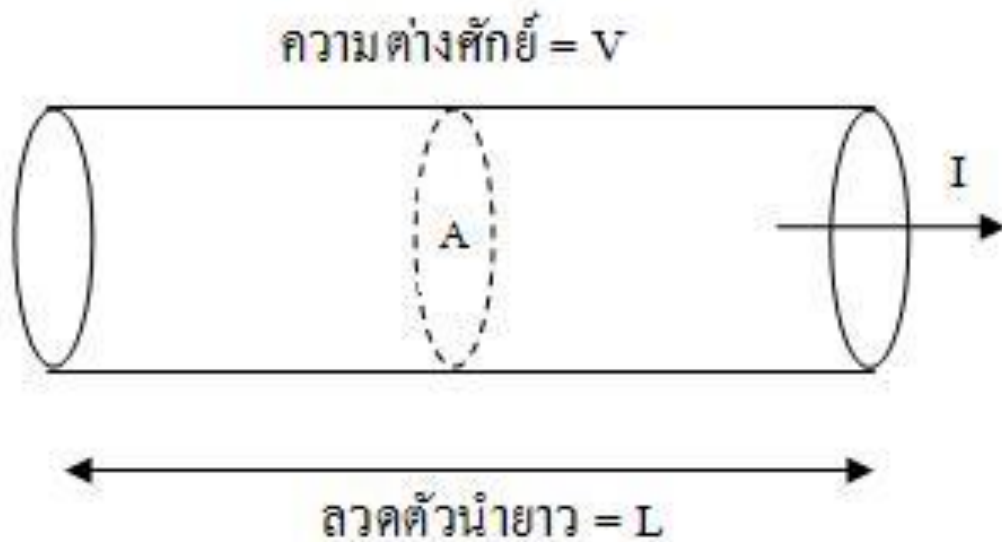
R มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm) ใช้สัญลักษณ์ Ω

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

ความต้านทานและสภาพต้านทาน

ในลวดตัวนำ ค่าของความต้านทานอาจจะขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำไฟฟ้า
- ความยาว (ยาวมากความต้านทานก็มาก)
- พื้นที่ตัดขวางของตัวนำ (พื้นที่มากความต้านทานจะน้อยลง)

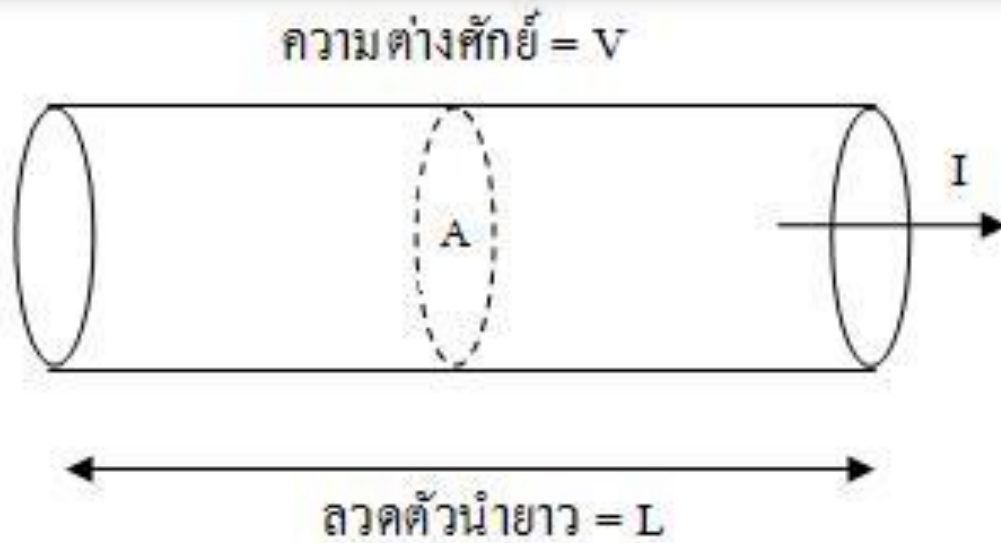


$$R \propto \frac{L}{A}$$

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

ρ เรียกว่า สภาพต้านทาน

ความต้านทานและสภาพต้านทาน



$$R \propto \frac{L}{A}$$

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

โดย ρ คือ ค่าคงตัวการแปรผัน หรือเรียกว่าเป็น **สภาพต้านทาน**

มีหน่วยเป็น โอห์มเมตร ($\Omega \cdot m$)

ไม่ขึ้นกับขนาด ความยาว หรือพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ

แต่ขึ้นกับชนิดของตัวนำ

ความนำไฟฟ้า และ สภาพนำไฟฟ้า

ความนำไฟฟ้า (G) คือ ส่วนกลับของ ความต้านทานไฟฟ้า

$$G = \frac{1}{R}$$

มีหน่วยเป็น 1/โอห์ม หรือ Siemens, S

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กับขนาดของสนามไฟฟ้า ดังนี้

$$J = \frac{LE}{RA} = \sigma E$$

เรียก σ ว่า สภาพนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

มีหน่วยเป็นซีเมนส์ต่อเมตร (S / m)

สภาพนำไฟฟ้า (σ) คือ ส่วนกลับของ สภาพต้านทานไฟฟ้า

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าความต้านทาน

ในโลหะบริสุทธิ์ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ
ที่อุณหภูมิสูงค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้น

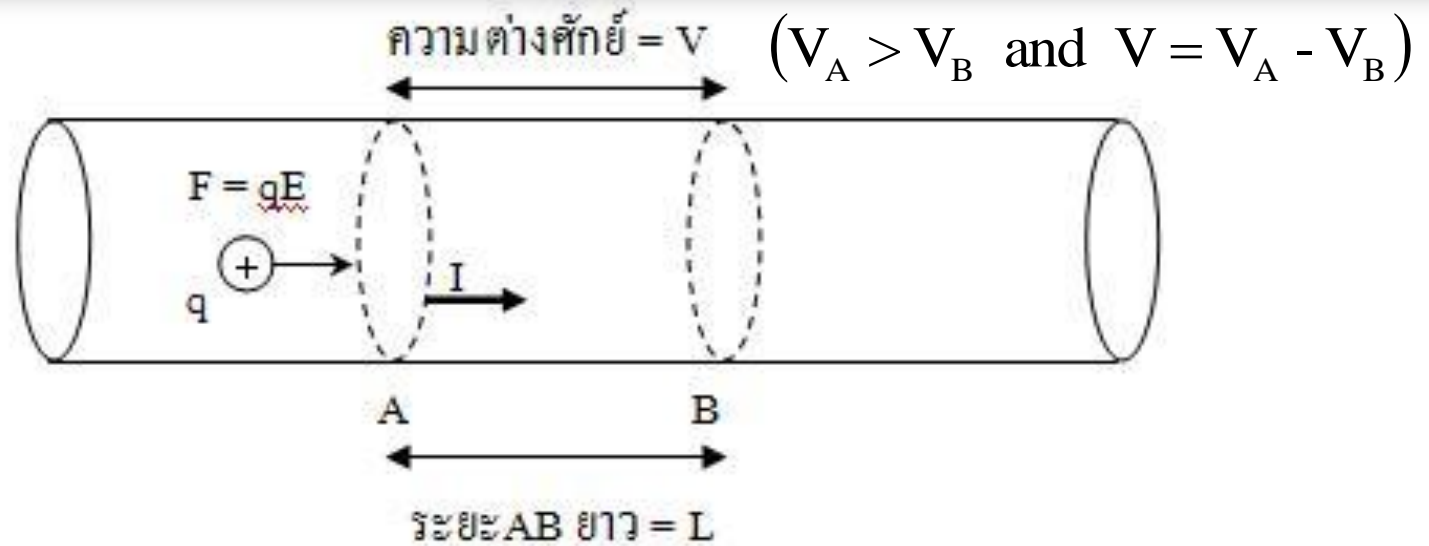
ซึ่งมีความสัมพันธ์กันตามสมการ

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

โดย α คือสัมประสิทธิ์อุณหภูมิความต้านทาน มีหน่วยเป็น $1 / ^\circ\text{C}$

ในขณะที่โลหะผสมค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

กำลังไฟฟ้า (Power; P)



อนุภาคไฟฟ้า $+q$ มีพลังงาน = qV

อนุภาคไฟฟ้า N ตัว เคลื่อนที่จาก A ไป B ใช้เวลา t

กำลังไฟฟ้า

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

หน่วยเป็นวัตต์ Watt (W) (หรือ จูล/วินาที (J/s))

กำลังไฟฟ้า (Power; P)

กำลังไฟฟ้า

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

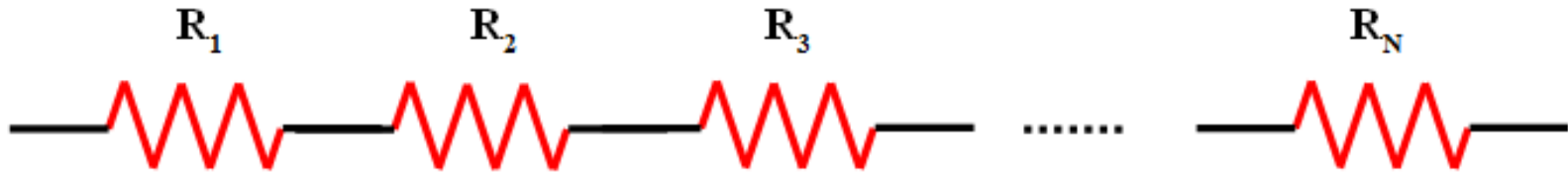
จากกฎของโอห์ม ทำให้ได้ความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้

กำลังไฟฟ้า

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

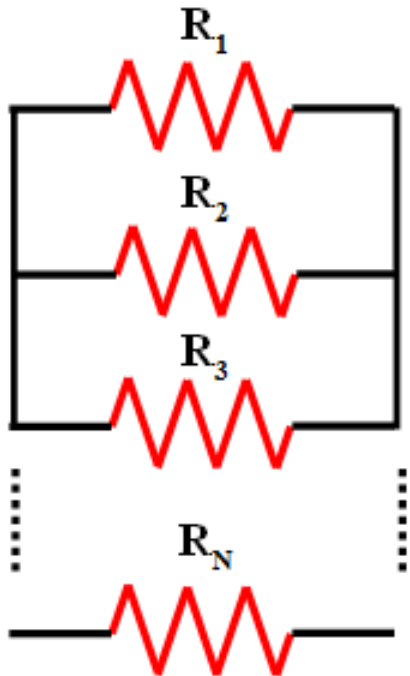
การต่อความต้านทาน

การต่อความต้านทานแบบอนุกรม



ความต้านทานรวม (R_{tot})

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



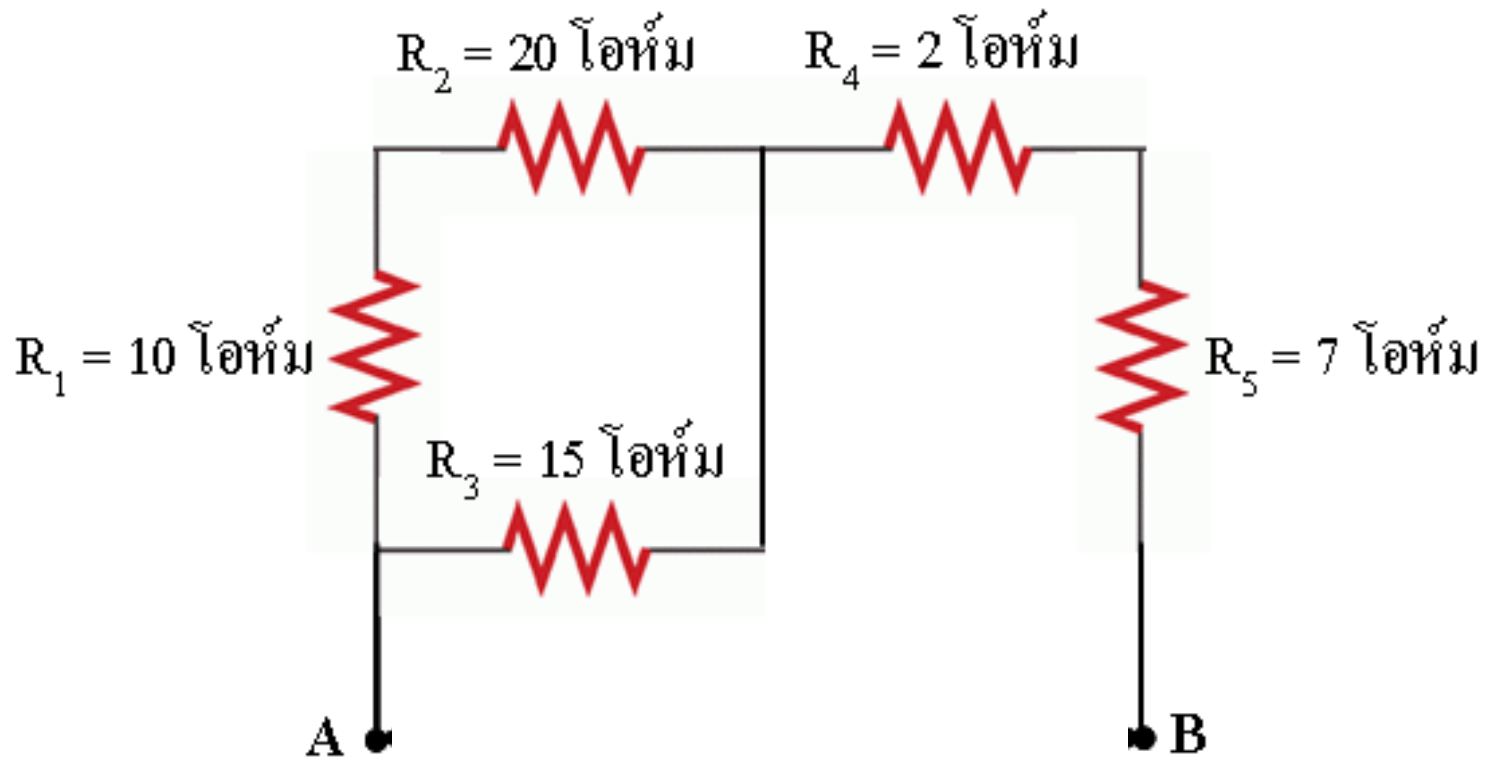
การต่อความต้านทานแบบขนาน

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

ความต้านทานรวม (R_{tot})

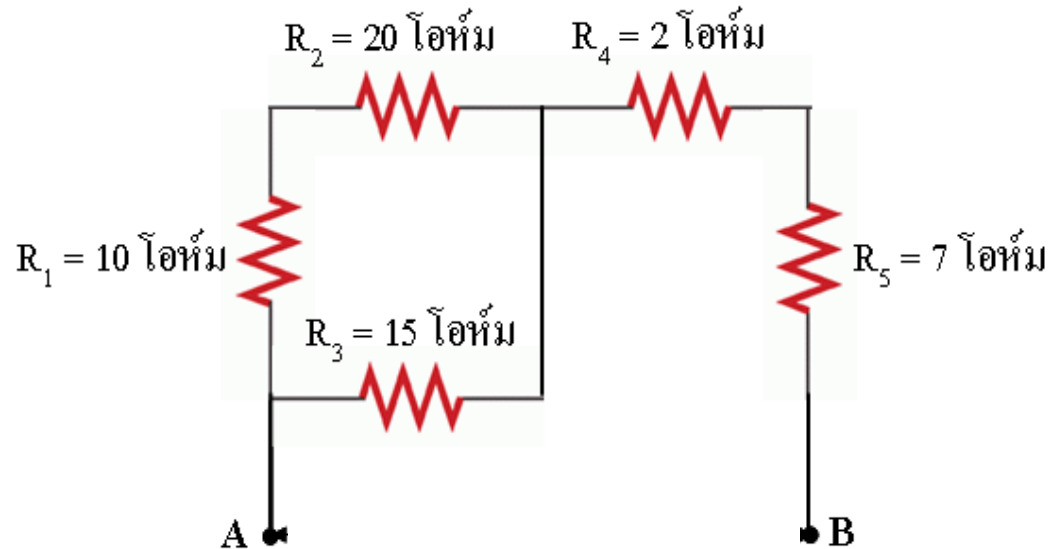
การต่อความต้านทาน

ตัวอย่าง จากรูป แสดงการต่อตัวต้านทาน 5 ตัว จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้า ณ จุด AB



การต่อความต้านทาน

ตัวอย่าง



ความต้านทาน R_1 ต่ออนุกรมกับ R_2

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

และ R' ต่อขนานกับ R_3

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

$$R'' = 10\ \Omega$$

และ R'' ต่ออนุกรมกับ R_4 และ R_5 จะได้ว่า

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

และ R''' คือ ความต้านทานรวมในวงจร

ดังนั้นความต้านทานรวมในวงจร มีค่าเท่ากับ 19 โอห์ม

Ans