

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



รูปภาพจาก : www.pixabay.com

บทที่ 14 ไฟฟ้ากระแส

ในกรณีที่ประจุไฟฟ้ามีจำนวนเยอะมากๆ และยากที่จะมองเห็น เป็นปัญหาอย่างมากในการอธิบายการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า ในบทนี้จะอธิบายการใช้แนวคิดของกระแสไฟฟ้าเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในเส้นลวด ตัวต้านทาน และแบตเตอรี่

กระแสไฟฟ้า (Electric Current)



กระแสไฟฟ้า (Electric Current)

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Electric Current ; I_{av} [A]) คือ อัตราการไหลของประจุไฟฟ้าผ่านพื้นที่บริเวณหนึ่ง

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

ΔQ คือ ประจุที่เปลี่ยนไปบนพื้นที่บริเวณหนึ่งในช่วงเวลา Δt

Δt คือ ช่วงเวลาที่พิจารณา

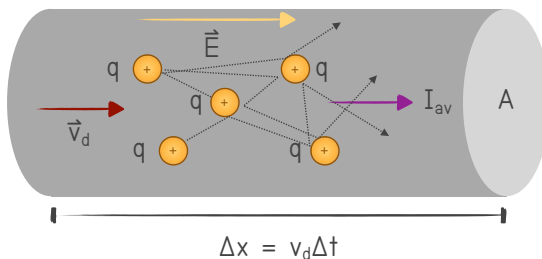
กระแสไฟฟ้า ณ เวลาใดๆ

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

dQ คือ ประจุที่เปลี่ยนไปบนพื้นที่บริเวณหนึ่งในช่วงเวลาเล็กๆ dt

dt คือ ช่วงเวลาเล็กๆ ที่พิจารณา

พิจารณากลุ่มประจุไฟฟ้า (เราจะพิจารณาว่าเป็นประจุบวก) เคลื่อนที่ในเส้นลวดซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ A ด้วยความเร็วลอยเลื่อน (Drift Velocity) ขนาด v_d ในช่วงเวลา Δt และกลุ่มประจุดังกล่าวเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง $\Delta x = v_d \Delta t$ ดังรูปด้านล่าง



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

จาก

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

$$I_{av} = \frac{qN}{\Delta t} \quad ; \quad \Delta Q = qN$$

$$I_{av} = \frac{qnV}{\Delta t} \quad ; \quad n = \frac{N}{V}$$

$$I_{av} = \frac{qnA\Delta x}{\Delta t} \quad ; \quad V = A\Delta x$$

$$I_{av} = nAv_dq \quad ; \quad v_d = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$



กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยในเส้นลวดพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ

$$I_{av} = nAv_dq$$

I_{av} คือ กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยในเส้นลวดพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ

n คือ ความหนาแน่นของจำนวนประจุพาหะ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด

v_d คือ ขนาดความเร็วลอยเลื่อนของประจุพาหะ

q คือ ขนาดประจุไฟฟ้าหนึ่งหน่วยของประจุพาหะ (กรณีทั่วไป คือ ขนาดประจุของอิเล็กตรอน)

ข้อสังเกต

กระแสไฟฟ้าเป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ซึ่งนำพลังงานไฟฟ้าไปถ่ายโอนให้เครื่องใช้ไฟฟ้า

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นได้ในตัวกลางต่างๆ ไม่จำเป็นที่จะต้องเกิดขึ้นในตัวนำโลหะเท่านั้น

กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นได้เมื่อมีการเคลื่อนที่ของประจุบวก หรือลบ หรือทั้งสองชนิดพร้อมกัน

เมื่อมีสนามไฟฟ้าในตัวนำโลหะ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำมีทิศทางไม่แน่นอน โดยความเร็วเฉลี่ยมีทิศทางตรงข้ามกับทิศสนามไฟฟ้า (สนามไฟฟ้ามีทิศตรงข้ามกับทิศของแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอิเล็กตรอน)

กระแสไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเป็นเพียงการบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเท่านั้น

กระแสไฟฟ้าทำให้อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ในตัวนำโลหะ และการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำโลหะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ทั้งสองเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นพร้อมกัน

กระแสไฟฟ้าเริ่มเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งวงจร เมื่อมีสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นในตัวนำไฟฟ้า

อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสายไฟ คือ อิเล็กตรอน

อิเล็กตรอนในสายไฟเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่น้อยกว่าอัตราเร็วของวัตถุทั่วไปในชีวิตประจำวัน

กระแสไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของประจุลบ และทิศทางเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของประจุบวก



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.1

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยไหลผ่านลวดตัวนำ I เป็นเวลา t จำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดของลวดดังกล่าวเป็นเท่าใด เมื่ออิเล็กตรอนมีขนาดประจุเท่ากับ e ?

$$\text{Answer : } \frac{It}{e}$$

Problem 14.2

ลวดตัวนำที่ 1 และ 2 ทำจากโลหะชนิดเดียวกัน มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่ากันแต่ขนาดไม่เท่ากัน โดยลวดตัวนำที่ 1 มีความยาวและพื้นที่หน้าตัดเป็นสองเท่าของลวดตัวนำที่ 2 จงหาอัตราส่วนความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวดตัวนำที่ 1 ต่อลวดตัวนำที่ 2?

$$\text{Answer : } \frac{1}{2}$$

Problem 14.3

ลวดตัวนำสม่ำเสมอยาว 1 m พื้นที่หน้าตัด 0.1 mm^2 มีประจุไฟฟ้าไหลผ่าน 0.16 nC ภายในเวลา 10 s ถ้าความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวดดังกล่าวเท่ากับ 0.2 mm/s จงหาจำนวนอิเล็กตรอนอิสระภายในลวดดังกล่าว?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 5×10^{11} electrons

Problem 14.4

ลวดตัวนำทรงกระบอกพื้นที่หน้าตัด 0.1 cm^2 ยาว 1 m มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระจำนวน 5×10^{20} electrons มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 4 mA ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวดดังกล่าวมีขนาดเท่าใด?

Answer : $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.5

ลวดตัวนำทรงกระบอกตันรัศมี R อยู่ภายในลวดตัวนำทรงกระบอกกลวงรัศมีภายใน R และรัศมีภายนอก $2R$ ถ้าลวดทั้งสองมีความยาว กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน และความหนาแน่นของประจุอิสระเท่ากันพอดี จงหาอัตราส่วนของความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระของทรงกระบอกตันต่อทรงกระบอกกลวง?

Answer : 3

Problem 14.6

ลวดตัวนำมีพื้นที่หน้าตัด 3.00 m^2 มีประจุ 600 C และ -200 C ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดดังกล่าวภายในเวลา 4.00 s โดยประจุทั้งสองไหลสวนทางกัน จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำดังกล่าวเท่าใด?

Answer : 200 A

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.7

ลวดโลหะพื้นที่หน้าตัด 0.5 mm^2 ยาว 20 m มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระ $5 \times 10^{28} \text{ electrons/m}^3$ และอิเล็กตรอนอิสระมีความเร็วลอยเลื่อน $2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ จำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดดังกล่าวในแต่ละวินาทีเป็นเท่าใด?

Answer : $5 \times 10^{18} \text{ electrons/s}$

Problem 14.8 Challenge

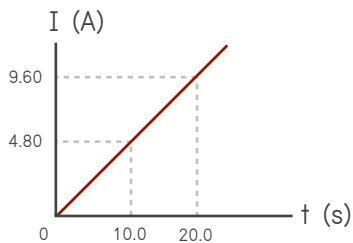
เส้นลวดทองแดงพื้นที่หน้าตัด $3.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ วัดกระแสไฟฟ้าในเส้นลวดดังกล่าวได้ 10.0 A จงหาอัตราเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนในเส้นลวดดังกล่าว เมื่อ ความหนาแน่นของทองแดง เท่ากับ 8.95 g/cm^3 , มวลโมเลกุลของทองแดง เท่ากับ 63.5 g/mol ?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 2.23×10^{-4} m/s

Problem 14.9

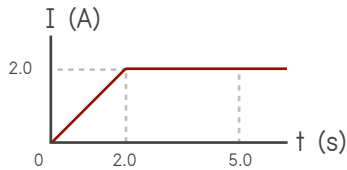
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ ณ เวลาใดๆ เป็นไปดังกราฟด้านล่าง จงหาจำนวนอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำในช่วงเวลา 10 s ถึง 20 s?

Answer : 4.50×10^{20} electrons

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.10

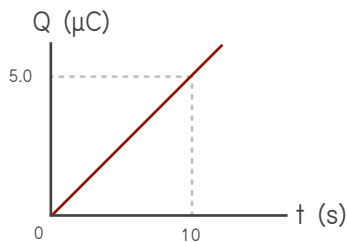
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ ณ เวลาใดๆ ดังกราฟด้านล่าง เมื่อสิ้นสุด $t = 5.0 \text{ s}$ จะมีประจุไหลผ่านลวดดังกล่าวเท่าใด?



Answer : 8.0 C

Problem 14.11

ประจุไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ ณ เวลาใดๆ ดังกราฟด้านล่าง จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดดังกล่าวที่เวลา 5.0 s?

Answer : 0.50 μA

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



ความหนาแน่นกระแส (Current Density)

ความหนาแน่นกระแส (Current Density ; J [A/m^2]) คือ อัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดต่อพื้นที่หน้าตัดนั้น

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

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด A

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่พิจารณา

Problem 14.12 Challenge

ประจุที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดขนาด 2.00 cm^2 ตามสมการ

$$q(t) = 4t^3 + 5t + 6$$

เมื่อ $q(t)$ คือ ขนาดประจุไฟฟ้าในหน่วย C และ t คือ เวลาในหน่วย s จงหา

a) จงหากระแสไฟฟ้า ณ เวลา 1.00 s ?

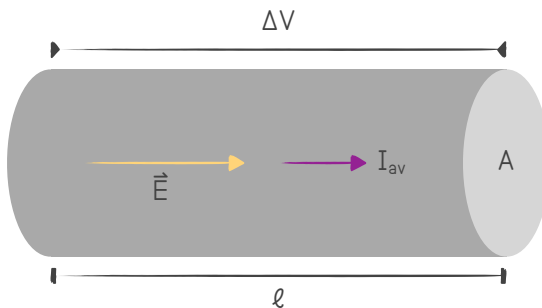
b) จงหาความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า ณ เวลา 1.00 s ?

Answer : a) 17.0 A and b) 85.0 kA/m^2

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

ความต้านทาน (Resistance)

พิจารณาเส้นลวดยาว ℓ พื้นที่หน้าตัด A มีสนามไฟฟ้าภายในเส้นลวดขนาด $|E|$ มีกระแสไฟฟ้า I และมีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายลวดทั้งสองด้านเท่ากับ ΔV ดังรูปด้านล่าง



เนื่องจากความหนาแน่นของกระแสจะแปรผันตามขนาดของสนามไฟฟ้า

จะได้ $J = \sigma |E|$; σ คือ สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)

$$\frac{I}{A} = \sigma |E| \quad ; \quad J = \frac{I}{A}$$

$$\frac{I}{A} = \sigma \left(\frac{\Delta V}{\ell} \right) \quad ; \quad \Delta V = |E| \ell$$

$$\Delta V = I \left(\frac{\ell}{\sigma A} \right)$$

กำหนดให้ $\rho = \frac{1}{\sigma}$ คือ สภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity)

จะได้ $\Delta V = I \left(\frac{\rho \ell}{A} \right)$

$$\Delta V = IR \quad ; \quad R = \frac{\rho \ell}{A} = \frac{\ell}{\sigma A}$$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



กฎของโอมท์ (Ohm's Law)

$$\Delta V = IR$$

ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน

I คือ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน

R คือ ความต้านทานของตัวต้านทาน

ความต้านทาน

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

ρ คือ สภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity)

σ คือ สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)

ℓ คือ ความยาวของเส้นลวด

A คือ พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด

ในแผนภาพวงจรไฟฟ้าจะใช้สัญลักษณ์แทนตัวต้านทาน คือ $\text{---}\nabla\text{---}$



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.13

จงหาความต้านของลวดโลหะพื้นที่หน้าตัด 1.2 mm^2 ยาว 500 m และมีสภาพต้านทานเท่ากับ $1.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$?

Answer : 7.5Ω

Problem 14.14

ลวดโลหะที่ 1 ยาวเท่ากับลวดโลหะที่ 2 และพื้นที่หน้าตัดของลวดโลหะที่ 1 มีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของลวดโลหะที่ 2 ถ้าลวดโลหะทั้งสองมีความต้านทานเท่ากัน จงหาอัตราส่วนสภาพต้านทานของลวดโลหะที่ 1 ต่อลวดโลหะที่ 2?

Answer : $\frac{1}{2}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.15

ลวดโลหะที่ 1 ยาวเป็นสองเท่าของลวดโลหะที่ 2 มีสภาพความต้านทานเป็น 3 เท่าของลวดโลหะที่ 2 และมีพื้นที่หน้าตัดเป็น 4 เท่าของลวดโลหะที่ 2 จงหาอัตราส่วนความต้านของลวดโลหะที่ 1 ต่อลวดโลหะที่ 2?

Answer : $\frac{3}{2}$

Problem 14.16

ลวดโลหะยาว 1 m พื้นที่หน้าตัด 1 mm^2 ความต้านทาน 500Ω ลวดโลหะดังกล่าวมีสภาพนำไฟฟ้าเป็นเท่าใด?

Answer : $2 \times 10^3 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.17

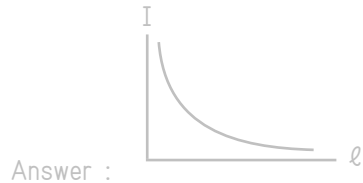
ลวดโลหะทรงกระบอกยาว 1 m ความต้านทาน $0.2\ \Omega$ ถ้ามีลวดโลหะชนิดเดียวกัน แต่เส้นผ่านศูนย์กลางเป็นครึ่งหนึ่งของเดิม และต้องการความต้านทาน $0.8\ \Omega$ จะต้องใช้ลวดยาวเท่าใด?

Answer : 1 m

Problem 14.18

เมื่อต่อเส้นลวดกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าความต่างศักย์คงที่ กราฟกระแสไฟฟ้า I กับความยาวของเส้นลวด ℓ จะมีลักษณะเป็นเช่นใด?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



Problem 14.19

ลวดสองเส้นทำจากโลหะต่างชนิดกัน เส้นแรกมีสภาพความต้านทานเป็น 3 เท่าของเส้นที่สอง ถ้าลวดทั้งสองมีความยาว และความต้านทานเท่ากัน อัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดของลวดเส้นแรกต่อเส้นที่สองเป็นเท่าใด?

Answer : 3

Problem 14.20

เส้นลวดความต้านทาน $5.0 \, \Omega$ ถูกยืดออกอย่างสม่ำเสมอจนความยาวเป็น 3 เท่าของความยาวเดิม ความต้านทานเป็นเท่าใด?

Answer : $45 \, \Omega$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.21

ลวดโลหะสภาพต้านทาน $2.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ พื้นที่หน้าตัด 1.0 mm^2 ถ้าต้องการให้ลวดดังกล่าวมีความต้านทาน 1.0Ω ต้องใช้ลวดยาวเท่าใด?

Answer : 50 m

Problem 14.22

ลวดโลหะความต้านทาน 6.0Ω เมื่อนำมารีดให้เส้นลวดมีพื้นที่หน้าตัดเล็กลงจนความยาวเป็นสี่เท่าของความยาวเดิม ลวดโลหะนั้นจะมีความต้านทานเป็นเท่าใด?

Answer : 96 Ω

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

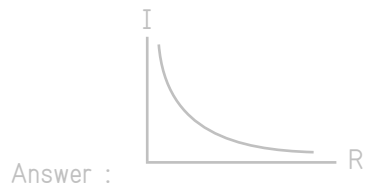
Problem 14.23

ลวดโลหะทรงกระบอกความต้านทาน $0.40\ \Omega$ ยาว 1.0 m ถ้าต้องการใช้โลหะชนิดเดียวกันแต่เส้นผ่านศูนย์กลางลดลงครึ่งหนึ่ง และต้องการความต้านทาน $1.6\ \Omega$ จะต้องใช้ลวดโลหะยาวเท่าใด?

Answer : 1.0 m

Problem 14.24

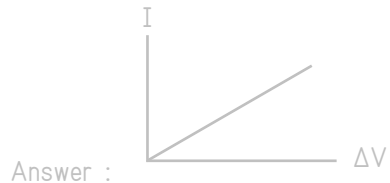
เมื่อความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานคงที่ กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) กับความต้านทาน (R) จะเป็นอย่างไร?



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

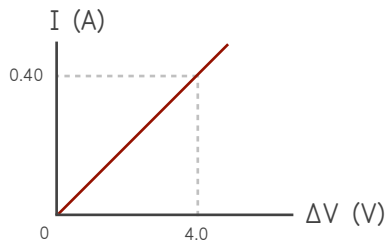
Problem 14.25

เมื่อความต้านทานคงที่ กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) กับความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน (ΔV) จะเป็นอย่างไร?



Problem 14.26

ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดโลหะ I กับความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมลวดโลหะ ΔV เป็นไปตามรูปด้านล่าง ถ้าอัตราส่วนความยาวต่อพื้นที่ของลวดโลหะเท่ากับ $5.0 \times 10^5 \text{ m}^{-1}$ สภาพต้านทานของลวดดังกล่าวเป็นเท่าใด?

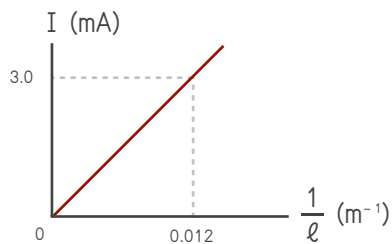


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $2 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$

Problem 14.27

ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดโลหะ I กับส่วนกลับของความยาวเส้นลวด $\frac{1}{\ell}$ เป็นไปตามรูปด้านล่าง ถ้าลวดโลหะนั้นมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ $3.0 \times 10^{-9} \text{ m}^2$ ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานคงที่เท่ากับ 1.5 V ถ้าเส้นลวดนี้ยาว 2.0 m จะมีความต้านทานเป็นเท่าใด?



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 12 Ω

Problem 14.28

ลวดโลหะทรงกระบอกสภาพต้านทาน $4.0 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ พื้นที่หน้าตัด 0.040 cm^2 ยาว 1.5 m และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 20 mA ความต่างศักย์ระหว่างปลายลวดโลหะนั้นกล่าวเป็นเท่าใด

Answer : 3.0 mV

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.29

ลวดโลหะพื้นที่หน้าตัด 0.5 cm^2 ยาว 1 cm มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 1 mA ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมปลายทั้งสองของลวดโลหะเท่ากับ 10 mV โลหะดังกล่าวมีสภาพต้านทานเป็นเท่าใด?

Answer : $0.05 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$

Problem 14.30

ลวดโลหะสองเส้นความยาวเท่ากัน เส้นหนึ่งมีสภาพต้านทาน $4 \text{ } \mu\Omega \cdot \text{cm}$ และมีพื้นที่หน้าตัดเป็นสองเท่าของลวดเส้นที่สอง เมื่อนำลวดเส้นที่หนึ่งต่อเข้ากับความต่างศักย์ 60 V และนำลวดเส้นที่สองต่อเข้ากับความต่างศักย์ 90 V ปรากฏว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดเท่ากัน สภาพต้านทานของลวดเส้นที่สองเป็นเท่าใด?

Answer : $3 \text{ } \mu\Omega \cdot \text{cm}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.31

เส้นอะลูมิเนียมทรงกระบอกยาว 10.0 cm พื้นที่หน้าตัด $2.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ มีสภาพต้านทานไฟฟ้า $3.0 \times 10^{-10} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายของเส้นลวดเท่ากับ 5.00 MV จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดดังกล่าว?

Answer : $0.33 \text{ } \mu\text{A}$

Problem 14.32 Challenge

เส้นลวดทรงกระบอกกลวงสภาพต้านทานไฟฟ้า ρ ยาว L มีรัศมีด้านใน a และรัศมีด้านนอก b ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลจากผิวด้านในไปยังผิวด้านนอกตามแนวรัศมี จงหาความต้านทานของเส้นลวดดังกล่าว?

Answer : $\frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้า

สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้า (Temperature Coefficient of Resistivity ; α [หน่วยอุณหภูมิ⁻¹])

$$\alpha = \frac{\Delta\rho}{\rho_0\Delta T}$$

$\Delta\rho$ คือ สภาพต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT

ρ_0 คือ สภาพต้านทานที่อุณหภูมิอ้างอิง

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจากอุณหภูมิอ้างอิง

จะได้

$$\Delta\rho = \rho_0\alpha\Delta T$$

$$\frac{\ell}{A}\Delta\rho = \frac{\ell}{A}\rho_0\alpha\Delta T$$

$$\Delta R = R_0\alpha\Delta T$$

ΔR คือ ความต้านทานที่เปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT

R_0 คือ ความต้านทานที่อุณหภูมิอ้างอิง



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.33

เส้นลวดมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้า เท่ากับ $3.92 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ที่อุณหภูมิ $20.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ มีความต้านทาน เท่ากับ $50.0 \text{ }\Omega$ จงหาอุณหภูมิที่ทำให้ความต้านทาน เท่ากับ $76.8 \text{ }\Omega$?

Answer : $157 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 

ข้อสังเกต

ตัวนำไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดมีความต้านทานไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม

ความต้านทานมีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง

ที่อุณหภูมิคงตัว ความต้านทานมีค่าขึ้นกับชนิดและรูปร่างของวัตถุนั้นๆ

วัตถุทุกชนิดที่ค่าความต้านเสมอ มากหรือน้อยขึ้นกับสภาพต้านทานไฟฟ้าของวัตถุนั้นๆ

ความต้านทานของตัวต้านทานทุกชนิดมีความคลาดเคลื่อน ถ้าไม่มีการระบุแถบสีความคลาดเคลื่อน แสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนมากกว่าที่ระบุแถบสี

ตัวต้านทานเป็นตัวนำไฟฟ้าที่รู้ค่าความต้านทานชัดเจน

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



รหัสสีของตัวต้านทาน (Color Coding for Resistors)

สี (Color)	ตัวเลข (Number)	ตัวคูณ (Multiplier)	ค่าความผิดพลาด (Tolerance)	สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (Temperature Coefficient)
ดำ	0	10^0		250 ppm/K
น้ำตาล	1	10^1	$\pm 1\%$	100 ppm/K
แดง	2	10^2	$\pm 2\%$	50 ppm/K
ส้ม	3	10^3		15 ppm/K
เหลือง	4	10^4		25 ppm/K
เขียว	5	10^5	$\pm 0.5\%$	20 ppm/K
น้ำเงิน	6	10^6	$\pm 25\%$	10 ppm/K
ม่วง	7	10^7	$\pm 0.1\%$	5 ppm/K
เทา	8	10^8		1 ppm/K
ขาว	9	10^9		
ทอง	-	10^{-1}	$\pm 5\%$	
เงิน	-	10^{-2}	$\pm 10\%$	
ไม่มีสี	-	-	$\pm 20\%$	

$$= 265 \times 10^3 \, \Omega \, \pm 5\% \, 5 \, \text{ppm/K}$$

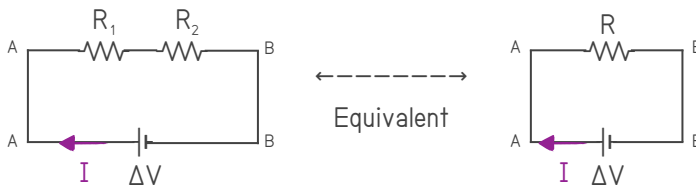
$$= 431 \times 10^0 \, \Omega \, \pm 10\%$$

$$= 345 \times 10^{-1} \, \Omega \, \pm 25\%$$

$$= 89 \times 10^2 \, \Omega \, \pm 20\%$$

การรวมกันของความต้านทาน (Combinations of Resistance)

การรวมตัวต้านทานแบบอนุกรม (Series Combination)



จาก

$$\Delta V_1 + \Delta V_2 = \Delta V$$

$$IR_1 + IR_2 = IR$$

$$R_1 + R_2 = R$$

∴

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

$$R = \Sigma R_i$$



การรวมตัวต้านทานแบบอนุกรม (Series Combination)

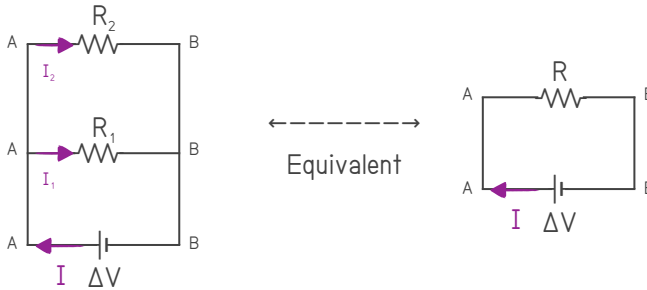
$$R = \Sigma R_i$$

R คือ ความต้านทานหนึ่งตัวซึ่งสมมูลกับระบบความต้านทานซึ่งต่ออนุกรมกัน

R_i คือ ความต้านทานแต่ละตัวในระบบซึ่งต่ออนุกรมกัน

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

การรวมตัวต้านทานแบบขนาน (Parallel Combination)



จาก

$$I_1 + I_2 = I$$

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

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R}$$

∴

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$$



การรวมตัวต้านทานแบบขนาน (Parallel Combination)

$$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$$

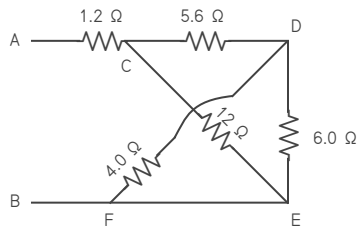
R คือ ความต้านทานหนึ่งตัวซึ่งสมมูลกับระบบความต้านทานซึ่งต่อขนานกัน

R_i คือ ความต้านทานแต่ละตัวในระบบซึ่งต่อขนานกัน

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.34

จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานระหว่างจุด A กับ B?



Answer : 6.0 Ω

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.35

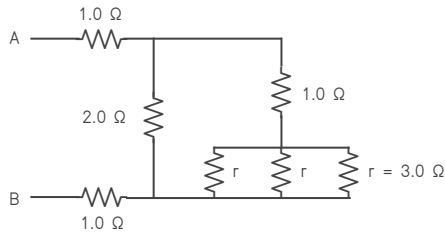
ความต้านทาน $R_1 < R_2$ เมื่อต่อขนานกันจะได้ความต้านทานเท่ากับ $\frac{2}{3} \Omega$ เมื่อต่ออนุกรมกันจะได้ความต้านทาน 3Ω R_1 และ R_2 เป็นเท่าใด?

Answer : $R_1 = 1 \Omega$ and $R_2 = 2 \Omega$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.36

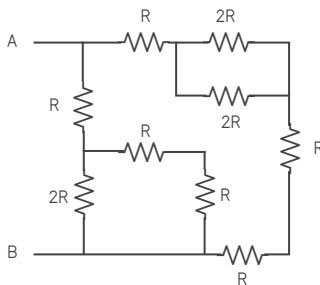
จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานระหว่างจุด A กับ B?



Answer : $3.0 \, \Omega$

Problem 14.37

จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานระหว่างจุด A กับ B เมื่อ $R = \frac{3}{4} \, \Omega$?

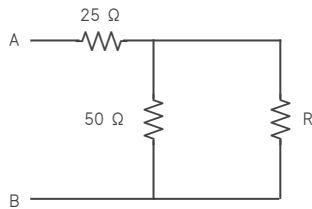


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 1 Ω

Problem 14.38

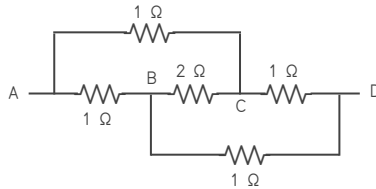
จากรูปด้านล่าง ความต้านทาน R ต้องเป็นเท่าใด เพื่อที่จะทำให้ความต้านทานระหว่างจุด A กับ B เท่ากับ R?

Answer : 50 Ω

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.39

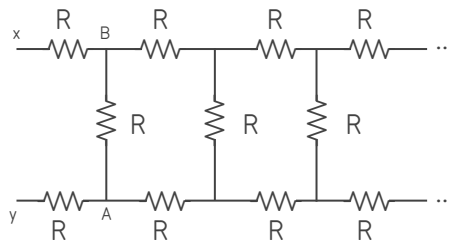
จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานระหว่างจุด B กับ C?



Answer : $\frac{2}{3}\ \Omega$

Problem 14.40

ตัวต้านทานจำนวนอนันต์ตัวมีการต่อเชื่อมโยกันเป็นวงจรดังรูปด้านล่าง จงหาค่าความต้านทานคร่อมจุด x และ y?



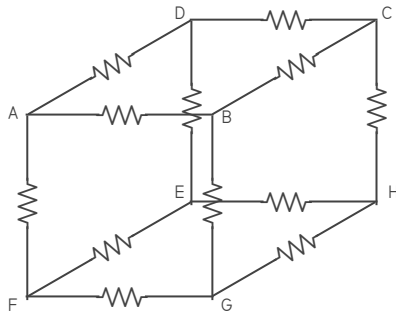
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $(1 + \sqrt{3})R$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.41

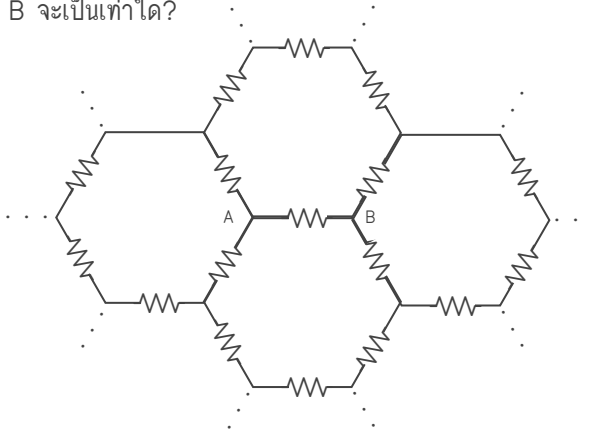
จากรูปด้านล่าง เมื่อตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากับ $1\ \Omega$ ต่อกันเป็นรูปลูกบาศก์ จงหาความต้านทานระหว่างจุด A กับ H?



Answer : $\frac{5}{3}\ \Omega$ #

Problem 14.42

วงจรโครงข่ายร่างแหซึ่งแผ่ไปทุกทิศทางไม่มีที่สิ้นสุด ดังรูปด้านล่าง โดยตัวต้านทานแต่ละตัวมีความต้านทาน R และวัดความต้านทานระหว่างจุด A กับ B ได้เท่ากับ $\frac{2R}{3}$ ถ้านำตัวต้านทานระหว่างจุด A กับ B ออกจากวงจร ความต้านทานระหว่างจุด A กับ B จะเป็นเท่าใด?

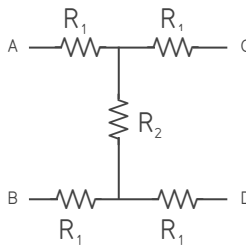


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $2R$

Problem 14.43

จากรูปด้านล่าง เมื่อวัดความต้านทานระหว่างจุด A กับ B ได้เท่ากับ $400\ \Omega$ เมื่อนำลวดมาเชื่อมต่อระหว่างจุด A กับ C และระหว่างจุด B กับ D จะวัดความต้านทานได้ $300\ \Omega$ จงหาค่า R_1 และ R_2 ?



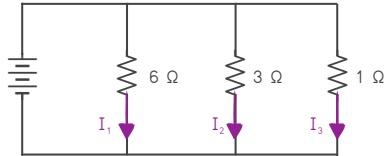
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $R_1 = 100 \, \Omega$ and $R_2 = 200 \, \Omega$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.44

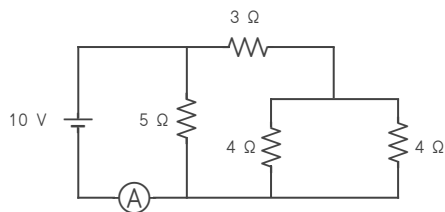
จากรูปด้านล่าง จงหาอัตราส่วนของ $I_1 : I_2 : I_3$?



Answer : 1 : 2 : 6

Problem 14.45

จากรูปด้านล่าง จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์ (A)?

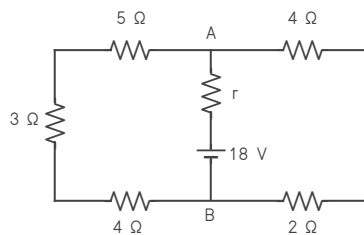


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 4 A

Problem 14.46

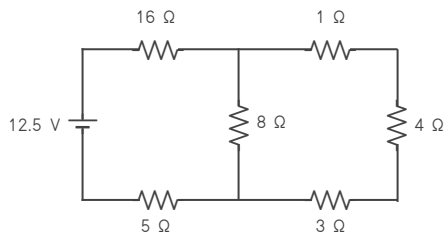
จากรูปด้านล่าง จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน r เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน $2\ \Omega$ เท่ากับ 2 A ?



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 3 A

Problem 14.47

จากรูปด้านล่าง จงหาความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน $4\ \Omega$?

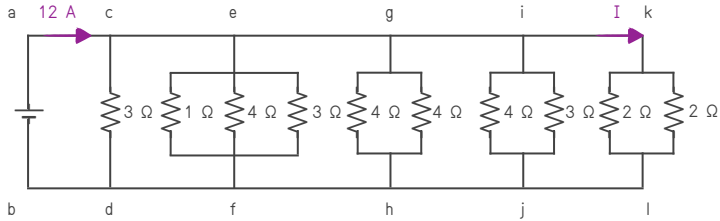
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 1 V

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.48

จากรูปด้านล่าง กระแสไฟฟ้า I มีขนาดเท่าใด?

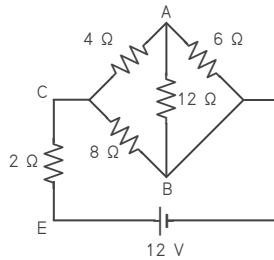


Answer : 3 A

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.49

จากรูปด้านล่าง จงหาความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับ B?

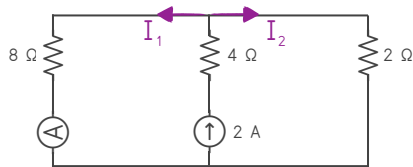


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 4 V

Problem 14.50

จากรูปด้านล่าง จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์ (A)?

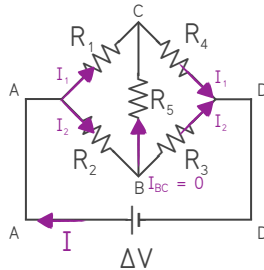


Answer : 0.4 A

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

วงจรวิทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge)

พิจารณาในกรณีที่กระแสไฟฟ้าระหว่างจุด BC เท่ากับศูนย์ ($I_{BC} = 0$ A)



จะได้

$$\Delta V_{AB} = \Delta V_{AC} \quad ; \quad V_B = V_C$$

$$I_2 R_2 = I_1 R_1$$

$$\left(\frac{\Delta V}{R_2 + R_3}\right) R_2 = \left(\frac{\Delta V}{R_1 + R_4}\right) R_1$$

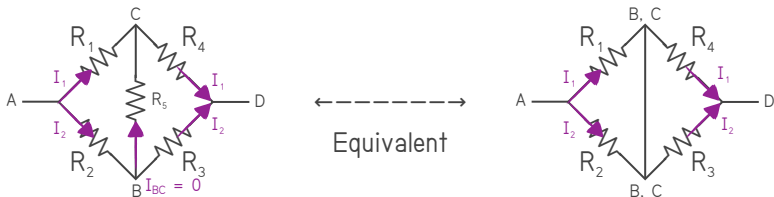
$$R_1 R_2 + R_1 R_3 = R_2 R_1 + R_2 R_4$$

$$R_1 R_3 = R_2 R_4$$



วงจรวิทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge)

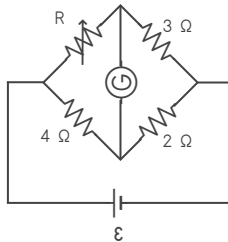
ถ้า $R_1 R_3 = R_2 R_4 \rightarrow$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_5 จะเท่ากับศูนย์



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

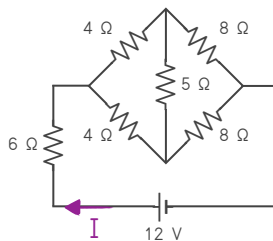
Problem 14.51

จากรูปด้านล่าง ความต้านทาน R จะมีขนาดเท่าใด เพื่อที่จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ G ?

Answer : 6 Ω

Problem 14.52

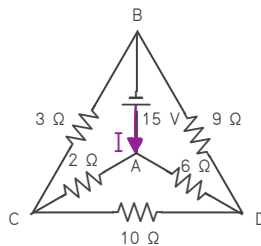
จากรูปด้านล่าง กระแสไฟฟ้า I มีขนาดเท่าใด?



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 1.0 A

Problem 14.53

จากรูปด้านล่าง กระแสไฟฟ้า I มีขนาดเท่าใด?

14 - 50

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

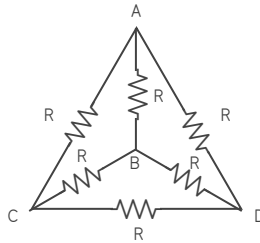
Answer : 4.0 A

Pinfist : มีรถยนต์ตอนปลาย และอุดมศึกษา

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.54

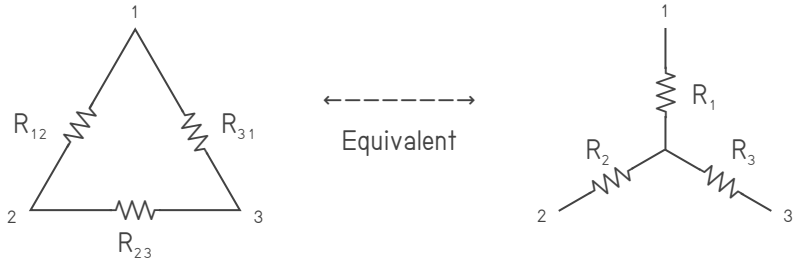
จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานสมมูลระหว่างจุด A กับ B?



Answer : $\frac{R}{2}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

วงจร Y-Δ (Y-Δ Circuit)



พิจารณาความต้านทานระหว่างจุด 1 กับ 2 ของวงจร Δ และวงจร Y

$$R_{12} \parallel (R_{23} + R_{31}) = R_1 + R_2$$

$$\frac{R_{12}R_{23} + R_{31}R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} = R_1 + R_2 \quad \dots\dots (1)$$

พิจารณาความต้านทานระหว่างจุด 2 กับ 3 ของวงจร Δ และวงจร Y

$$R_{23} \parallel (R_{31} + R_{12}) = R_2 + R_3$$

$$\frac{R_{23}R_{31} + R_{12}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} = R_2 + R_3 \quad \dots\dots (2)$$

พิจารณาความต้านทานระหว่างจุด 3 กับ 1 ของวงจร Δ และวงจร Y

$$R_{31} \parallel (R_{12} + R_{23}) = R_3 + R_1$$

$$\frac{R_{31}R_{12} + R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} = R_3 + R_1 \quad \dots\dots (3)$$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

$$(1) - (2) + (3) ; \quad R_1 = \frac{R_{31}R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$(2) - (3) + (1) ; \quad R_2 = \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$(3) - (1) + (2) ; \quad R_3 = \frac{R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$\begin{aligned} \therefore R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 &= \frac{R_{12}^2R_{23}R_{31} + R_{12}R_{23}^2R_{31} + R_{12}R_{23}R_{31}^2}{(R_{12} + R_{23} + R_{31})^2} \\ R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 &= \frac{R_{12}R_{23}R_{31}(R_{12} + R_{23} + R_{31})}{(R_{12} + R_{23} + R_{31})^2} \\ R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 &= \frac{R_{12}R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad \dots\dots (4) \end{aligned}$$

$$(4) \quad ; \quad R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 = R_{12}R_3$$

$$R_{12} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_3}$$

$$(4) \quad ; \quad R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 = R_{23}R_1$$

$$R_{23} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_1}$$

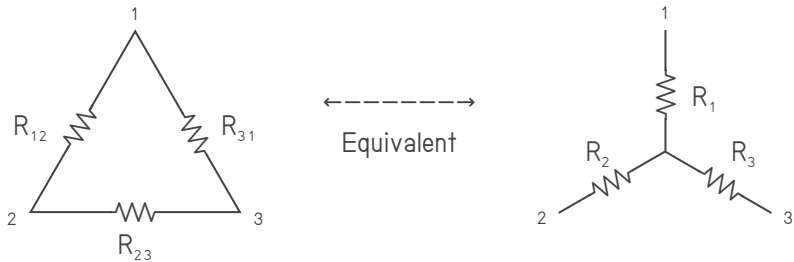
$$(4) \quad ; \quad R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 = R_{31}R_2$$

$$R_{31} = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_2}$$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



วงจร Y-Δ (Y-Δ Circuit)



$$R_{12} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$$

$$R_{23} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}$$

$$R_{31} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

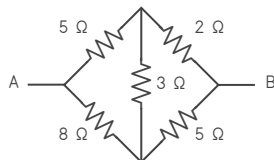
$$R_1 = \frac{R_{31} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{23} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

Problem 14.55

จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานสมมูลระหว่างจุด A กับ B?



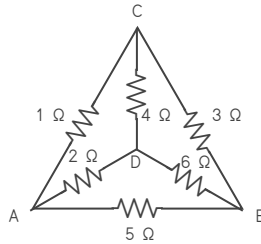
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $\frac{473}{131} \Omega$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.56

จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานสมมูลระหว่างจุด A กับ B?

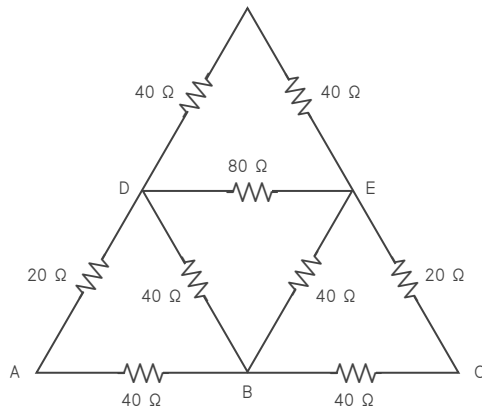


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 1.74 Ω

Problem 14.57

จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานสมมูลระหว่างจุด A กับ C?



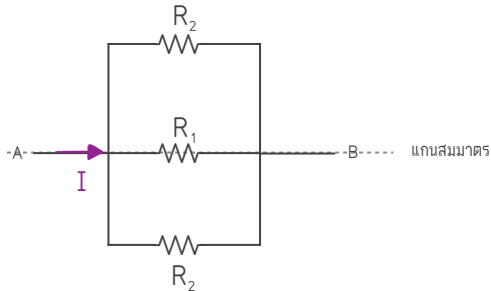
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $\frac{400}{11} \Omega$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

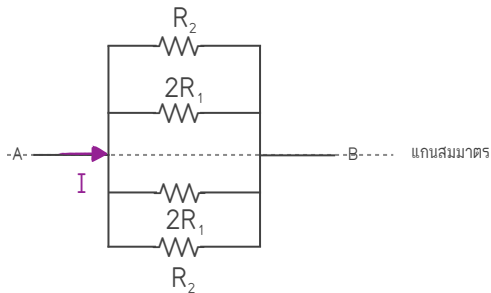
วงจรสมมาตร (Symmetric Circuit)

พิจารณาวงจรสมมาตร ดังรูปด้านล่าง



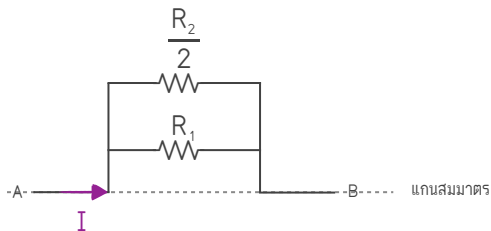
$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{2R_1 + R_2}$$

พิจารณาการแบ่งวงจรตามแนวแกนสมมาตรของวงจร



$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{2R_1 + R_2}$$

พิจารณาคircuit วงจรตามแนวแกนสมมาตร โดยตัวต้านทานแต่ละตัวมีขนาดเป็น $\frac{1}{2}$ เท่าของค่าเดิม (เนื่องจากการต่อขนานกับอีกฝั่งซึ่งสมมาตรกัน)



$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{2R_1 + R_2}$$

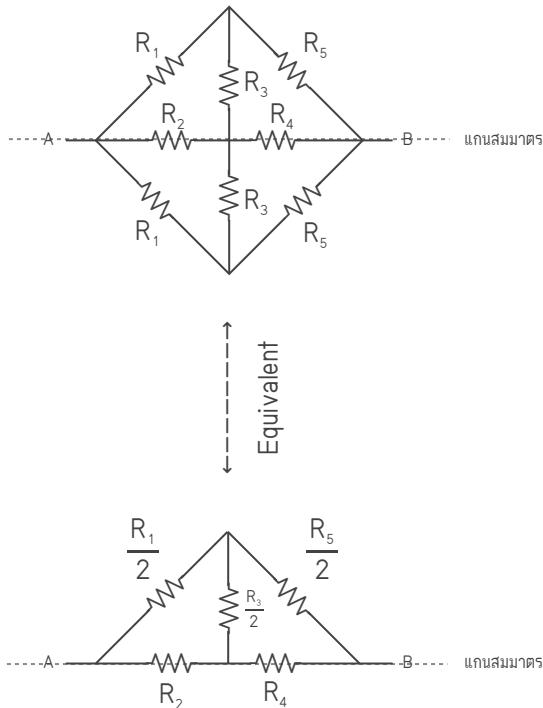
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



วงจรสมมาตร (Symmetric Circuit)

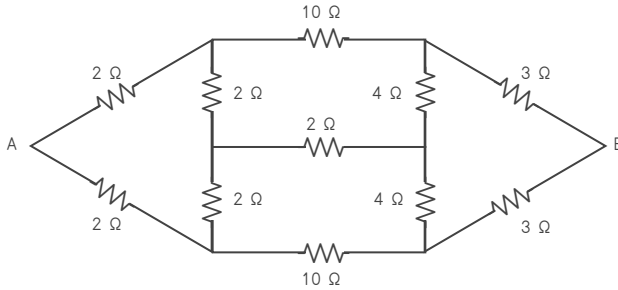
เมื่อวงจรมีความสมมาตรโดยแกนสมมาตรอยู่ตามแนวกระแสไฟฟ้า วงจรดังกล่าวจะ
สมมูลกับครึ่งวงจรตามแนวแกนสมมาตร โดยตัวต้านทานแต่ละตัวมีขนาดเป็น $\frac{1}{2}$ เท่า
ของค่าเดิม

เช่น



Problem 14.58

จากรูปด้านล่าง จงหาความต้านทานสมมูลระหว่างจุด A กับ B?

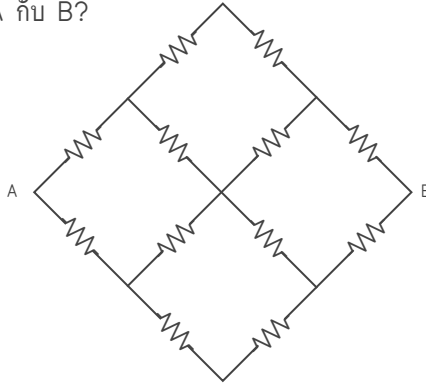


Answer : 5 Ω

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.59

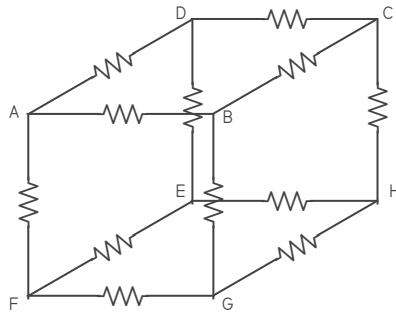
จากรูปด้านล่าง เมื่อตัวต้านทานแต่ละตัวมีขนาดเท่ากับ R จงหาความต้านทาน
สมมูลระหว่างจุด A กับ B?



Answer : $\frac{3R}{2}$

Problem 14.60

จากรูปด้านล่าง เมื่อตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากับ $R \ \Omega$ ต่อกันเป็นรูปลูกบาศก์
จงหาความต้านทานระหว่างจุด A กับ B?



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $\frac{7R}{12}$

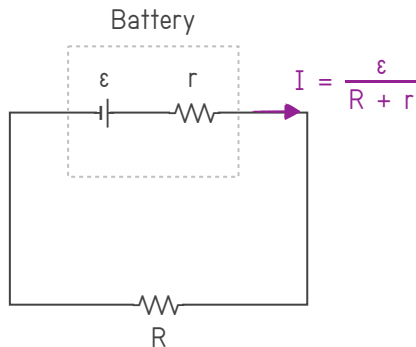
แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force, emf)



แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force, emf)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (The emf of a Battery ; ϵ [V]) คือ แรงดันไฟฟ้า (Voltage) สูงสุดที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายได้ระหว่างขั้วทั้งสองของแบตเตอรี่

การเขียนแผนภาพวงจรของแบตเตอรี่ซึ่งมีค่า $\text{emf} = \epsilon$ และความต้านทานภายในแบตเตอรี่ (Internal Resistance) = r



ข้อสังเกต

ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ไม่ใช่อีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่ เพราะความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เป็นพลังงานที่ประจุหนึ่งหน่วยใช้เคลื่อนที่ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ผ่านอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ ส่วนอีเอ็มเอฟเป็นพลังงานที่แบตเตอรี่ให้กับประจุหนึ่งหน่วยที่เคลื่อนที่ผ่านแบตเตอรี่ ซึ่งทั้งคู่มีหน่วยเป็นโวลต์เหมือนกัน

อีเอ็มเอฟ คือ พลังงานไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจ่ายให้กับประจุไฟฟ้าหนึ่งหน่วยที่เคลื่อนที่ผ่าน

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

อีเอ็มเอฟ แรงดันไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นปริมาณเดียวกัน เพียงแต่ในบางบริบทมีการใช้คำต่างกัน เช่น ในบริบททางวิศวกรรมไฟฟ้าจะใช้คำว่าแรงดันไฟฟ้า หรือในตำราฟิสิกส์บางเล่มจะใช้คำว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า

Problem 14.61

ความต้านทานตัวหนึ่งต่อกับแบตเตอรี่ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในวงจรเท่ากับ 0.6 A และเมื่อนำตัวต้านทาน $4\ \Omega$ มาต่ออนุกรมกับตัวต้านทานดังกล่าว จะทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรลดลงจากเดิม 0.1 A แบตเตอรี่ดังกล่าวมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่าใด?

Answer : 12 V

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.62

ลวดโลหะสภาพต้านทาน $2.0 \times 10^{-8} \, \Omega \cdot \text{m}$ พื้นที่หน้าตัด $2.0 \, \text{mm}^2$ และยาว $50 \, \text{m}$ นำมาต่อกับแบตเตอรี่แรงเคลื่อนไฟฟ้า $1.6 \, \text{V}$ ซึ่งมีความต้านทานภายในแบตเตอรี่ $0.50 \, \Omega$ ถ้าความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระเท่ากับ $0.50 \, \text{mm/s}$ ความหนาแน่นของจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็นเท่าใด?

Answer : $1.0 \times 10^{28} \, \text{electrons/m}^3$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.63

ใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างเซลล์ไฟฟ้าซึ่งมีความต้านทานภายใน $1.0 \, \Omega$ ได้เท่ากับ $1.15 \, \text{V}$ และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโวลต์มิเตอร์ดังกล่าว $0.05 \, \text{A}$ เซลล์ไฟฟ้างกล่าวมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่าใด?

Answer : $1.20 \, \text{V}$

Problem 14.64

เซลล์ไฟฟ้าต่อกับความต้านทาน $4 \, \Omega$ ทำให้เกิดความต่างศักย์ที่ขั้วเซลล์ไฟฟ้าเท่ากับ $\frac{4}{3} \, \text{V}$ แต่เมื่อต่อกับความต้านทาน $6 \, \Omega$ จะเกิดความต่างศักย์ที่ขั้วเซลล์ไฟฟ้าเท่ากับ $\frac{3}{2} \, \text{V}$ แรงเคลื่อนไฟฟ้า และความต้านทานภายในของเซลล์ไฟฟ้างกล่าวเป็นเท่าใด?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 2 Ω **Problem 14.65**

เซลล์ไฟฟ้าต่อกับความต้านทาน 8.0Ω ทำให้เกิดความต่างศักย์ที่ขั้วเซลล์ไฟฟ้าเท่ากับ 2.0 V เมื่อวงจรเปิดความต่างศักย์ที่ขั้วเซลล์ไฟฟ้าจะเท่ากับ 3.0 V ความต้านทานภายในเซลล์ไฟฟ้าเป็นเท่าใด?

Answer : 4 Ω

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.66

แบตเตอรี่ต่อกับความต้านทาน $6.0\ \Omega$ ทำให้เกิดความต่างศักย์ที่ขั้วเซลล์ไฟฟ้าเท่ากับ $2.4\ \text{V}$ เมื่อวงจรเปิดความต่างศักย์ที่ขั้วเซลล์ไฟฟ้าจะเท่ากับ $3.0\ \text{V}$ ความต้านทานภายในเซลล์ไฟฟ้าเป็นเท่าใด?

Answer : $1.5\ \Omega$

Problem 14.67

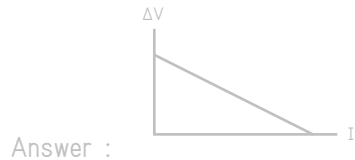
โวลต์มิเตอร์ความต้านทานสูงมาก ๆ วัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ได้ $3\ \text{V}$ แต่เมื่อนำตัวต้านทาน $6\ \Omega$ มาต่อขนานกับโวลต์มิเตอร์ ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ลดลงเหลือ $2\ \text{V}$ แบตเตอรี่ดังกล่าวมีความต้านทานภายในเท่าใด?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 3 Ω

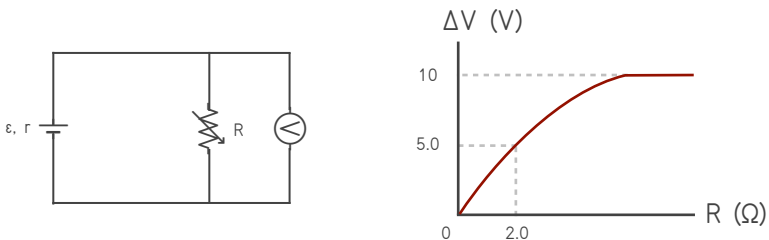
Problem 14.68

กราฟระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วของเซลล์ไฟฟ้า (ΔV) กับกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) เมื่อความต้านทานภายในเซลล์ไฟฟ้าคงที่ จะเป็นอย่างไร?



Problem 14.69

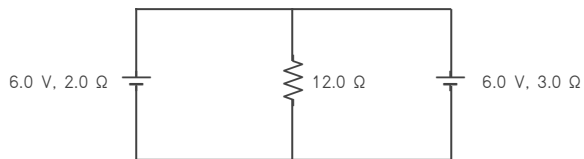
จากรูปวงจรด้านล่าง เมื่อปรับความต้านทาน R จะได้กราฟระหว่างความต่างศักย์ที่วัดได้จากโวลต์มิเตอร์ (ΔV) กับความต้านทาน R ดังรูปด้านล่าง จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้า และความต้านทานภายในของแบตเตอรี่?



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 2 Ω

Problem 14.70

จากรูปด้านล่าง กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 12 Ω เท่าใด?

Answer : 0.45 A

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.71

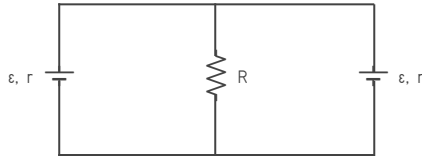
นำแบตเตอรี่ 2 ตัว ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 6.0 V และ 8.0 V มาต่ออนุกรมกับความต้านทาน $48\ \Omega$ ถ้านำขั้วลบของแบตเตอรี่มาต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่อีกตัวหนึ่ง ทำให้วงจรดังกล่าวมีกระแสไฟฟ้า 0.040 A ถ้านำขั้วบวกของแบตเตอรี่มาต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่อีกตัวหนึ่ง วงจรดังกล่าวจะมีกระแสไฟฟ้าเท่าใด?

Answer : 0.28 A

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.72

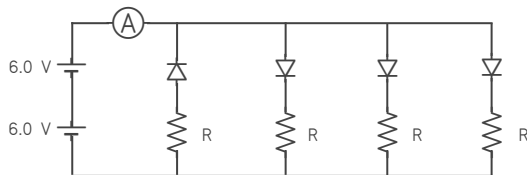
จากรูปด้านล่าง ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน R เป็นเท่าใด?



$$\text{Answer : } \frac{2\varepsilon R}{2R + r}$$

Problem 14.73

จากรูปด้านล่าง ถ้าตัวต้านทาน $R = 30 \, \Omega$ แอมมิเตอร์จะอ่านค่ากระแสไฟฟ้าเป็นเท่าใด?

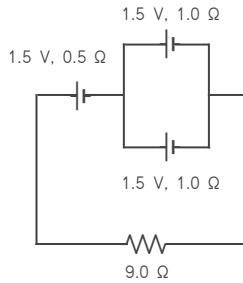


$$\text{Answer : } 1.2 \, \text{A}$$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.74

จากรูปด้านล่าง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน $9.0\ \Omega$ เป็นเท่าใด?



Answer : 0.30 A



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

กำลังไฟฟ้า (Electrical Power)

จาก

$$\Delta U = q\Delta V$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d(q\Delta V)}{dt}$$

$$\frac{dU}{dt} = \left(\frac{dq}{dt}\right)(\Delta V)$$

$$\mathcal{P} = I\Delta V$$

$$; I = \frac{dq}{dt}$$

จาก $\Delta V = IR$

$$\text{จะได้ } \mathcal{P} = I\Delta V = I^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$$



กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียให้กับตัวต้านทาน

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

 $\mathcal{P}$ คือ กำลังที่สูญเสียให้ตัวต้านทาน I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน R คือ ความต้านทาน

ข้อสังเกต

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความต้านทานมากกว่าจะมีกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า

กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ระบุไว้บนฉลากโดยทั่วไปจะหมายถึงอัตรา

การสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

เซลล์สุริยะให้กระแสไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแต่เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ จึงจำเป็นต้องมีการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์สุริยะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะนอกจากสามารถใช้ได้ในช่วงเวลาที่มิแสงแดดแล้วยังสามารถกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่สำหรับใช้ในเวลามิแสงแดดน้อย หรือเวลากลางคืน

Problem 14.75

หลอดโหะเส้นที่หนึ่งต่อกับเซลล์ไฟฟ้า เกิดกำลังไฟฟ้าที่เสียให้กับเส้นลวดดังกล่าว 15 W และมีความต่างศักย์ที่ขั้วเซลล์ไฟฟ้าเท่ากับ 18 V หลอดโหะเส้นที่สองต่อกับเซลล์ไฟฟ้าเดิม เกิดกำลังไฟฟ้าที่เสียให้กับเส้นลวดดังกล่าว 35 W และมีความต่างศักย์ที่ขั้วเซลล์ไฟฟ้าเท่ากับ 15 V เซลล์ไฟฟ้างกล่าวมีความต้านทานภายในเท่าใด?

Answer : 2 Ω



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.76

เซลล์ไฟฟ้าขนาด 2 V ความต้านทานภายใน $4\ \Omega$ จำนวน 3 เซลล์ เมื่อนำทั้งสามเซลล์มาต่อแบบอนุกรมแล้วต่อเข้ากับหลอดไฟ ทำให้หลอดไฟดังกล่าวสว่างเท่ากับเมื่อนำเซลล์ทั้งสามมาต่อกันแบบขนานแล้วต่อเข้ากับหลอดไฟ หลอดไฟดังกล่าวมีความต้านทานเท่าใด?

Answer : $4\ \Omega$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.77

สายไฟสภาพต้านทาน $3.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ พื้นที่หน้าตัด 16 mm^2 ยาว 50 m ต่อเข้าบ้านซึ่งมีกำลังไฟรวมกัน 5.5 kW และแรงดันไฟฟ้า 220 V ค่าแรงดันในสายไฟดังกล่าวเป็นเท่าใด?

Answer : 2.5 V

Problem 14.78

ตัวต้านทานขนาด R ต่ออนุกรมกันสามตัว แล้วต่อเข้ากับความต่างศักย์ V ทำให้เกิดกำลังไฟรวมกัน 100 W ถ้านำตัวต้านทานทั้งสามตัวมาต่อขนานกัน แล้วต่อเข้ากับความต่างศักย์ $2V$ กำลังไฟรวมจะเป็นเท่าใด?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 3.60 kW

Problem 14.79

ตัวต้านทานต่ออนุกรมกันสามตัว แล้วต่อเข้ากับชุดความต่างศักย์ ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้ารวมกัน 10 W ถ้านำตัวต้านทานทั้งสามตัวมาต่อขนานกัน แล้วต่อเข้ากับชุดความต่างศักย์เดิม กำลังไฟฟ้ารวมจะเป็นเท่าใด?

Answer : 90 W

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.80

หลอดไฟฟ้า 40 W, 220 V จำนวน 2 หลอด นำมาต่ออนุกรม แล้วต่อเข้ากับ
ศักย์ไฟฟ้า 110 V หลอดไฟแต่ละหลอดจะมีกำลังเท่าใด?

Answer : 2.5 W

Problem 14.81

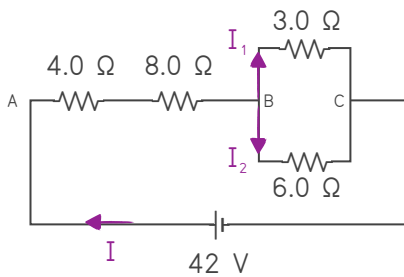
แบตเตอรี่แรงเคลื่อนไฟฟ้า 4 V ความต้านทานภายใน $1\ \Omega$ จะต้องนำไปต่อกับ
ความต้านทานเท่าใด จึงจะได้กำลังในตัวต้านทานนั้นมีค่ามากที่สุด?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 1 Ω

Problem 14.82

จากรูปด้านล่าง จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เสียให้ตัวต้านทานแต่ละตัว?



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $\mathcal{P}_{4\Omega} = 36 \text{ W}$, $\mathcal{P}_{8\Omega} = 72 \text{ W}$, $\mathcal{P}_{3\Omega} = 12 \text{ W}$ and $\mathcal{P}_{6\Omega} = 6.0 \text{ W}$

Problem 14.83

ผ่านกระแสไฟฟ้า 15 A ความต่างศักย์ 220 V ไปยังกาต้มน้ำซึ่งมีน้ำอุณหภูมิ 23 °C อยู่ 500 g ถ้า 70% ของพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนไปเป็นความร้อนในการต้มน้ำ จะต้องใช้เวลาเท่าใดในการต้มน้ำดังกล่าวให้เดือด (กำหนดให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 kJ/kg·K)?

Answer : 70 s

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.84

เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด $150\ \Omega$, $220\ \text{V}$ ภายในเวลา 3.0 นาที จะทำให้น้ำ $2.0\ \text{L}$ ที่อุณหภูมิ $25\ ^\circ\text{C}$ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าใด ถ้าสมมติให้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนได้อย่างสมบูรณ์ (กำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ $1\ \text{kg/L}$ และค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ $4.2\ \text{kJ/kg}\cdot\text{K}$)?

Answer : $6.9\ \text{K}$

Problem 14.85

กาต้มน้ำ $220\ \text{V}$ ต้มน้ำ $100\ \text{cm}^3$ จนเดือดภายในเวลา 3.0 นาที ถ้าใช้ความต่างศักย์ $110\ \text{V}$ จะต้มน้ำปริมาตรเท่าเดิมให้เดือดภายในเวลาเท่าใด?

Answer : $12\ \text{min}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.86

ถ้าต้องการต้มน้ำ 100 kg อุณหภูมิ 20 °C ให้มีอุณหภูมิ 90 °C ด้วยกาต้มน้ำไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพ 70% จะต้องเสียค่าไฟฟ้าเท่าใด เมื่อค่าไฟฟ้า 1 หน่วยเท่ากับ 1.50 B/kW·hr (กำหนดให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 kJ/kg·K)?

Answer : 17.50 B

Problem 14.87

ครอบครัวหนึ่งใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยประมาณเท่ากันทุกวัน ดังนี้

หม้อหุงข้าว 1,000 W	วันละ 1 hr
หลอดไฟ 40 W 5 หลอด	วันละ 4 hr
โทรทัศน์ 150 W	วันละ 4 hr
เตารีด 750 W	วันละ 1 hr

ถ้าใช้ไฟฟ้าความต่างศักย์ 220 V และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.00 B/kW·hr ในช่วงเวลา 1 เดือน (30 วัน) จะต้องเสียค่าไฟฟ้าเท่าใด?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : 283.50 ฿

Problem 14.88

วันแรกเปิดพัดลม 150 W, 220 V จากเวลา 20:00 ถึง 23:00 ถ้าวันที่สอง
เปิดพัดลมเครื่องเดิมจากเวลา 20:00 ถึง 6:00 ของอีกวัน วันที่สองจะเสียค่า
ไฟฟ้ามากกว่าวันแรกเท่าใด เมื่อค่าไฟฟ้าหน่วยละ 6.00 ฿/kW·hr

Answer : 6.30 ฿

กฎของคิรฮอฟฟ์ (Kirchhoff's Rules) [Additional]



กฎของคิรฮอฟฟ์ (Kirchhoff's Rules)

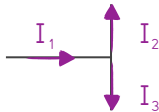
1) Junction rule : ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่เข้าจุดใดๆ จะเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ออกจุนั้นๆ

$$\Sigma I = 0$$

$$\Sigma I_{in} - \Sigma I_{out} = 0$$

$$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$

เช่น



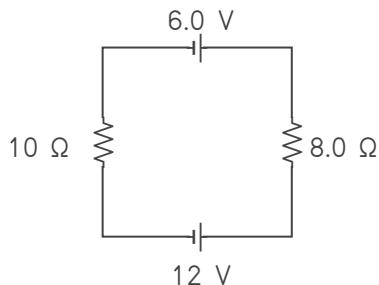
กรณีใช้ $\Sigma I = 0$ จะได้ $I_1 - I_2 - I_3 = 0$

กรณีใช้ $\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$ จะได้ $I_1 = I_2 + I_3$

2) Loop rule : ผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากส่วนประกอบต่างๆ ในวงจรปิดเท่ากับศูนย์

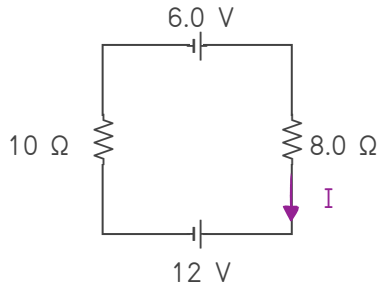
$$\Sigma \Delta V = 0$$

การใช้ Loop rule



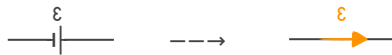
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

2.1) กำหนดทิศกระแสไฟฟ้าในวงจร (กำหนดได้ตามใจ)



2.2) กำหนดทิศทางความต่างศักย์ไฟฟ้าให้แต่ละอุปกรณ์

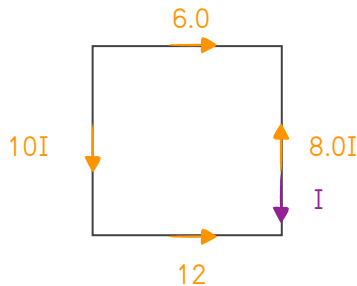
แบตเตอรี่ ทิศความต่างศักย์ไฟฟ้าจะชี้ออกจากขั้วบวกของแบตเตอรี่



ตัวต้านทาน ทิศความต่างศักย์ไฟฟ้าจะชี้สวนทางกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน



จะได้

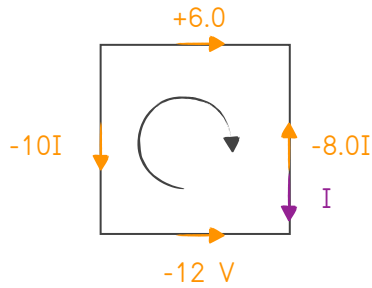
2.3) กำหนดทิศทาง Loop (กำหนดได้ตามใจ) เพื่อให้เครื่องหมาย $\pm$ กับความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังนี้

ศักย์ไฟฟ้าที่มีทิศเดียวกับ Loop ให้เป็นเครื่องหมาย +

ศักย์ไฟฟ้าที่มีทิศสวนทางกับ Loop ให้เป็นเครื่องหมาย -

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

จะได้



2.4) ใช้

$$\Sigma \Delta V = 0$$

$$+6.0 - 8.0I - 12 - 10I = 0$$

$$18I = -6.0$$

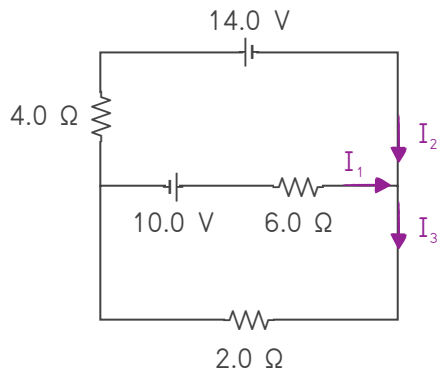
$$I = -0.33 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้ามีค่าเป็นลบ คือ กระแสไฟฟ้าไหลในทิศตรงข้ามกับที่กำหนดในข้อ 2.1)



Problem 14.89 Challenge

จากรูปด้านล่าง จงหากระแสไฟฟ้า I_1 , I_2 และ I_3 ?



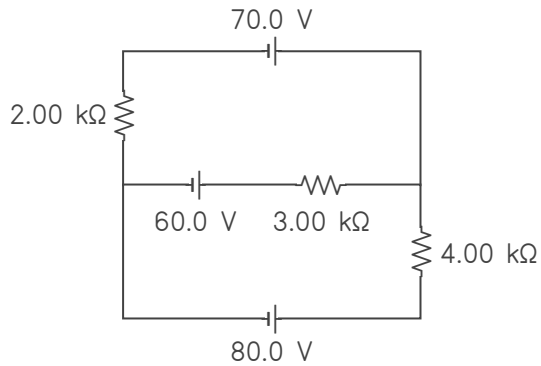
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $I_1 = 2.0 \text{ A}$, $I_2 = -3.0 \text{ A}$ and $I_3 = -1.0 \text{ A}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.90 Challenge

จากรูปด้านล่าง จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว?

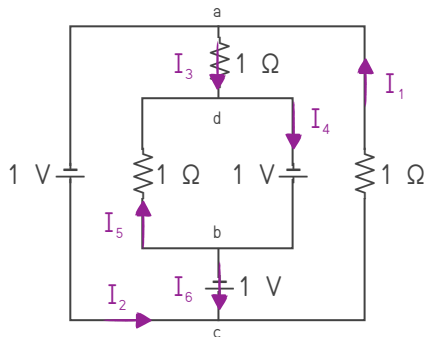


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $I_{2k\Omega} = 0.385 \text{ mA}$, $I_{3k\Omega} = 3.08 \text{ mA}$ and $I_{4k\Omega} = 2.69 \text{ mA}$ #

Problem 14.91 Challenge

จากรูปด้านล่าง ถ้า $I_1 = I_6 = 1 \text{ A}$ จงหา I_2 , I_3 , I_4 , I_5 และ ΔV_{ab} ?



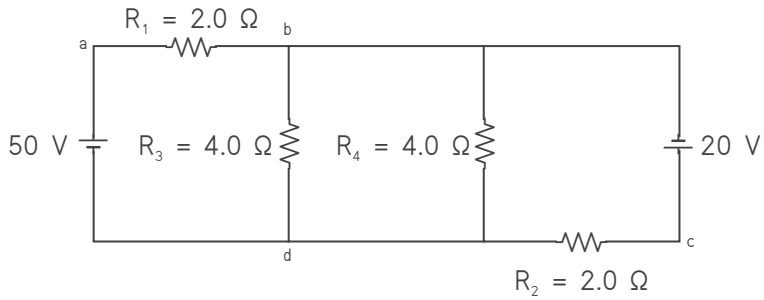
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $I_2 = 0 \text{ A}$, $I_3 = 1 \text{ A}$, $I_4 = 2 \text{ A}$, $I_5 = 1 \text{ A}$ and $|\Delta V_{ab}| = 0 \text{ V}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.92 Challenge

จากรูปด้านล่าง จงหาค่ากำลังที่สูญเสียให้กับตัวต้านทานแต่ละตัว?



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : $\mathcal{I}_1 = 800 \text{ W}$, $\mathcal{I}_2 = 450 \text{ W}$, $\mathcal{I}_3 = 25 \text{ W}$ and $\mathcal{I}_4 = 25 \text{ W}$

วงจร RC (RC Circuits) [Additional]

Solution of the Equation $\alpha \frac{dx}{dt} + \beta x - \gamma = 0$

จาก $\alpha \frac{dx}{dt} + \beta x - \gamma = 0$

$$\frac{dx}{\beta x - \gamma} = -\frac{1}{\alpha} dt$$

$$\int_0^x \frac{dx}{x - \frac{\gamma}{\beta}} = -\frac{\beta}{\alpha} \int_0^t dt$$

$$\ln\left(x - \frac{\gamma}{\beta}\right) \Big|_0^x = -\frac{\beta}{\alpha} t \Big|_0^t$$

$$\ln\left(\frac{x - \frac{\gamma}{\beta}}{-\frac{\gamma}{\beta}}\right) = -\frac{\beta}{\alpha} t$$

$$\ln\left(1 - \frac{\beta x}{\gamma}\right) = -\frac{t}{\tau} \quad ; \quad \tau = \frac{\alpha}{\beta}$$

$$1 - \frac{\beta x}{\gamma} = e^{-t/\tau}$$

$$\frac{\beta x}{\gamma} = 1 - e^{-t/\tau}$$

$$x = \frac{\gamma}{\beta} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$x = x_{\max} (1 - e^{-t/\tau}) \quad ; \quad x_{\max} = \frac{\gamma}{\beta}$$

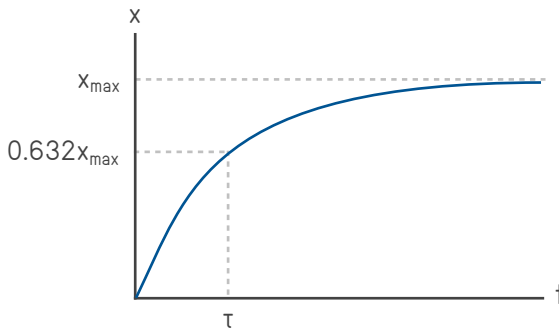
ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



ผลเฉลยของสมการ $\alpha \frac{dx}{dt} + \beta x - \gamma = 0$

เมื่อสมการอยู่ในรูป $\alpha \frac{dx}{dt} + \beta x - \gamma = 0$ เมื่อ $x(0) = 0$

จะได้ผลเฉลยของสมการ คือ $x = x_{\max}(1 - e^{-t/\tau})$; $\tau = \frac{\alpha}{\beta}$ และ $x_{\max} = \frac{\gamma}{\beta}$



τ คือ ค่าคงที่ของเวลา (Time Constant)

$x_{\max}$ คือ ค่า x สูงสุด



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Solution of the Equation $\alpha \frac{dx}{dt} + \beta x = 0$

จาก $\alpha \frac{dx}{dt} + \beta x = 0$

$$\int_{x_0}^x \frac{dx}{x} = -\frac{\beta}{\alpha} \int_0^t dt$$

$$\ln(x) \Big|_{x_0}^x = -\frac{\beta}{\alpha} t \Big|_0^t$$

$$\ln\left(\frac{x}{x_0}\right) = -\frac{\beta}{\alpha} t$$

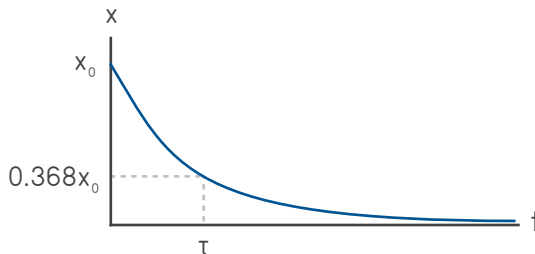
$$x = x_0 e^{-t/\tau} \quad ; \quad \tau = \frac{\alpha}{\beta}$$



ผลเฉลยของสมการ $\alpha \frac{dx}{dt} + \beta x = 0$

เมื่อสมการอยู่ในรูป $\alpha \frac{dx}{dt} + \beta x = 0$ เมื่อ $x(0) = x_0$

จะได้ผลเฉลยของสมการ คือ $x = x_0 e^{-t/\tau} \quad ; \quad \tau = \frac{\alpha}{\beta}$

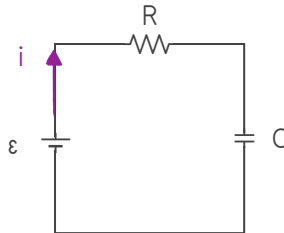


τ คือ ค่าคงที่ของเวลา (Time Constant)

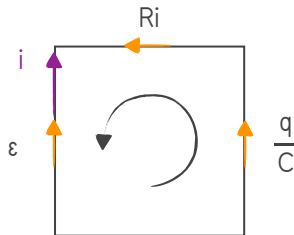
x_0 คือ ค่า x เริ่มต้น (ที่เวลา $t = 0$ s)

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Charging a Capacitor : พิจารณาวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า ε ตัวต้านทานขนาด R และตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาด C ดังรูปด้านล่าง



พิจารณาแผนภาพความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังรูปด้านล่าง



จาก $\Sigma \Delta V = 0$

$$Ri + \frac{q}{C} - \varepsilon = 0$$

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q - \varepsilon = 0 \quad ; \quad i = \frac{dq}{dt}$$

จะได้ $q = Q(1 - e^{-t/\tau}) \quad ; \quad \tau = RC \text{ และ } Q = \varepsilon C$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

จาก $i = \frac{dq}{dt}$

$$i = \frac{d}{dt}(Q(1 - e^{-t/\tau}))$$

$$i = \frac{Q}{\tau}e^{-t/\tau}$$

$$i = \frac{\varepsilon C}{RC}e^{-t/\tau}$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R}e^{-t/\tau}$$

$$i = Ie^{-t/\tau} \qquad ; I = \frac{\varepsilon}{R}$$



การชาร์จประจุไฟฟ้า

$$q = Q(1 - e^{-t/\tau}) \qquad ; \tau = RC \text{ และ } Q = \varepsilon C$$

q คือ ประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุที่เวลา t

Q คือ ประจุไฟฟ้าสูงสุดที่สะสมในตัวเก็บประจุ

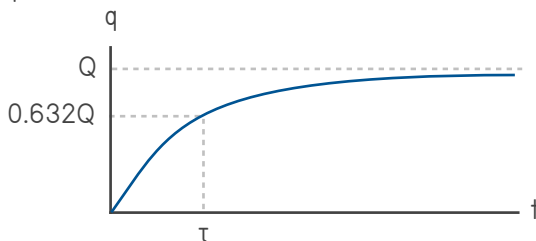
τ คือ ค่าคงที่ของเวลา

t คือ เวลา

ε คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า

R คือ ความต้านทาน

C คือ ความจุไฟฟ้า

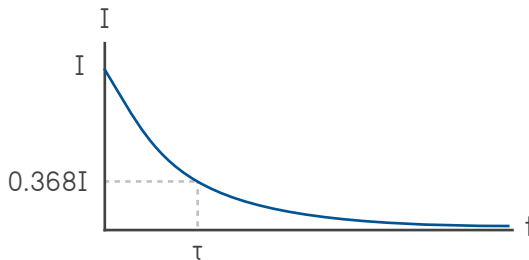


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

$$i = Ie^{-t/\tau} \quad ; \quad I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

i คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุที่เวลา t

I คือ กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ



Problem 14.93 Challenge

วงจรอนุกรม RC ประกอบด้วยแบตเตอรี่ขนาด 12.0 V ตัวต้านทานขนาด 1.50 MΩ และตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาด 2.50 μF จงหา

- ค่าคงที่ของเวลา?
- ประจุไฟฟ้าสูงสุดที่สะสมบนตัวเก็บประจุไฟฟ้า?
- เวลาที่ใช้ในการชาร์จเท่าใด จึงจะมีประจุสะสม 15.0 μC?

Answer : a) 3.75 s, b) 30.0 μC and c) 2.60 s



ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

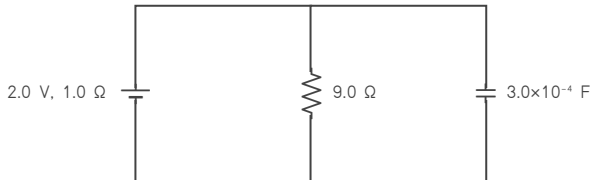
Problem 14.94 Challenge

ต้องใช้เวลาเป็นกี่เท่าของค่าคงที่ของเวลา เพื่อชาร์จประจุไฟฟ้าจากเดิมซึ่งไม่มีประจุไฟฟ้าอยู่แล้ว จนมีประจุไฟฟ้าสะสมเป็น 75% ของประจุไฟฟ้าสูงสุด?

Answer : $\ln(4)$

Problem 14.95

จากรูปด้านล่าง ที่เวลานานมากๆ ประจุจะสะสมในตัวเก็บประจุเท่าใด?

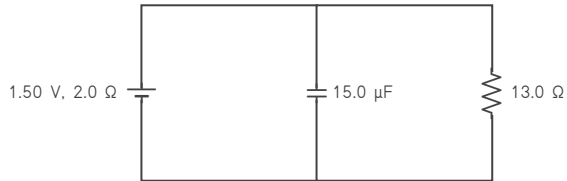


Answer : $5.4 \times 10^{-4} \text{ C}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Problem 14.96

จากรูปด้านล่าง ที่เวลานานมากๆ จงหา?

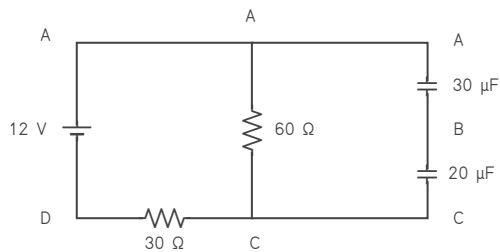


- กระแสไฟฟ้าในวงจร?
- ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุ?
- ประจุที่สะสมในตัวเก็บประจุ?

Answer : a) 0.100 A, b) 1.30 V and c) 19.5 μC

Problem 14.97

จากรูปด้านล่าง ที่เวลานานมากๆ จงหาความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับ B?

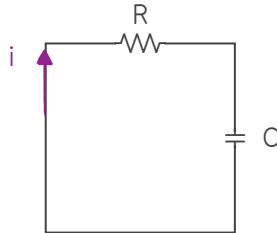


ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

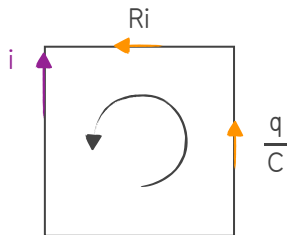
Answer : 3.2 V

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Discharging a Capacitor : พิจารณาวงจรไฟฟ้าประกอบด้วย
ตัวต้านทานขนาด R และตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาด C ดังรูปด้านล่าง



พิจารณาแผนภาพความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังรูปด้านล่าง



จาก

$$\Sigma \Delta V = 0$$

$$Ri + \frac{q}{C} = 0$$

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = 0 \quad ; \quad i = \frac{dq}{dt}$$

จะได้

$$q = q_0 e^{-t/\tau} \quad ; \quad \tau = RC$$

จาก

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$i = \frac{d}{dt}(q_0 e^{-t/\tau})$$

$$i = -\frac{q_0}{\tau} e^{-t/\tau}$$

$$i = -I_0 e^{-t/\tau} \quad ; \quad I_0 = \frac{q_0}{\tau}$$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



การคายประจุไฟฟ้า

$$q = q_0 e^{-t/\tau} \quad ; \quad \tau = RC$$

q คือ ประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุที่เวลา t

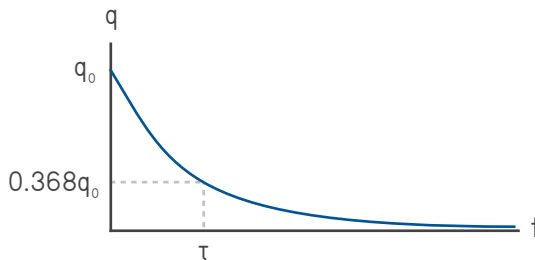
q_0 คือ ประจุไฟฟ้าเริ่มต้นในตัวเก็บประจุไฟฟ้า (ที่เวลา $t = 0$ s)

τ คือ ค่าคงที่ของเวลา

t คือ เวลา

R คือ ความต้านทาน

C คือ ความจุไฟฟ้า

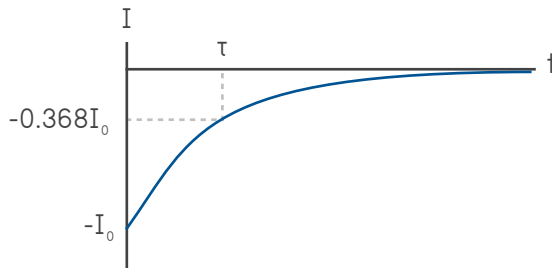


$$i = -I_0 e^{-t/\tau} \quad ; \quad I_0 = \frac{q_0}{\tau}$$

i คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุที่เวลา t

I_0 คือ กระแสไฟฟ้าเริ่มต้นที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้า (ที่เวลา $t = 0$ s)

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)



ในการคายประจุกระแสไฟฟ้าเป็นค่าลบ นั่นคือ กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางตรงข้ามกับตอนที่ทำการชาร์จประจุไฟฟ้า



Problem 14.98 Challenge

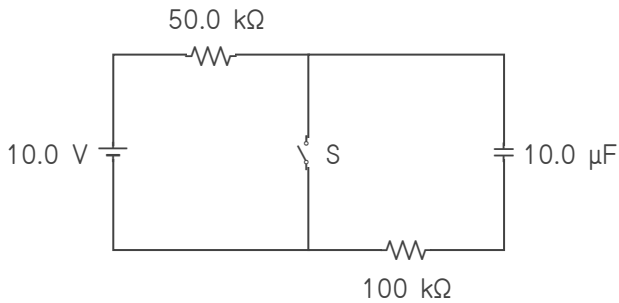
ต้องใช้เวลาเป็นกี่เท่าของค่าคงที่ของเวลา เพื่อให้ตัวเก็บประจุไฟฟ้าคายประจุไฟฟ้าจากเดิม Q ออกจนเหลือประจุไฟฟ้า $Q/3$?

Answer : $\ln(3)$



Problem 14.99 Challenge

จากรูปด้านล่าง เมื่อสวิตช์ S ถูกเปิดไว้นานมาก หลังกลับสวิตซ์ลงที่เวลา $t = 0$ s จงหา



- ค่าคงที่ของเวลาที่เวลา $t < 0$ s?
- ค่าคงที่ของเวลาที่เวลา $t \geq 0$ s?
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสวิตซ์ S ที่เวลา $t \geq 0$ s?

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

Answer : a) 1.50 s, b) 1.00 s and c) $200 + 100e^{-t} \mu\text{A}$

ไฟฟ้ากระแส (Electric Current)

