PHYS1301 Introduction to Physics

ฟิสิกส์เบื้องต้น

บรรยายครั้งที่ 12
6 มีนาคม 2555

ไฟฟ้ากระแสตรง
(Direct Current)

- กระแสไฟฟ้า
- ความต้านทานและกฎของโอห์ม
- วงจรไฟฟ้ากระแสตรง
- พลังงานและกำลังไฟฟ้า

ดร.ภาณุวัฒน์ ชิมะลาวงค์

ห้องพัก 2642 อาคาร 26 โทร 0-2942-6900-99 ต่อ 5018
Website: http://p-chimalawong.freevar.com/page/teaching.html
e-mail: p.chimalawong@gmail.com

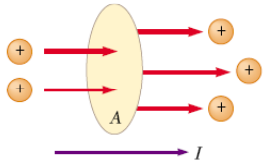
Direct Current

ไฟฟ้ากระแสตรง

ก่อนหน้านี้ เราศึกษาประจุที่อยู่ในสภาวะสมดุล หรือ electrostatics ในตอนนี้ เราจะพิจารณาในกรณีที่ประจุเคลื่อนที่หรือไม่อยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อประจุเคลื่อนที่ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า (I) คือ ปริมาณของประจุที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดหนึ่งๆ ใน หนึ่งหน่วยเวลา หรือ "อัตราการไหลของประจุผ่านพื้นที่หน้าตัดหนึ่งๆ"



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

ปริมาณประจุ (คูลอมบ์; C)

หน่วยคือ คูลอมบ์ต่อวินาที (C/s) หรือ แอมแปร์ (A)

เวลา (วินาที; s)

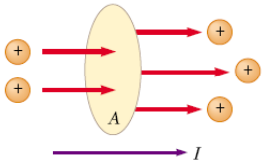
- ทิศของกระแสไฟฟ้ากำหนดให้เป็นทิศที่ประจุบวกเคลื่อนที่
- ดังนั้นประจุ(อิเล็กตรอน) จะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้าม
- กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere) [1 A = 1 C/s]

Direct Current

ไฟฟ้ากระแสตรง

การเคลื่อนที่ของประจุกับกระแสไฟฟ้า

ประจุไฟฟ้าพวกนี้เคลื่อนที่ได้อย่างไร?



ประจุไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้เพราะมีสนามไฟฟ้าอยู่ภายในตัวนำ (อยู่ในสภาวะที่ไม่สมดุลทางไฟฟ้าเพราะที่ปลายทั้งสองมีศักย์ไฟฟ้า)

เรามักเปรียบเทียบการไหลของกระแสกับการไหลของน้ำ

กระแสและความต่างศักย์ที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ

อุปกรณ์	กระแสไฟฟ้า (A)	ความต่างศักย์ (V)
เครื่องคิดเลข	0.0003	3
หลอดไฟ 100 W	0.45	220
เครื่องกระตุ้นหัวใจ	10-20	10,000
ไฟฉาย	0.1	3
เครื่องปิ้งขนมปัง	5	220
ฟ้าผ่า	20,000	100,000,000

Direct Current

ไฟฟ้ากระแสตรง

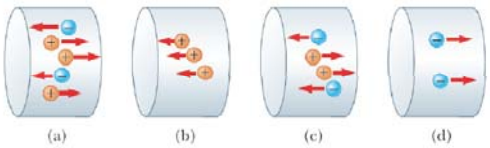
การเคลื่อนที่ของประจุกับกระแสไฟฟ้า

- เมื่อเราให้ความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของเส้นลวด
- อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ได้เองจากสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดแรงกระทำกับอิเล็กตรอน (เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า) $F = -eE$ โดยมีทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า

- แรงเคลื่อนไฟฟ้า นี้เกิดจากการสะสมพลังงานในการเคลื่อนประจุในรูปของพลังงานศักย์ของสนามไฟฟ้า ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าได้แก่ แบตเตอรี่ และ ตัวเก็บประจุ

Concept Test พิจารณาประจุบวก และลบ ที่เคลื่อนที่ดังภาพ ให้เรียงลำดับของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณีจากน้อยไปมาก

Ans. (d), (b), (c), (a)



ตัวอย่าง 12.1 อนุภาคประจุไหลผ่านไส้หลอดไฟฟ้า จำนวน 1.67 C ในเวลา 2.00 s

a) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไส้หลอดเป็นเท่าใด

b) จำนวนอิเล็กตรอนที่ผ่านไส้หลอดในเวลา 5.00 s

แนวคิด a) จากนิยามของกระแสไฟฟ้า $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ $= 0.835\ A$

Data ;
ΔQ = 1.67 C
Δt = 2.00 s
I = ?
t = 5.00 s
n = ?

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไส้หลอดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.835 A

b) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไส้หลอดไฟฟ้ามีขนาดคงที่ ดังนั้นในช่วงเวลา 5.00 s จะมีประจุไหลผ่านหน้าตัดของสายไฟฟ้า

$\Delta Q = I\Delta t$ $= 4.175\,C$

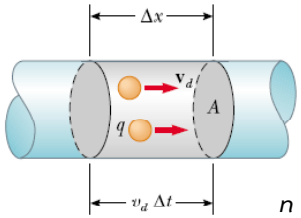
อิเล็กตรอน 1 ตัวมีประจุ 1.602×10^{-19} C ดังนั้นในประจุขนาด 4.175 C คิดเป็นจำนวน (n) อิเล็กตรอน

$Q = ne \longrightarrow n = \frac{Q}{e}$

$= 2.61\times10^{19}$ ตัว

การเคลื่อนที่ของประจุกับกระแสไฟฟ้า

- กระแสไฟฟ้า คือ ปริมาณประจุที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดต่อหน่วยเวลา
- สมมติว่าประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย (v_d) เท่ากันในเนื้อสาร
- ปริมาณประจุที่ผ่านพื้นที่หน้าตัด (A) คือ จำนวนประจุในปริมาตร $A\Delta x$ ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุ q
- ถ้า n เป็น จำนวนประจุต่อปริมาตร ดังนั้น จำนวนประจุทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ $nA\Delta x$ หรือ $\Delta Q = (nAv_d\Delta t)q$



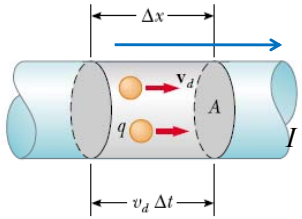
ความเร็วลอยเลื่อน (drift speed) หรือ ความเร็วเฉลี่ย

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqv_d A$$

n คือ จำนวนประจุต่อปริมาตร (ตัว/m^3), q คือ ประจุที่เคลื่อนที่ (C)
v_d คือ ความเร็วเฉลี่ย (m/s) และ A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ (m^2)

ตัวอย่าง 12.2 ลวดทองแดงมีพื้นที่หน้าตัด 3.00×10^{-6} m^2 มีกระแสไหล 10.0 A จงหาความเร็วของอิเล็กตรอนที่วิ่งในลวดทองแดง ถ้าทองแดงมีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนเท่ากับ 8.46×10^{28} ตัว/m^3

แนวคิด $I = nqv_d A \longrightarrow v_d = \frac{I}{nqA}$



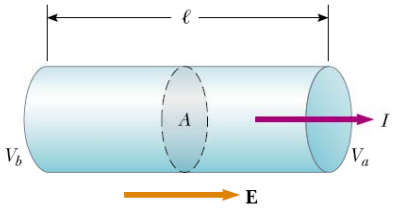
Data ;
A = 3.00×10^{-6} m^2
I = 10.0 A
n = 8.46x1028 /m^3
v_d = ?

$\left(2.46\times10^{-4}\frac{m}{s}\right)\times\left(\frac{10^3\,mm}{1m}\right)$ $= 2.46\times10^{-4}$ m/s หรือ 0.246 mm/s

$= 2.46\times10^{-1}\frac{mm}{s}$

ความเร็วของอิเล็กตรอนที่วิ่งในลวดทองแดงเท่ากับ 0.246 mm/s

กฎของโอห์ม (Ohm's law)



ระดับจุลภาค กระแสไฟฟ้าต่อพื้นที่หน้าตัด คือ ความหนาแน่นของกระแส (J)

$$J \equiv \frac{I}{A} = nqv_d \qquad \mathbf{J} = nq\mathbf{v}_d$$

กฎของโอห์ม นิยามว่า ประจุเคลื่อนที่ได้เนื่องจากสนามไฟฟ้า ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าต่างกันระหว่างสองจุดใดๆ ในตัวนำ ความหนาแน่นของกระแส (J) จะแปรผันตรงกับสนามไฟฟ้า (E)

$J \propto E \longrightarrow \mathbf{J} = \sigma\mathbf{E}$

เมื่อ σ คือ ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity)

ความต้านทานและกฎของโอห์ม

❑ เมื่อเราให้ความต่างศักย์ระหว่างเส้นลวด แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะทำให้เกิดกระแสในเส้นลวด ซึ่งกระแสจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสอง

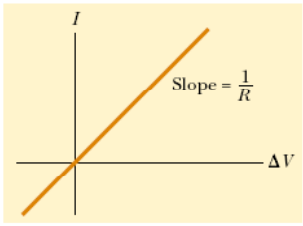
$$I \propto \Delta V$$ ให้ค่าคงที่การแปรผัน คือ R

พิจารณาความหมายของค่า R จากการทดลอง พบว่า $I = \frac{\Delta V}{R}$

ถ้าค่า R มีค่ามาก กระแสที่ไหลในเส้นลวดจะน้อยลง

ถ้าค่า R มีค่าน้อย กระแสที่ไหลในเส้นลวดจะมากขึ้น

❑ ดังนั้นค่า R เปรียบเทียบได้กับความหน่วงที่มีอยู่ในเส้นลวด เรียกว่า "ความต้านทาน" ของการไหลของกระแสไฟฟ้า



(a)

ความต้านทานและกฎของโอห์ม

❑ ค่าความต้านทาน คือ อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าตกคร่อมต่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำนั้น มีหน่วยเป็น V/A หรือ โอห์ม (Ω)

$$R \equiv \frac{\Delta V}{I} \qquad 1\ \Omega \equiv \frac{1\ \text{V}}{1\ \text{A}}$$

❑ ค่าความต้านทานขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง ลักษณะ(ชนิด) ของวัตถุ

❑ สำหรับวัตถุหนึ่งๆ ความต้านทานจะไม่ขึ้นกับกระแส และความต่างศักย์ เรียกว่า กฎของโอห์ม (Ohm's law)

❑ สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของความต้านทาน คือ

ตัวอย่าง 12.3 จงคำนวณหากระแสที่ไหลในกระบอกไฟฉาย ถ้ากำหนดให้หลอดไฟฉายมีความต้านทาน 15 Ω และแบตเตอรี่ที่ใช้มีความต่างศักย์ 3 V

Data ;
R = 15 Ω
ΔV = 3 V
I = ?

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

ดังนั้น กระแสที่ไหลในกระบอกไฟฉายเท่ากับ 0.2 A

ตัวอย่าง 12.4 จงคำนวณหาความต้านทานของเครื่องคิดเลขที่ใช้แบตเตอรี่ที่มีความต่างศักย์ 1.5 V และมีกระแสไหลวงจรรวม 0.5 mA

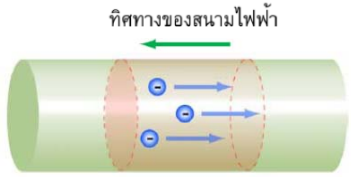
Data ;
ΔV = 1.5 V
I = 0.5 mA
R = ?

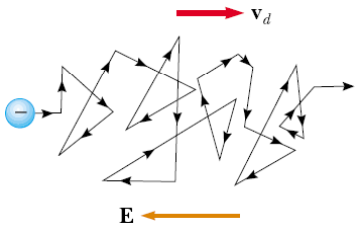
แนวคิด $R = \frac{\Delta V}{I}$ ⟶ $R =$

= 3 kΩ

ดังนั้น ความต้านทานของเครื่องคิดเลขเท่ากับ 3 kΩ

สภาพต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity)





พิจารณาการเคลื่อนที่ของประจุในตัวนำ

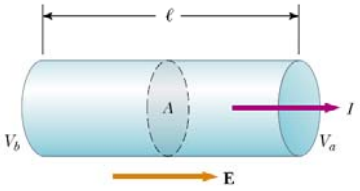
❑ ความต้านทานเกิดขึ้นเนื่องจาก อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร่งจนมีความเร็วมากขึ้น จะเกิดการชนกับอะตอมที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุ ทำให้ความเร็วช้าลง กระแสที่ไหลจึงน้อยลง

❑ ผลของการชนกันทำให้การเคลื่อนที่ของมันมีทิศไม่แน่นอน กระแสที่ไหลจึงน้อยลง แต่โดยรวมแล้วเหมือนกับว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปตามตัวนำ (ทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า) ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง

สภาพต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity)

ในลวดตัวนำ ค่าของความต้านทานอาจจะขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของวัสดุที่ใช้นำไฟฟ้า เช่น เงิน, ทองแดง, เหล็ก, เป็นต้น
- ความยาว (ยาวมากความต้านทานก็มาก)
- พื้นที่ตัดขวางของตัวนำ (พื้นที่มากความต้านทานจะน้อยลง)



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

L = ความยาวของตัวนำ (m)

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ (m^2)

โดยที่ ρ คือ ค่าคงตัวการแปรผัน หรือเรียกว่าเป็น สภาพต้านทาน (Electrical resistivity) มีหน่วยเป็น โอห์มเมตร (Ω.m)

สภาพต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity)

- ค่า ρ นี้ไม่ขึ้นกับขนาด ความยาว หรือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ แต่จะขึ้นกับชนิดของตัวนำ (และอาจจะขึ้นกับอุณหภูมิ)
- ตัวนำต่างชนิดกันจะมีค่า ρ ต่างกัน
- เป็นส่วนกลับของค่าความนำไฟฟ้า σ;

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

Resistivities and Temperature Coefficients of Resistivity for Various Materials

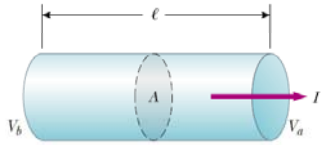
Material	Resistivity[a] ($\Omega \cdot m$)	Temperature Coefficient[b] α [(°C)$^{-1}$]	
Silver	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}	ตัวนำ
Copper	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}	
Gold	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}	
Aluminum	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}	
Tungsten	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}	
Iron	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}	
Platinum	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}	
Lead	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}	
Nichrome[c]	1.50×10^{-6}	0.4×10^{-3}	
Carbon	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}	
Germanium	0.46	-48×10^{-3}	
Silicon	640	-75×10^{-3}	
Glass	10^{10} to 10^{14}		ฉนวน
Hard rubber	$\sim 10^{13}$		
Sulfur	10^{15}		
Quartz (fused)	75×10^{16}		

โดยทั่วไปวัสดุจะมีค่าสภาพต้านทานคงที่ในช่วงอุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น และจะมีค่าสภาพต้านทานเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ ในตัวนำอุดมคติจะมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็นศูนย์ แต่ในฉนวนอุดมคติจะมีสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็นอนันต์

คำถาม จากตารางวัสดุใดเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด?

Concept Test

ลวดตัวนำทรงกระบอกทำจากเงิน รัศมี r ยาว l ถ้าเพิ่มรัศมี (r) และความยาว (l) เป็นสองเท่า



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

1) ค่าสภาพต้านทานของลวดตัวนำจะเป็นอย่างไร a) เพิ่มขึ้น b) ลดลง c) เท่าเดิม

2) ค่าความต้านทานของลวดจะเป็นอย่างไร a) เพิ่มขึ้น b) ลดลง c) เท่าเดิม

Sol.

1) จากตาราง ค่า ρ_{silver} = 1.59x10^{-8} Ω.m

2) r เพิ่มขึ้น 2 เท่า → A เพิ่มขึ้น 4 เท่า ในขณะที่ l เพิ่มขึ้น 2 เท่า

ดังนั้น จากสมการ $R = \rho\frac{L}{A}$; ความต้านทาน (R) จะลดลง 0.5 เท่า

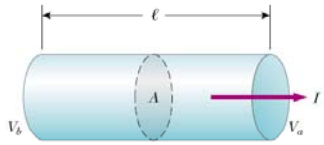
ตัวอย่าง 12.5 เส้นลวดทองแดงเส้นหนึ่งยาว 50 cm มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm จะมีความต้านทานเท่าใด

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

$$A = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$= \frac{\pi\left(1\times10^{-3}\,m\right)^2}{4}$$

$$= 7.85\times10^{-7}\,m^2$$



ρ_{copper} = 1.7x10^{-8} Ω.m

L = 0.50 m

d = 1x10^{-3} m

$$R =$$

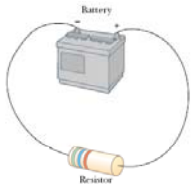
$$= 1.08\times10^{-2}\ \Omega$$

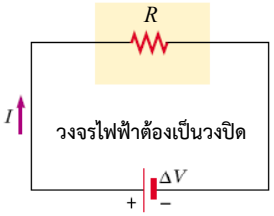
ดังนั้น ความต้านทานของเส้นลวดทองแดงเท่ากับ 1.08x10^{-2} Ω

วงจรไฟฟ้า (Circuit)

วงจรไฟฟ้า คือ การต่ออุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และแหล่งกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า ฯลฯ เข้าด้วยกัน

หรือ





- ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อเชื่อมกันเป็นวงจรปิด
- อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้า หรือ ลวดความร้อน ที่ใช้ประโยชน์จากพลังงานไฟฟ้าจะมีความต้านทานเสมอ เรียกว่า โหลด (load) ของวงจร
- การต่ออุปกรณ์ที่มีความต้านทาน (R) เข้ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์(ΔV) จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในวงจร

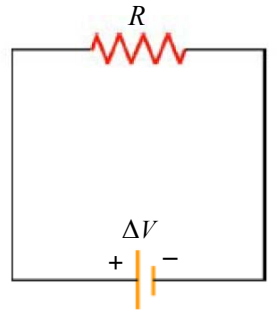
วงจรไฟฟ้า (Circuit)

สัญลักษณ์ในแผนภาพวงจรไฟฟ้า

ตัวต้านทาน (Resistor)

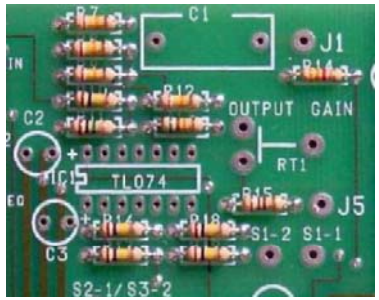
แหล่งกำเนิดความต่างศักย์ (แบตเตอรี่)

ลวดตัวนำ (conductor)



- เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหลายมีความต้านทานเสมอ ดังนั้นเราสามารถใช้สัญลักษณ์ของตัวต้านทานแทนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ
- เรากำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า และ ระบุความต่างศักย์ในวงจรได้ดังในรูป โดยในกรณีนี้ กระแสไฟฟ้าที่ไหลภายในวงจรมีค่าเท่ากับ $I = \frac{\Delta V}{R}$

วงจรไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานหลายตัว



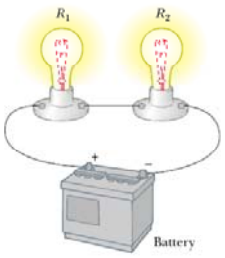
โดยปกติแล้ว ในวงจรไฟฟ้าหนึ่งๆ จะมีตัวต้านทานมากกว่าหนึ่งตัว เราสามารถพิจารณาหากระแสที่ไหลในวงจรได้โดยการหา ความต้านทานสมมูล (equivalent resistance) ของการต่อตัวต้านทาน

- การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม (series)
- การต่อตัวต้านทานแบบขนาน (parallel)
- การต่อตัวต้านทานแบบผสม (combination)

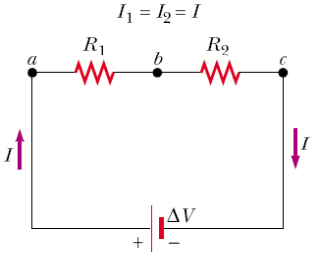
สุดท้ายแล้ว ความต้านทานสมมูล (R_{eq}) คือ ความต้านทานที่ใช้แทนความต้านทานรวมทั้งหมดในวงจรนั่นเอง

วงจรไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานหลายตัว

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม (Series)



กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้ารวมในวงจร ; $I_1 = I_2 = I$

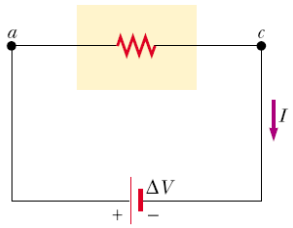


$$\Delta V = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$

$$\Delta V = IR_{\text{eq}}$$

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2$$

$R_{eq} = R_1 + R_2$

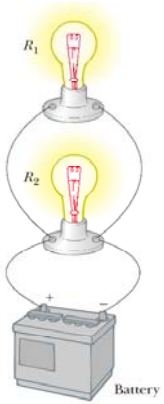


ความต้านทานสมมูลของการต่อแบบอนุกรม

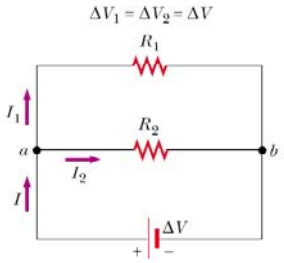
$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$$

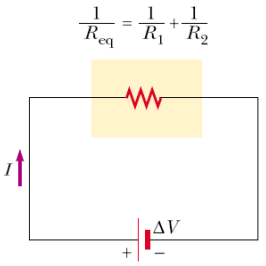
วงจรไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานหลายตัว

การต่อตัวต้านทานแบบขนาน (Parallel)



ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับความต่างศักย์รวมในวงจร ; $\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V$





$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \Delta V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$$

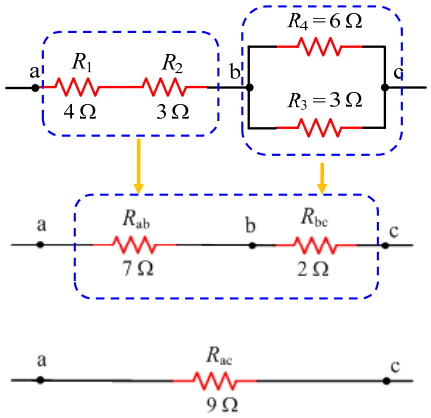
ความต้านทานสมมูลของการต่อแบบขนาน

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

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

วงจรไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานหลายตัว

การต่อตัวต้านทานแบบผสม



$$R_{ab} = R_1 + R_2 \quad \text{(อนุกรม)}$$

$$R_{ab} = 4\Omega + 3\Omega = 7\Omega$$

$$\frac{1}{R_{bc}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \quad \text{(ขนาน)}$$

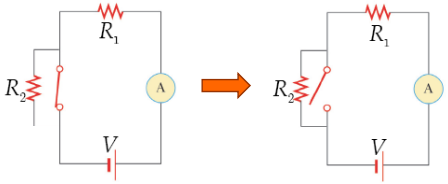
$$\frac{1}{R_{bc}} = \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{6\Omega} = \frac{1}{2\Omega}$$

$$R_{bc} = 2\Omega$$

ความต้านทานรวม $R_{ac} = R_{ab} + R_{bc} = 7\Omega + 2\Omega = 9\Omega$

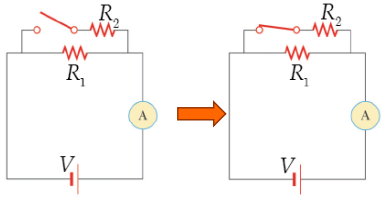
Concept Test

1) วงจรด้านล่างถ้ายกสวิตช์ออก กระแสไฟฟ้าที่อ่านจากแอมมิเตอร์จะเป็นอย่างไร



a) เพิ่มขึ้น b) ลดลง
c) เท่าเดิม d) ศูนย์

2) วงจรด้านล่างถ้าสับสวิตช์ลง กระแสไฟฟ้าที่อ่านจากแอมมิเตอร์จะเป็นอย่างไร



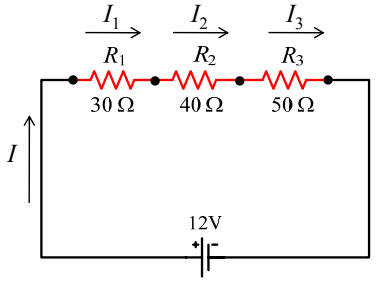
a) เพิ่มขึ้น b) ลดลง
c) เท่าเดิม d) ศูนย์

รู้ไหมว่า...ไฟประดับใช้ การต่อแบบขนาน

ตัวอย่าง 12.6 ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่าความต้านทาน 30 Ω, 40 Ω และ 50 Ω ต่อกันแบบอนุกรมเข้ากับแบตเตอรี่ขนาด 12 V (สมมติไม่คิดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่)

a) จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจร

b) จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว



Solution a) ความต้านทานรวม ; R_{eq} (อนุกรม)

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

$R_{eq} =$ $= 120\Omega$

∴ ความต้านทานรวมของวงจรเท่ากับ 120 โอห์ม

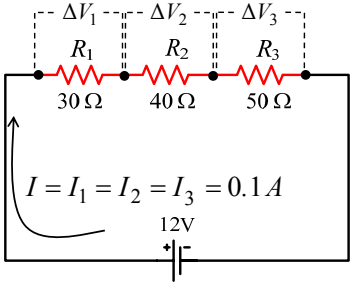
b) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว ; $I = I_1 = I_2 = I_3 \longrightarrow I = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$

$I =$ $= 0.1\,A \longrightarrow I = I_1 = I_2 = I_3 = 0.1\,A$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากับ 0.1 แอมแปร์

ตัวอย่าง 12.6 (ต่อ) ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่าความต้านทาน 30 Ω, 40 Ω และ 50 Ω ต่อกันแบบอนุกรม เข้ากับแบตเตอรี่ขนาด 12 V (สมมติไม่คิดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่)

c) จงหาศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว



Solution c) ศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ; $\Delta V = IR$

$\Delta V_1 = I_1 R_1 = 3.0V$

∴ ศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 30Ω มีค่าเท่ากับ 3.0 โวลต์

$\Delta V_2 = I_2 R_2 = 4.0V$

∴ ศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 40Ω มีค่าเท่ากับ 4.0 โวลต์

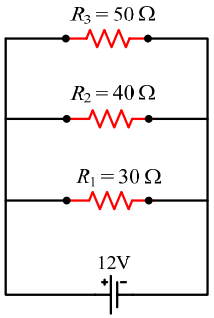
$\Delta V_3 = I_3 R_3 = 5.0V$

∴ ศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 50Ω มีค่าเท่ากับ 5.0 โวลต์

ข้อสังเกต ศักย์ไฟฟ้ารวมที่ตกคร่อมตัวต้านทานทั้ง 3 ตัวจะมีค่าเท่ากับความต่างศักย์ของแหล่งกำเนิด (ในที่นี้คือ แบตเตอรี่ 12V) $\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 = 12V$

ตัวอย่าง 12.7 ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่าความต้านทาน 30 Ω, 40 Ω และ 50 Ω ต่อกันแบบขนานเข้ากับแบตเตอรี่ขนาด 12 V (สมมติไม่คิดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่)

a) จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจร



Solution a) ความต้านทานรวม ; R_{eq} (ขนาน)

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

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{47}{600\,\Omega} \rightarrow R_{eq} = \frac{600\,\Omega}{47} = 12.77\,\Omega$$

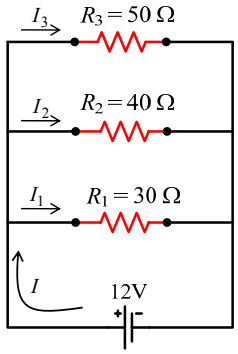
∴ ความต้านทานรวมของวงจรเท่ากับ 12.77 โอห์ม

ข้อสังเกต จากตัวอย่างที่ 12.6 (a) และ 12.7 (a) จะเห็นได้ว่า ถ้านำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรม ค่าความต้านทานรวมจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ถ้านำตัวต้านทานมาต่อกันแบบขนาน ค่าความต้านทานรวมจะมีค่าลดลง

ตัวอย่าง 12.7 (ต่อ) ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่าความต้านทาน 30 Ω, 40 Ω และ 50 Ω ต่อกันแบบขนาน เข้ากับแบตเตอรี่ขนาด 12 V (สมมติไม่คิดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่)

b) จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

c) จงหาศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว



Solution b) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว ; $I = \frac{\Delta V}{R}$

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{12V}{12.77\,\Omega} = 0.94\,A$$

การต่อวงจรแบบขนาน* $\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = 12$ V

$$I_1 = \frac{\Delta V_1}{R_1} \quad ; \quad I_2 = \frac{\Delta V_2}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{\Delta V_3}{R_3}$$

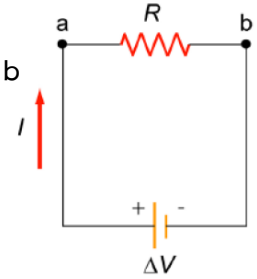
ข้อสังเกต $I = I_1 + I_2 + I_3 = 0.40\,A + 0.30\,A + 0.24\,A = 0.94\,A$

c) ศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ; $\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$ = 12 V

พลังงานและกำลังในวงจรไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า (Power) คือ งานทางไฟฟ้าที่ทำต่อเวลา

❑ พิจารณาพลังงานที่เกิดขึ้น เมื่อประจุไหลจากจุด a ไปยังจุด b พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ลดลง $\Delta U = (\Delta Q)(\Delta V)$



❑ พลังงานที่เกิดขึ้น(หรือสูญเสียไป) ในวงจรไฟฟ้าจะเท่ากับพลังงานศักย์ของประจุทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา t

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)(\Delta V) \rightarrow P = I\Delta V$$

$\frac{\Delta U}{\Delta t} \equiv P$, $\frac{\Delta Q}{\Delta t} \equiv I$

กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt) สัญลักษณ์ “*W*”

ดังนั้น งานที่ทำต่อเวลาหรือกำลังไฟฟ้า (P) ที่ทำโดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอกจะเท่ากับ

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

พลังงานและกำลังในวงจรไฟฟ้า

สมการนี้บอกถึงอัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร

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

$$I = \frac{P}{\Delta V} = \frac{(40\,W)}{220\,V} = 0.18\,A$$

อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีการระบุกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (และความต่างศักย์สำหรับอุปกรณ์นั้นๆ)

- ❑ สายส่งไฟฟ้า จะมีความต้านทานเนื่องจากต้องลากสายเป็นระยะทางไกลๆ ดังนั้นจะมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียไปเนื่องจากสายส่ง
- ❑ การส่งไฟฟ้าที่ดีจึงต้องส่งกำลังไฟฟ้าให้มากที่สุดโดยลดการสูญเสียเนื่องจากความต้านทานในสาย
- ❑ การส่งไฟฟ้าจะส่งด้วยความต่างศักย์สูง เพื่อลดต้นทุนในการผลิตสายไฟฟ้า ซึ่งใช้อะลูมิเนียมที่มีราคาต่ำกว่าทองแดง แต่จะมีความต้านทานสูงกว่า
- ❑ เมื่อให้ความต่างศักย์สูง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายก็จะน้อยทำให้ค่ากำลังที่สูญเสียในสายน้อยไปด้วย $P = I^2R$

ตัวอย่าง 12.8 จงหากำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องหนึ่ง ถ้าแบตเตอรี่ในเครื่องใช้ไฟฟ้ามีขนาด 9 V และมีกระแสไหลผ่านวงจรในเครื่อง 0.5 mA

แนวคิด $P = I\Delta V$

$= 4.5\text{x}10^{-3}$ W $= 4.5$ mW

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้านี้เท่ากับ 4.5 mW

ตัวอย่าง 12.9 จงหาความต้านทานของขดลวดในเตารีดขนาด 1.5 kW ที่ใช้ไฟฟ้า 220 V

แนวคิด $P = \frac{V^2}{R} \longrightarrow R = \frac{V^2}{P}$

$= 32.27\ \Omega$

ดังนั้น ความต้านทานของขดลวดในเตารีดนี้เท่ากับ 32.27 Ω

Final Examination 2/2554

สอบปลายภาค : วิชา PHYS1301 ฟิสิกส์เบื้องต้น กลุ่ม 121,122,123

วัน-เวลา : วันพฤหัสบดี 15 มีนาคม 2555

เวลา 13:00 – 14:30 น. กลุ่ม 121 ห้องสอบ 15-0703

กลุ่ม 122,123 ห้องสอบ 2862

ข้อสอบ ปรนัย 30 ข้อ (บรรยาย 20 ข้อ+ ปฏิบัติ 10 ข้อ)

อัตนัย 6 ข้อ ให้นักศึกษา เลือกทำ 4 ข้อ

เนื้อหา (เฉพาะภาคบรรยาย) : คะแนนเต็ม 20 คะแนน

1) ของไหล (ความหนาแน่น, ความดัน, หลักของปาสคาล, แรงลอยตัว)
2) ความร้อนและอุณหภูมิ (การแปลงอุณหภูมิ, การขยายตัวทางความร้อน, การถ่ายเทความร้อน)
3) คลื่นและเสียง (สมการคลื่น, อัตราเร็วของเสียง, ระดับความเข้มเสียง, ปรากฏการณ์ดอพเปลอร์)
4) ไฟฟ้าสถิต (กฎของคูลอมป์, สนามไฟฟ้า, ความจุไฟฟ้า, ตัวเก็บประจุ)
5) ไฟฟ้ากระแส (กระแสไฟฟ้า, ความต้านทานและกฎของโอห์ม, การต่อวงจรไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า)

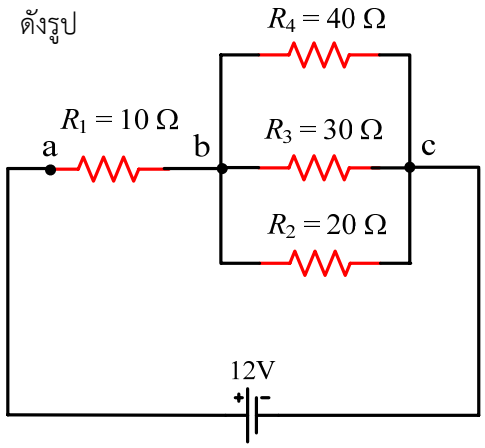
“ขอให้นักศึกษาทุกคนโชคดี”

กลุ่มเรียน.....

ชื่อ-นามสกุล.....**รหัสนักศึกษา**.....**วันที่**.....

Worksheet 7/2555	**เรื่อง : ไฟฟ้ากระแสตรง**	**วิชา PHYS1301 ฟิสิกส์เบื้องต้น**

1. วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแบตเตอรี่ 12 V ต่อกับตัวต้านทาน R_1=10 Ω, R_1=20 Ω, R_1=30 Ω, และ R_1=40 Ω ดังรูป



จงหา a) ความต้านทานรวมของวงจร

b) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

c) ความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

d) กำลังไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (แบตเตอรี่) และกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในตัวต้านทานแต่ละตัว

ความต้านทานรวมของวงจรเท่ากับ.....Ω

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 =.....A กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 =.....A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 =.....A กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_4 =.....A

ความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทาน R_1 =.....V ความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 =.....V

ความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 =.....V ความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทาน R_4 =.....V

กำลังไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับ.....W

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในตัวต้านทาน R_1 =.....W กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในตัวต้านทาน R_2 =.....W

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในตัวต้านทาน R_3 =.....W กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในตัวต้านทาน R_4 =.....W