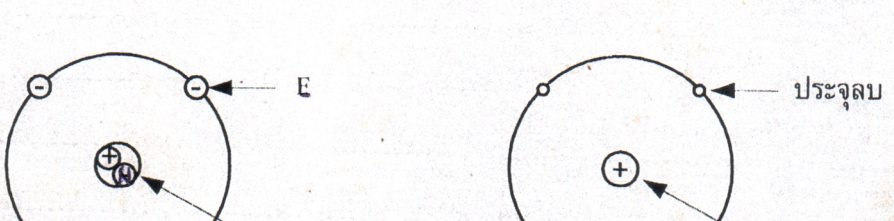
1 ความรู้พื้นฐานทางไฟฟ้า

ประจุไฟฟ้า (Q)

อะตอมของตัวนำไฟฟ้าจะประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอน โดยโปรตอนและนิวตรอนจะอยู่ตรงกลางของอะตอม เรียกว่า นิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนจะวนอยู่รอบนิวเคลียสเป็นวงโคจร ดังรูปที่ 1.1 (ก)



(ก) แรงภายนอกมากระทำ (ข) โปรตอนแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นประจุบวก

รูปที่ 1.1

จากรูปที่ 1.1 (ก) ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำ ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรขณะที่อิเล็กตรอนกำลังเคลื่อนที่ จะทำให้อิเล็กตรอนแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าออกมาเป็นประจุลบ ส่วนโปรตอนจะแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นประจุบวก ดังรูปที่ 1.1 (ข) ประจุไฟฟ้าจะมีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C ; coulomb)

แรงดันไฟฟ้า (E : Voltage)

จากรูปที่ 1.1 (ข) เมื่อมีแรงมากระทำ ทำให้ประจุไฟฟ้าเกิดการเคลื่อนที่ ถ้าเราเอาจำนวนแรงหรืองานที่ทำให้ประจุเคลื่อนที่หารด้วยจำนวนประจุที่เคลื่อนที่ จะได้ปริมาณทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เรียกว่า แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

ตัวอย่างการทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้พลังงานกลขับให้ขดลวดเคลื่อนที่ไปตัดสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ปลายขดลวด เป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ นอกจากนี้ยังมีแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี เช่น แบตเตอรี่ หรือเกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาเซลล์) เป็นต้น สัญลักษณ์ของแรงดันไฟฟ้าโดยทั่วไปใช้ตัว E มีหน่วยเป็นโวลต์ (V) แรงดันไฟฟ้าถ้าเป็นแรงดันไฟสลับจะไม่มีขั้วที่แน่นอน แต่โดยทั่วไปสายไฟที่มีแรงดันไฟฟ้าจะเรียกว่าสายไลน์ ส่วนสายไฟที่ไม่มีแรงดันไฟฟ้าจะเรียกว่า สายกราวด์ (นิวทรัล) ส่วนแรงดันไฟตรงจะมีขั้วที่แน่นอน คือ ขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) โดยขั้วบวกจะมีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าขั้วลบ

ความต่างศักย์ (Potential)

ความต่างศักย์ หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า โดยทั่วไปสัญลักษณ์ของความต่างศักย์ คือ V และมีหน่วยเหมือนกับแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ หมายถึง งานที่ใช้ในการขับประจุไฟฟ้าต่อจำนวนประจุไฟฟ้า เขียนสมการได้ดังนี้

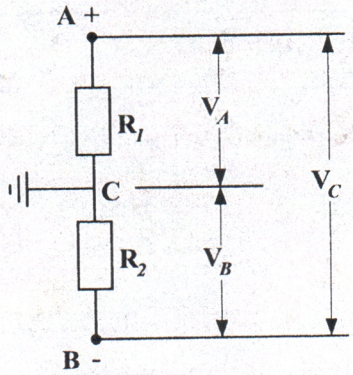
$$E, V = \frac{W}{Q}V \qquad (1.1)$$

เมื่อ E, V คือ แรงดันไฟฟ้า หรือความต่างศักย์ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

W คือ งาน มีหน่วยเป็นจูล (J)

Q คือ ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)

การกล่าวถึงความต่างศักย์หรือแรงดันตกคร่อมจะต้องระบุจุดที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2

จากรูปที่ 1.2 แรงดันไฟฟ้าที่จุด A เทียบกับกราวด์ของวงจร คือ V_A ในทำนองเดียวกันแรงดันไฟฟ้าที่จุด B เทียบกับกราวด์ของวงจร คือ V_B ในรูปที่ 1.2 แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ขั้ว A คือขั้วบวก และที่ขั้ว B คือขั้วลบ แสดงว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว A จะมีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าที่ขั้ว B ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว A สูงกว่าที่ขั้ว B อยู่ 5 V เขียนสมการแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จุด A เทียบกับจุด B ได้ดังนี้

$$V_{AB} = 5 \text{ V}$$

หรือถ้าเขียนสมการแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จุด B เทียบกับจุด A เขียนได้ดังนี้

$$V_{BA} = -5 \text{ V}$$

เครื่องหมายลบแสดงว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว B ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว A อยู่ 5 V จะได้ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าที่จุด A และ B ดังนี้

$$V_{AB} = V_A - V_B \text{ และ } V_{BA} = V_B - V_A$$

ตัวอย่างที่ 1.3 มีพลังงาน 12 J นำไปใช้ขับประจุไฟฟ้าขนาด 3 C จงหาแรงดันไฟฟ้า

วิธีทำ จากสูตร $V = \frac{W}{Q}$ แทนค่า $V = \frac{12\text{ J}}{3\text{ C}}$

$= 4 \text{ V}$

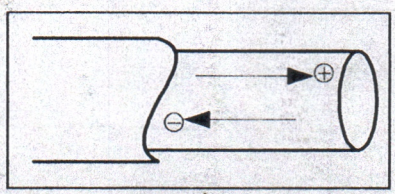
กระแสไฟฟ้า (Electric Current)

กระแสไฟฟ้า หมายถึง อัตราการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า เขียนสมการได้ดังนี้

$$I = \frac{Q}{t} A \qquad (1.2)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
Q คือ ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)
T คือ เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

จะเห็นว่าขั้วแรงดันไฟฟ้าจะใช้เครื่องหมายบวกและลบแทนขั้วแรงดันไฟฟ้า สำหรับกระแสไฟฟ้า เราจะใช้ลูกศรชี้เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลจะไหลจากขั้วบวก



รูปที่ 1.3

ของแรงดันไฟฟ้าไปยังขั้วลบของแรงดันไฟฟ้าแต่กระแสไฟฟ้าที่ไหลจริงๆ จะไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวกเพราะว่าการไหลของกระแสไฟฟ้า คือ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือประจุลบ ดังรูปที่ 1.3

ในวงจรไฟฟ้าจริงๆ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า ถ้ากระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางเดียว เรียกว่า ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current หรือ DC) ส่วนกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลกลับไปกลับมาเรียกว่า ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current หรือ AC)

ตัวอย่างที่ 1.4 กระแสไฟฟ้าขนาด 0.6 A ไหลผ่านหลอดไฟอันหนึ่งทำให้เกิดพลังงาน 9 J ในเวลา 12 s จงหาแรงดันตกคร่อมหลอดไฟฟ้านี้เท่าไร

วิธีทำ จากสูตร $I = \frac{Q}{t}$

$Q = I \times t$

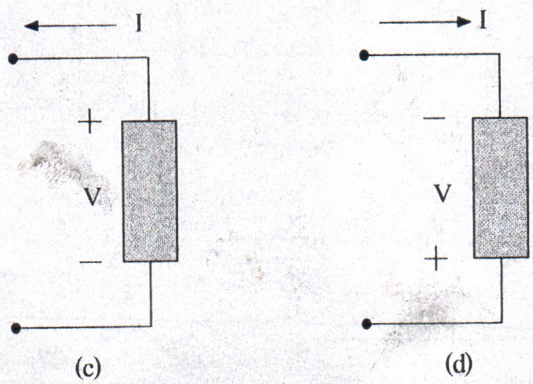
แทนค่า $Q = 0.6 \times 12$

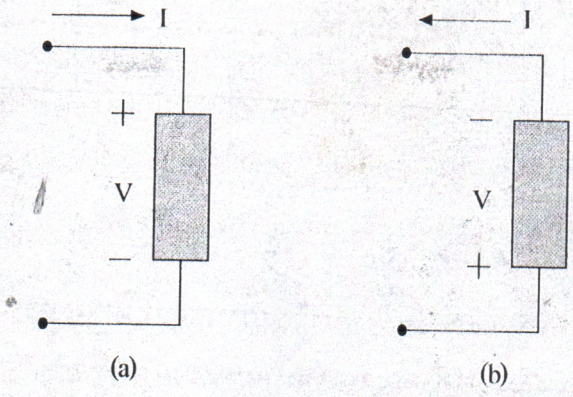
$= 7.2\ C$

จากสมการ $V = \frac{W}{Q}$

แทนค่า $V = \frac{9}{7.2}$

$= 1.25\ V$ **ตอบ**





รูปที่ 1.4

ปกติแล้วทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับขั้วแรงดันไฟฟ้า ถ้าทิศทางกระแสไหลเข้าที่ขั้วบวกของแรงดันไฟฟ้า แสดงว่าแหล่งจ่ายปล่อยพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 1.4 (a) และ (b) แต่ถ้าทิศทางกระแสไหลออกจากขั้วบวกของแรงดันไฟฟ้า แสดงว่าอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะปล่อยพลังงานออกมาภายนอก ดังรูปที่ 1.4 (c) และ (d) ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 1.5 ประจุไฟฟ้า 3 C เคลื่อนที่ไปทางขวาในเวลา ½ s ในขณะเดียวกัน ประจุไฟฟ้า –5 C เคลื่อนที่ไปทางซ้ายในเวลา 1/3 s จงหากระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่เคลื่อนที่ไปทางขวา

วิธีทำ จากสูตร $I = \frac{Q}{t}$

แทนค่า $I_T = \frac{3}{1/2} - \frac{-5}{1/3}$

$= 21$ A **ตอบ**

กำลังไฟฟ้า (Electric Power)

กำลังไฟฟ้าเกิดจากผลคูณของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P = V.I \text{ (W)} \qquad (1.3)$$

หรือ $P = \left[\frac{W}{Q} \cdot \frac{Q}{t}\right]$

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

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

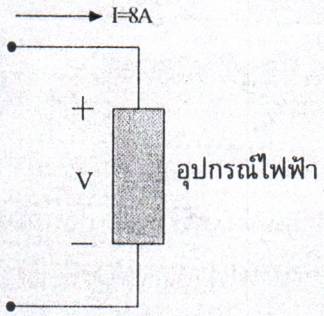
W คือ งาน มีหน่วยเป็นจูล (J)

t คือ เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ตัวอย่างที่ 1.6 จงหา V ในรูปที่ 1.5 เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้ามีคุณสมบัติดังนี้

(a) ได้รับพลังงาน P = 40 mW

(b) ปล่อยพลังงานมาภายนอก P = 16 mW



รูปที่ 1.5

วิธีทำ (a) จากสูตร $P = V.I$

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

แทนค่า $$V = \frac{8\,A}{40\,mW}$$

$$= 200\ V$$

(b) จากสูตร $P = -I.V$

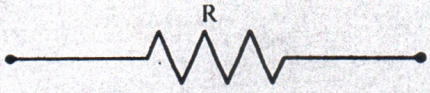
$$V = \frac{-I}{P}$$

$$= \frac{-8\,A}{16\,mW}$$

$$= -500\ V$$ **ตอบ**

ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance)

อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดจะมีความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นตัวต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ ความต้านทานไฟฟ้าสามารถสร้างขึ้นมาเพื่อจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าได้ เรียกว่า ตัวต้านทาน (Resistor) ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตจะผลิตออกมาตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน ความต้านทานไฟฟ้าหรือตัวต้านทานจะมีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω) สัญลักษณ์ของความต้านทานดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6

ความนำไฟฟ้า (Conductance)

ความนำไฟฟ้า (G) หมายถึง ส่วนกลับของความต้านทาน จะมีหน่วยเป็นโมห์ (℧) หรือ ซีเมนต์ (S) สัญลักษณ์ของความนำไฟฟ้าจะเหมือนกับความต้านทาน ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความนำไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้าดังสมการที่ 1.4

$$G = \frac{1}{R} \qquad (1.4)$$

ความต้านทานของตัวนำไฟฟ้า

ในวัสดุทุกชนิดจะมีความต้านทานเสมอ แต่ทั้งนี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุนั้น แม้แต่ตัวนำไฟฟ้าก็ยังมีความต้านทาน สำหรับตัวนำไฟฟ้าที่เป็นโลหะความต้านทานขึ้นอยู่กับคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ความยาวของตัวนำ ค่าความต้านทานจะแปรผันตรงกับความยาวของตัวนำ ถ้าตัวนำมีความยาวเพิ่มขึ้น ความต้านทานจะเพิ่มขึ้นตาม แต่ถ้าความยาวลดลง ความต้านทานก็จะลดลง

2. พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ค่าความต้านทานจะแปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ถ้าตัวนำมีพื้นที่หน้าตัดน้อย จะมีความต้านทานมาก แต่ถ้ามีพื้นที่หน้าตัดมาก จะมีความต้านทานน้อย

3. ความต้านทานจำเพาะของตัวนำ (Resistivity) ใช้อักษรย่อคือ "ρ" ค่าความต้านทานจะแปรผันตรงกับความต้านทานจำเพาะของตัวนำ ถ้าความต้านทานจำเพาะมีค่าน้อย ความต้านทานก็จะน้อย แต่ถ้าความต้านทานจำเพาะตัวนำมีค่ามาก ความต้านทานก็จะมีค่ามากด้วย

ความต้านทานจำเพาะของตัวนำใดๆ หมายถึง ความต้านทานเฉพาะของวัสดุตัวนำที่มีความยาว 1 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างของค่าความต้านทานจำเพาะของวัสดุตัวนำ ดังนี้

อะลูมิเนียม = 2.63×10^{-8} Ω-m

ทองแดง = 1.72×10^{-8} Ω-m

เหล็ก = 10.14×10^{-8} Ω-m

จากคุณสมบัติทั้ง 3 ข้อของตัวนำ สามารถสรุปเป็นสูตรของค่าความต้านทานของตัวนำไฟฟ้าที่เป็นโลหะดังสมการที่ 1.5

$$R = \rho \frac{F}{A} \qquad (1.5)$$

เมื่อ R คือ ความต้านทานของตัวนำ มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

F คือ ความยาวของตัวนำ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

ρ คือ ค่าความต้านทานจำเพาะของตัวนำ มีหน่วยเป็นโอห์ม-เมตร (Ω- m)

ตัวอย่างที่ 1.7 ลวดทองแดงทรงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาว 5 เมตร จะมีความต้านทานเท่าใด

วิธีทำ จากสูตร $R = \rho\frac{F}{A}$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$= \frac{\pi\left(5\times10^{-3}\right)^2}{4}$$

แทนค่า $$R = \frac{(1.72\times10^{-8})\times5}{\frac{3.14\,(5\times10^{-3})^2}{4}}$$

$$R = 4.38\,\Omega$$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.8 ตัวนำมีพื้นที่หน้าตัด 1 mm^2 ยาว 20 เมตร มีความต้านทาน 0.346 Ω จงหาค่าความต้านทานจำเพาะ

วิธีทำ จากสูตร $R = \rho\frac{F}{A}$

$$\rho = \frac{AR}{F}$$

$$\rho = \frac{(1\times10^{-6})m^2\times0.346}{20\,m}$$

$$\rho = 1.73\times10^{-8}\,\Omega\text{-m}$$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.9 อะลูมิเนียมทรงกลมมีความยาว 1,000 เมตร มีความต้านทาน 10 Ω จงหาพื้นที่หน้าตัดและเส้นผ่าศูนย์กลางของอะลูมิเนียม

วิธีทำ จากสูตร $R = \rho\frac{F}{A}$

หรือ $A = \rho\frac{F}{R}$

แทนค่า $$A = \frac{2.63\times10^{-8}\times1{,}000}{10}$$

$$= 2.63\times10^{-6}\ m^2$$

พื้นที่หน้าตัด $A = 2.63\ mm^2$

จากสูตร $A = \pi d^2/4$

$$d^2 = (4A/\pi)$$

$$d = (4\times2.63\times10^{-6}/\pi)^{1/2}$$

เส้นผ่าศูนย์กลาง $d = 1.829\ mm$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.10 ถ้าต้องการพันขดลวดทำเนตเวิร์กให้มีค่าความต้านทาน 0.8 Ω โดยใช้ขดลวดทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัด 2 mm^2 จะต้องใช้ขดลวดยาวเท่าไร

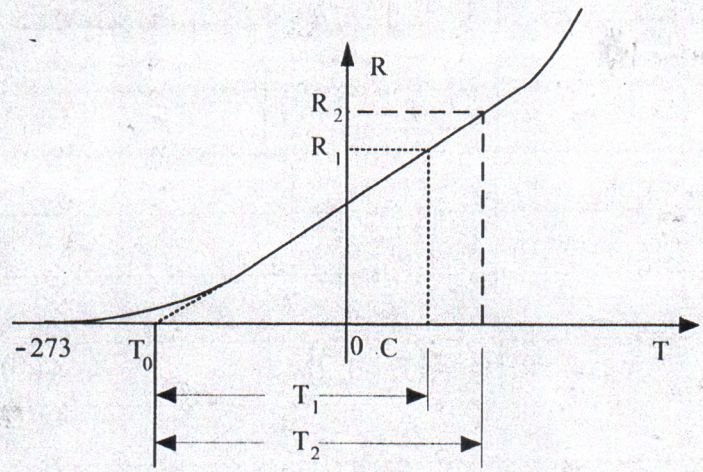
วิธีทำ จากสูตร $R = \rho\frac{F}{A}$

$$F = \frac{RA}{\rho}$$

แทนค่า $F = \dfrac{(0.8\times2\times10^{-6})}{1.72\times10^{-8}}$

$\therefore$ ลวดทองแดงยาว = 93.023 m ตอบ

นอกจากนี้ ความต้านทานของตัวนำไฟฟ้าที่เป็นโลหะยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ผลของอุณหภูมิต่อค่าความต้านทาน ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นความต้านทานจะเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าความต้านทานดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7

จากรูปที่ 1.7 จะเห็นว่าที่ตำแหน่ง T_0 เป็นตำแหน่งที่วัสดุนำไฟฟ้าที่เป็นโลหะมีค่าความต้านทานเป็นศูนย์โอห์ม เรียกว่า อุณหภูมิสมบูรณ์ ตัวอย่างค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ดังต่อไปนี้

เหล็ก	-180 °C
ทังสเตน	-202 °C
ทอง	-274 °C
เงิน	-243 °C
อะลูมิเนียม	-236 °C
ทองแดง	-235 °C

ตัวอย่าง ค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิดังต่อไปนี้

ทองแดง	=	0.00393 $^{\circ}C^{-1}$
อะลูมิเนียม	=	0.0039 $^{\circ}C^{-1}$
เงิน	=	0.0038 $^{\circ}C^{-1}$
ทอง	=	0.0034 $^{\circ}C^{-1}$

จากรูปที่ 1.7 จะได้ความสัมพันธ์ของ R_1 และ R_2 ตามหลักของสามเหลี่ยมคล้ายดังนี้

$$\tan\theta = \frac{R_1}{T_1-T_0} = \frac{R_2}{T_2-T_0}$$

หรือ $$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T_2-T_0}{T_1-T_0}$$

$$R_2 = R_1\left[\frac{T_2-T_0}{T_1-T_0}\right]$$

$$= R_1\left[\frac{(T_1-T_0)+(T_2-T_1)}{T_1-T_0}\right]$$

$$= R_1\left[1+\frac{(T_2-T_1)}{T_1-T_0}\right]$$

$$R_2 = R_1\left[1+\alpha\left(T_2-T_1\right)\right] \qquad (1.6)$$

เมื่อ R_1 คือ ความต้านทานเดิมที่อุณหภูมิ T_1

R_2 คือ ความต้านทานใหม่ที่อุณหภูมิ T_2

α คือ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ มีหน่วยเป็น $^{\circ}C^{-1}$

$$\alpha = \frac{1}{T_1-T_0}$$

แบบประเมินผลการเรียนรู้ หน่วยที่ 1

1. จงเปลี่ยนคำนำหน้าหน่วยต่อไปนี้เป็นกิโล (K)

   (a) 0.1 MΩ (b) 100 Ω (c) 1 MV (d) 1000 V

2. จงเปลี่ยนคำนำหน้าหน่วยต่อไปนี้เป็นมิลลิ (m)

   (a) 1 A (b) 0.1 kA (c) 1 μA (d) 10 W

.....

3. แบตเตอรี่มีพลังงาน 80 J ทำการขับประจุ 16 C จงหาแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่

.....

4. แบตเตอรี่มีงาน 7.5 J และมีแรงดันไฟฟ้า 1.5 V สามารถขับประจุได้กี่คูลอมบ์

.....

5. มีกระแสไฟฟ้า 40 ไมโครแอมป์ ไหลผ่านตัวนำในเวลา 2.5 mS จงหาประจุไฟฟ้า

.....

6. ประจุไฟฟ้าขนาด 0.2 C ทำให้เกิดกระแส 5 mA จะใช้เวลาเคลื่อนที่นานเท่าใด

.....

7. ประจุไฟฟ้าขนาด $Q = 2t^3 - 4t$ mC จงหากระแสไฟฟ้าที่เวลา t = 0 และ 2 s

.....

8. หลอดไฟฟ้าขนาด 100 W ใช้กระแสไฟฟ้า 68 mA ขับประจุไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ผ่านหลอดไฟฟ้าจำนวน 30 C จะใช้เวลานานเท่าใด

.....

9. มีกระแสไฟฟ้าขนาด 10 mA ไหลผ่านตัวนำในเวลา 20 s ทำให้เกิดงาน 5 J จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเท่าใด

10. ลวดทองแดงทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 mm ยาว 20 เมตร จะมีความต้านทานเท่าใด

.....

11. สายทองแดงทรงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 mm วัดค่าความต้านทานได้ 4 Ω จะมีความยาวเท่าใด

.....

12. จงหาความต้านทานของตัวนำไฟฟ้า ยาว 100 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 1 mm^2 และมีความต้านทานจำเพาะเท่ากับ 50×10^{-8} Ω-m

.....

13. จากข้อ 12. ถ้าเป็นความต้านทานที่อุณหภูมิ 20°C จงหาความต้านทานที่อุณหภูมิ 5°C และ 40 °C

.....

14. ตัวนำไฟฟ้ามีความต้านทาน 20 Ω ที่อุณหภูมิ 40 °C และมีความต้านทาน 25 โอห์ม ที่อุณหภูมิ 85 °C จงหาค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ