Chapter 2 Electricity → ดู ค.ท.

กระแสไฟฟ้า (I) และ การนำไฟฟ้าในอุปกรณ์พื้นฐานต่างๆ

① **กระแสไฟฟ้า (I)** พิจารณาเป็น 2 ชนิดกล่าวคือ

1) กระแสจริง : เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางเดียวกับประจุลบ บางครั้งเรียกว่ากระแสอิเล็กตรอน

2) กระแสสมมติ : เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางเดียวกับ ประจุบวก (ทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า, $\vec{E}$)หรือมีทิศตรงข้ามกับประจุลบ เป็นกระแสตามสากลนิยมที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์วงจรต่างๆ

↳ คำนวณ

② **การนำไฟฟ้าในตัวกลางต่างๆ**

1) **การนำไฟฟ้าในโลหะ** : เกิดจาก e^- อิสระโดยเมื่อไม่ต่อกับความต่างศักย์ e^- จะเคลื่อนที่แบบ Brownian แต่ถ้าต่อกับความต่างศักย์ e^- จะเคลื่อนที่แบบมีความเร็วเรียก ความเร็วนี้ว่า ความเร็วลอยเลื่อน (Drift Velocity) (V_{ab} เมื่อต่อ Volt)

2) **การนำไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศ (หลอดไดโอด)** : เกิดจาก e^- อิสระโดยต้องให้พลังงานความร้อนแก่ขั้ว Cathode จึงทำให้ e^- หลุดวิ่งไปยังขั้ว Anode ได้ (use heat)

3) **การนำไฟฟ้าในหลอดโฟโตอิเลกทริก** : เกิดจาก e^- อิสระแต่ใช้พลังงานแสงเป็นตัวให้พลังงานเพื่อให้ e^- หลุดออกมาได้ (use Light)

4) **การนำไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊ส** : เกิดจาก e^- อิสระและไอออนบวก (ที่เกิดจากการแตกตัวของโมเลกุลแก๊สที่บรรจุลงไป) (→ มีเยอะ)

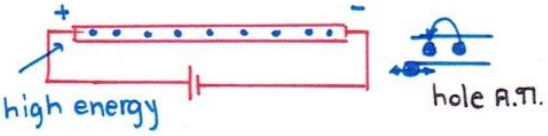
5) **การนำไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโตรไลต์** : เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบ เช่น H_2SO_4, $NaOH$, $CuSO_4$ เป็นต้น

6) **การนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ** (Semiconductor) : เกิดจาก e^- และโฮล (hole) โดยโฮลจะประพฤติตัวคล้ายประจุบวก

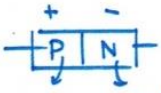
Si Al Ge

③ **ไดโอด (Diode)** เป็นตัวตัดกระแสในวงจรกระแสตรงโดยบังคับให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ทางเดียว ส่วนถ้าต่อในวงจร A.C. จะทำหน้าที่แปลง A.C. ให้เป็น D.C. เรียกว่า ไดโอดกำลัง

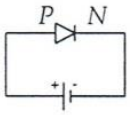
① ↳ ช่องว่างจากการ loss e^- ② hole ค.ท.



การต่อไดโอดในวงจรกระแสตรงมี 2 แบบ กล่าวคือ



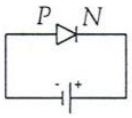
1. ต่อแบบไบอัสตรง (Forward bias)



$I \neq 0$

R ต่ำ

2. ต่อแบบไบอัสกลับ (Reverse bias)

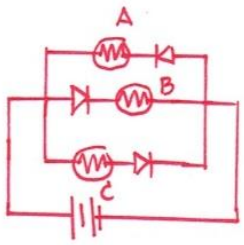


$I = 0$

R สูง

↳ ของ diode

Example



หลอดใดสว่าง

Ⓑ Ⓒ } สว่าง

Ex 1 กระแสในข้อใดบ้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าทั้งบวกและลบ

ก. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ✓ ข. หลอดไฟฟ้าไส้ทังเสตน ✗ (↳ โลหะ)

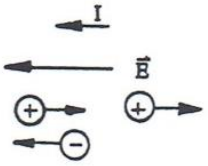
ค. สารละลายกรดกำมะถัน ✓ ง. ไดโอดสารกึ่งตัวนำ ✗

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

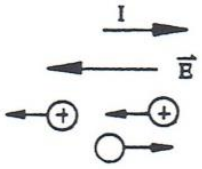
1. ก ข ค และ ง
2. ก ค และ ง
3. ค และ ง
4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

Ex 2 กำหนดให้สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ มีทิศทางดังรูป การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและทิศของกระแสไฟฟ้า I ที่เกิดขึ้นจะเป็นจริงดังรูปในข้อใด

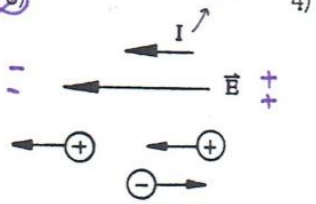
1)



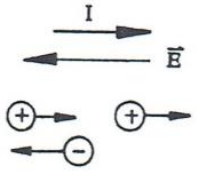
2)



3)



4)



Ex 3 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

1. เมื่อต่อแท่งโลหะกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จะมีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนไปยังขั้วลบ และประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนไปยังขั้วบวก ✗
2. ในการใช้งานไดโอดต้องต่อสาร P กับขั้วลบและต่อสาร N เข้ากับขั้วบวก จึงจะเกิดกระแสไหลผ่านไดโอด ✗
3. เมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นอิเล็กโตรไลท์ โซเดียมอิออนจะจับที่ขั้วลบ คลอไรด์อิออนจะจับที่ขั้วบวก (Na^+ Cl^-)
4. เมื่อต่อหลอดไฟโฆษณากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จะมีเฉพาะประจุลบเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าในตัวนำต่างๆ และ ในลวดโลหะ

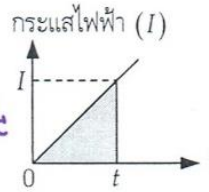
① **สมการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในตัวนำใดๆ** $I = \frac{Q}{t}$ จะได้ $Q = It$

$I = \frac{|+Q| + |-Q|}{t}$

หลัก 1. การคิดค่า Q ในสูตรข้างต้น ไม่คิดเครื่องหมายของประจุ

2. สามารถนำค่า Q ไปโยงในสมการ $Q = Ne$ → 1.6×10^{-19} C

3. ถ้าทำการ Plot กราฟระหว่าง I - t

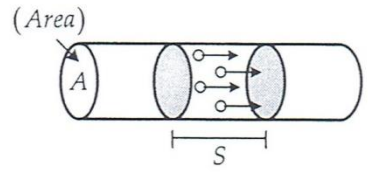


พื้นที่ใต้กราฟเท่ากับ Q

N = จำนวน e^- (ตัว)

$\therefore It = Ne$ ◀

② **การหากระแสในลวดโลหะ** พิจารณา e^- เคลื่อนที่ด้วยความเร็วลอยเลื่อน v ในเวลา t วินาที ผ่านพื้นที่หน้าตัด A ตารางเมตร



$I = \frac{Q}{t} \rightarrow I = nAve$ (v m/s, A m²)

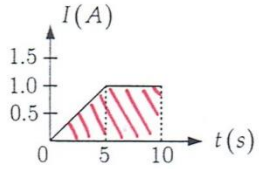
เมื่อ n = ความหนาแน่น e^- (ตัว/ปริมาตร)

NOTE ในโลหะชนิดเดียวกันมีค่า n เท่ากัน

$I = nAve$
$Q = nAvet$
$N = nAvt$

Ex 4 กระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านเส้นลวดโลหะเส้นหนึ่ง สัมพันธ์กับเวลา t ดังกราฟ จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดโลหะนี้ ในช่วงเวลา 0 ถึง 10 วินาที (Ent Oct'41)

1. 5.0 C
2. 6.25 C
3. 7.5 C
4. 8.75 C



$Q = \text{Area}$
$= \frac{1}{2}[10+5]1$
$= 7.5$ C #

Ex 5 ลวดโลหะเส้นหนึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวาง 1 ตารางมิลลิเมตร ถ้ามีกระแสไฟฟ้าจำนวนหนึ่งไหลผ่านลวดนี้ในเวลา 4 วินาที โดยขนาดความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนเท่ากับ 0.02 เซนติเมตรต่อวินาที จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านลวดเส้นนี้ในเวลาดังกล่าว (กำหนดให้ความหนาแน่นอิเล็กตรอนอิสระของโลหะชนิดนี้เท่ากับ 1.0×10^{29} ต่อลูกบาศก์เมตร และประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอนอิสระเท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์) (Ent'37)

1. 8.00 C
2. 10.2 C
3. 12.8 C
4. 16.0 C

$1\ mm^2 = 10^{-6}\ m^2$
$1\ cm^2 = 10^{-4}\ m^2$

$Q = nAvet$
$= 10^{29}(1\times10^{-6})(0.02\times10^{-2})(1.6\times10^{-19})4$
$Q = 12.8$ C #

Ex 6 ลวดตัวนำโลหะขนาดสม่ำเสมอมีปริมาณกระแสต่อหน่วยพื้นที่เท่ากับ 1.0×10^{-6} แอมแปร์/ตารางเมตร และความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระเป็น 5.0×10^{28} /ลูกบาศก์เมตร จงหาขนาดของความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวด

1. 1.25×10^{-16} m/s
2. 1.50×10^{-16} m/s
3. 1.75×10^{-16} m/s
4. 2.00×10^{-16} m/s

$I = nAve$

$v = \frac{I}{nAe} = \frac{10^{-6}}{5\times10^{28}(1.6\times10^{-19})}$

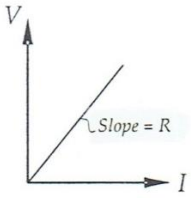
$= 1.25\times10^{-16}$ m/s #

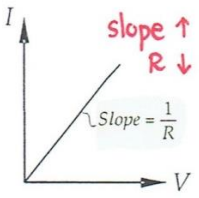
กฎของโอห์ม (Ohm's law) และ การคำนวณค่าความต้านทาน

① **กฎโอห์ม** กล่าวว่า " ที่อุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำโลหะ จะมีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำโลหะนั้น "

$$V = IR$$

กราฟการวิเคราะห์

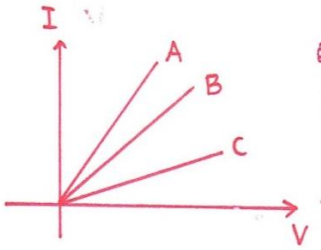




NOTE ผลการทดลองที่เป็นไปตามกฎของโอห์มเมื่อ Plot กราฟระว่าง I - V จะต้องได้กราฟ Linear ผ่านจุด Origin เสมอ

V-I

Eample

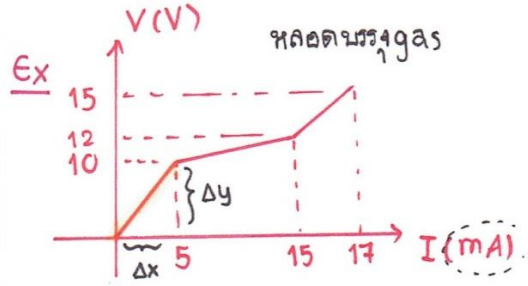


ลวดตัวนำ 3 ชนิด

จง. ปท. ค.ต.ท.

Sol ๑ $R \propto \frac{1}{\text{slope}}$: $m_C < m_B < m_A$

$R_C > R_B > R_A$ #



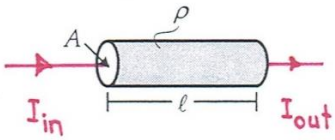
จงหา R ของหลอดในช่วง Ohm's law

Sol ๒ R = slope

$= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{10}{5\times10^{-3}}$

$= 2\times10^{3}\ \Omega = 2\ k\Omega$ #

② **การหาค่าความต้านทานของลวดโลหะ**



$$R = \rho\frac{\ell}{A} \quad * \qquad G = \frac{1}{R} \qquad \sigma = \frac{1}{\rho}$$

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

เมื่อ R = ความต้านทาน (โอมห์, Ω) , ρ = สภาพต้านทาน (Ω - m) , A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

G = ความนำไฟฟ้า (ซีเมนต์, Sm) , σ = สภาพนำไฟฟ้า (Sm/m)

NOTE ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับความหนาแน่น (Density, D)

$R = \rho\frac{\ell}{A}\times\frac{\ell}{\ell} = \rho\frac{\ell^2}{V}$ * จาก $\left(D = \frac{m}{V}\right)$ จะได้ว่า $R = \rho\frac{\ell^2 D}{m}$ สรุปว่า $R \propto D$

$V = \frac{m}{D}$

▶ ลวดชนิดเดียวกัน [ρ เท่า / n เท่า ◀

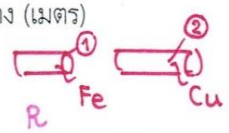
③ การเปรียบเทียบความต้านทาน

$R = \rho\frac{l}{A}$, $A = \frac{\pi d^2}{4}$

<u>CASE 1</u> เปรียบเทียบลวดต่างชนิดกัน หรือ ลวดชนิดเดียวกันแต่ต่างขนาด

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\left(\frac{\ell_2}{\ell_1}\right)\left(\frac{A_1}{A_2}\right)\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

เมื่อ d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)

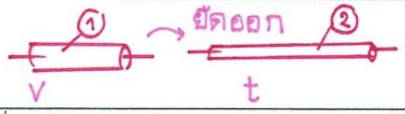


<u>CASE 2</u> การ ยืด – หด เส้นลวด หรือ ดึง – รีด เส้นลวด

<u>หลัก</u> ปริมาตรก่อนการยืด = ปริมาตรหลังการยืด

$$A_1L_1 = A_2L_2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{\ell_2}{\ell_1}\right)^2 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4$$



Ex 7 ตัวต้านทานไฟฟ้ามีความต้านทาน 6 กิโลโอห์ม ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ภายในเวลา 20 นาทีจะมีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวต้านทานนี้เท่าใด (Ent'38)

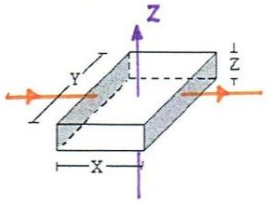
Q = ?

1. 2.4 C
2. 24 C
3. 40 C
4. 240 C

$Q = It = \frac{V}{R}t = \frac{12}{6\times10^3}(20\times60) = 2.4\ C$ #

Ex 8 วัสดุชิ้นหนึ่งมีขนาดกว้าง X ยาว Y หนา Z มีสภาพต้านทาน ρ ความต้านทานระหว่างผิวที่แรเงามีค่าเท่าใด (Ent'40)

1. $\frac{\rho X}{YZ}$
2. $\frac{\rho Y}{XZ}$
3. $\frac{\rho Z}{XY}$
4. $\frac{X}{\rho YZ}$



$R = \rho\frac{l}{A}$ → ⊥กับ I

$= \rho\frac{X}{YZ}$ #

โจทย์! $R_Z = \frac{\rho Z}{XY}$

Ex 9 แท่งกราไฟต์มีสภาพต้านทาน 3.5×10^{-5} โอห์ม-เมตร มีความยาว 1 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร เหล็กมีสภาพต้านทาน 1.0×10^{-7} โอห์ม-เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งกราไฟต์ ลวดเหล็กจะต้องยาวกี่เมตร จึงจะมีความต้านทานเท่ากับความต้านทานของแท่งกราไฟต์ (Ent'40 เติมคำ)

① C ② Fe

$\rho_1 = 3.5\times10^{-5}\ \Omega\cdot m$ $\rho_2 = 10^{-7}\ \Omega\cdot m$

$l_1 = 1\ cm$ $l_2 = ?$

$d_1 = 1\ mm$ $d_2 = 2\ mm$

R R

$R = \rho\frac{l}{A} \rightarrow l = \frac{RA}{\rho}$

$\frac{l_2}{l_1} = \frac{R_2}{R_1}\cdot\frac{A_2}{A_1}\cdot\frac{\rho_1}{\rho_2}\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$

$\frac{l_2}{0.01} = \left(\frac{2}{1}\right)^2\cdot\frac{3.5\times10^{-5}}{10^{-7}} \Rightarrow l_2 = 14\ m$ #

Ex 10 ลวดทองแดงขนาดสม่ำเสมอเส้นหนึ่งมีความยาว L ความต้านทาน R และสภาพต้านทาน ρ ถ้าตัดลวดเส้นนี้ออกเป็นสองเส้นเท่าๆ กัน ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง (Ent'38)

1. ลวดแต่ละเส้นจะมีความต้านทาน $2R$ และสภาพต้านทาน 2ρ
2. ลวดแต่ละเส้นจะมีความต้านทาน $2R$ และสภาพต้านทาน ρ
3. ลวดแต่ละเส้นจะมีความต้านทาน $R/2$ และสภาพต้านทาน $\rho/2$
4. ลวดแต่ละเส้นจะมีความต้านทาน $R/2$ และสภาพต้านทาน ρ

① $2L, R, \rho$ ② $L, R_2 = ?$

$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1}\cdot\frac{L_2}{L_1}\cdot\frac{A_1}{A_2}$

$\frac{R_2}{R} = \frac{L}{2L} \rightarrow R_2 = \frac{R}{2}$ #

Ex 11 ถ้าต้องการนำทองแดงมวล m สภาพต้านทาน ρ ความหนาแน่น D มาดึงเป็นเส้นลวดขนาดสม่ำเสมอให้มีความต้านทาน R จะได้ความยาวของลวดทองแดงมีค่าเท่าใด (Ent Oct'41)

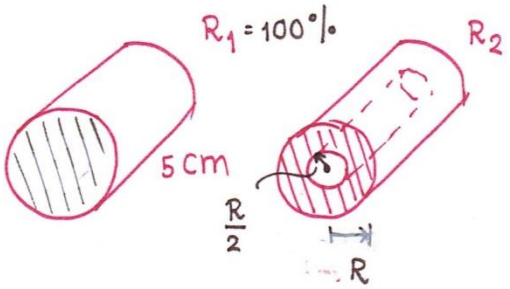
1. $\left(\frac{m\rho}{DR}\right)^{\frac{1}{2}}$ 2. $\left(\frac{m\rho}{DR}\right)$

3. $\left(\frac{mR}{D\rho}\right)$ 4. $\left(\frac{mR}{D\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$

$$R = \rho\frac{l}{A}\times\frac{l}{l} = \rho\frac{l^2}{V} = \rho\frac{l^2}{m}D$$

$$l^2 = \frac{mR}{D\rho} \rightarrow l = \left(\frac{mR}{D\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Ex 12 แท่งโลหะรูปทรงกระบอกตันเส้นหนึ่งยาว 5 เซนติเมตร ถ้าเจาะรูตรงกลางตามความยาวโดยตลอด โดยให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเป็นครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งโลหะ ความต้านทานของแท่งโลหะที่เจาะรูจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงกี่เปอร์เซ็นต์



$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1}\cdot\frac{l_2}{l_1}\cdot\frac{A_1}{A_2}$$

$\therefore$ เพิ่มขึ้น = 33.33 %

$$\frac{R_2}{100} = \frac{\pi R^2}{\pi R^2 - \pi\left(\frac{R}{2}\right)^2}$$

$$\frac{R_2}{100} = \frac{1}{1-\frac{1}{4}} = \frac{4}{3}$$

$$R_2 = \frac{400}{3} = 133.33\,\%$$

Ex 13 ลวดซึ่งมีความต้านทาน 6 โอห์ม ถูกรีดออกให้ยาวเป็น 4 เท่าของความยาวเดิม ถ้าสภาพต้านทานและความหนาแน่นของลวดนี้มีค่าคงเดิม จงหาความต้านทานใหม่ในหน่วยโอห์ม (Ent Oct'42 เติมคำ)

①	②
$R_1 = 6\ \Omega$	$R_2 = ?$
L	$4L$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left[\frac{L_2}{L_1}\right]^2$$

$$\frac{R_2}{6} = \left[\frac{4L}{L}\right]^2 \rightarrow R_2 = 6\times 16 = 96\ \Omega\ \#$$

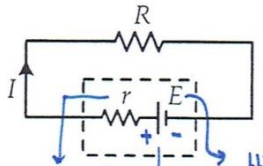
Ex 14 ลวดทองแดงรูปทรงกระบอกเส้นหนึ่งยาว 10 เซนติเมตร ถ้านำลวดเส้นนี้มาตีจนพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่าตลอดเส้น ถ้าวัดความยาวหลังตีแล้วได้ 11 เซนติเมตร อยากทราบว่าความต้านทานของลวดเส้นนี้จะเพิ่มขึ้นเป็นกี่เท่า

1. 1.25 เท่า
2. 1.21 เท่า
3. 1.15 เท่า
4. 1.10 เท่า

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{l_2}{l_1}\right)^2 = \left(\frac{11}{10}\right)^2 = 1.21\ \#$$

กระแสไฟฟ้าในวงจร

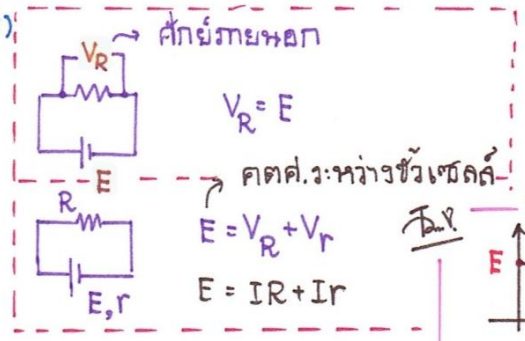
① สมการการหาค่ากระแสรวมในวงจรใดๆ



ดังนั้น $I = \frac{E}{R+r}$

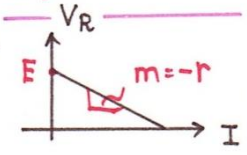
ถ้ามีการต่อ E และ R หลายค่า $I = \frac{\sum E}{\sum R + \sum r}$

คตท.ภายใน แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Volt)
เซลล์ไฟฟ้า Electromotive force



NOTE

1. ถ้า $r = 0$ จะพบว่า $V_{ภายนอก} = E$
2. ถ้า $r \neq 0$ จะพบว่า $V_{ภายนอก} \neq E$



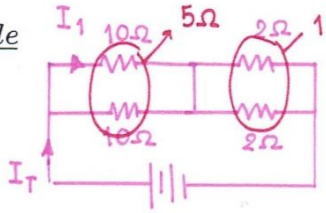
$E = V_R + Ir$

$V_R = -Ir + E$

$V_R = -rI + E$

$y = mx + c$

Example



Find I_T, I_1

Sol

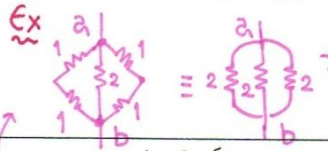
$I_T = \frac{E}{R} = \frac{20}{6} = \frac{10}{3} = 3.33\ A$ #

$I_1 = \frac{3.33}{2} = 1.67\ A$ #

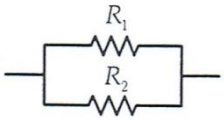
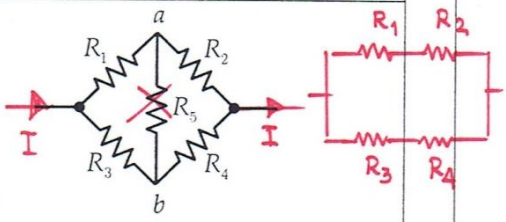
ครึ่ง half

② การต่อความต้านทาน พิจารณาเป็น

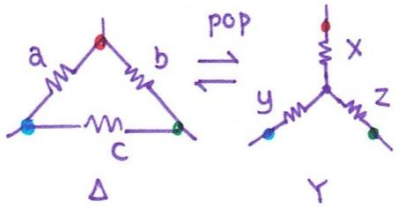
Ex



$R_{ab} = \frac{2}{3}\ \Omega$ #

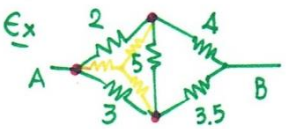
1.1 ต่ออนุกรม (Series)	1.2 ต่อขนาน (Pararel)	1.3 ต่อบริดจ์ (Bridge)
		
$R_{รวม} = R_1 + R_2$ $I_{รวม} = I_1 = I_2$ $V_{รวม} = V_1 + V_2$	$\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ $I_{รวม} = I_1 + I_2$ $V_{รวม} = V_1 = V_2$ ชุดมันเอง หา I เยอะไหลได้	สนใจบริดจ์สมดุลโดย $V_a = V_b$ Check : $R_1 R_4 = R_2 R_3$ ดังนั้น I ไม่ผ่าน R_5 $R_{รวม} = (R_1$ อนุกรม $R_2) \,//\, (R_3$ อนุกรม $R_4)$

Example Wye-Delta

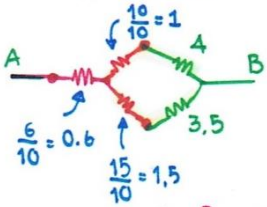


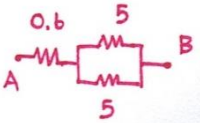
Δ→Y
$x = \frac{ab}{\Delta}$
$y = \frac{ac}{\Delta}$
$z = \frac{bc}{\Delta}$
$\Delta = a+b+c$

Ex



Find R_{AB}

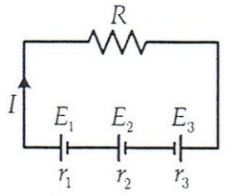




$\therefore R_{AB} = 3.1\ \Omega$ #

③ **การต่อเซลไฟฟ้า** สนใจการต่อ 2 กรณี

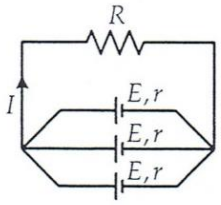
2.1 ต่ออนุกรม



$$E_{รวม} = |E_1 + E_2 - E_3|$$

$$r_{รวม} = r_1 + r_2 + r_3$$

2.2 ต่อขนาน



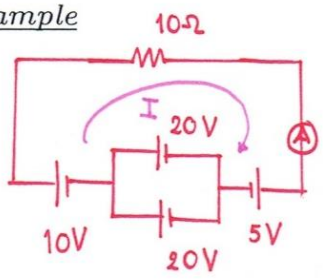
มีเงื่อนไขในการต่อดังนี้

1. E ทุกเซลต้องเท่ากัน
2. E ต้องหันไปทางเดียวกัน

$$E_{รวม} = E \text{ และ } r_{รวม} = \frac{r}{n}$$

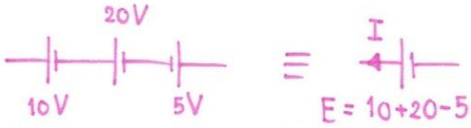
1 ตัว

Example



จงหาค่าจาก Ⓐ

ก่อน

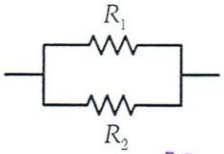


$E = 10+20-5 = 25V$

$I = \frac{E}{R} = \frac{25}{10} = 2.5$ A #

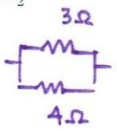
TIP&TRICK การพิจารณาค่า $R_{รวม}$ และการไหลของกระแส (I)

1.



$$R_{รวม} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

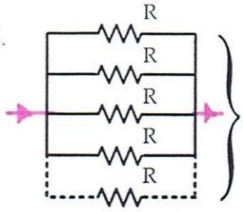
Ex



$R_T = R_{eq} = \frac{12}{7}$ Ω

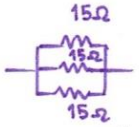
↳ equivalent

2.



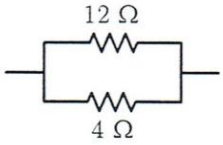
$$R_{รวม} = \frac{R}{n}$$

Ex



$R_T = \frac{15}{3} = 5\Omega$

3.



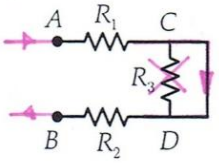
$$R_{รวม} = \frac{R_{มาก}}{\text{จำนวนเท่า} + 1}$$

Ex $R_T = \frac{12}{3+1} = 3\Omega$

↑ $R_{มาก}$

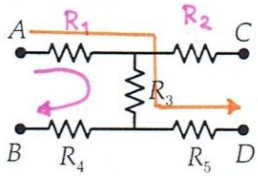
4. ทางใดที่ไม่มีความต้านทาน I ชอบไหลไปทางนั้น (ลัดวงจร)

แยกขนาน



$R_{AB} =$ $R_1 + R_2$

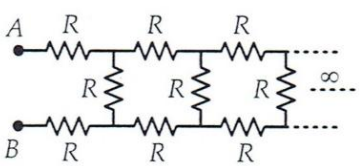
5. วงจรใดขาด I จะไม่ไหลไปทางนั้น



$R_{AB} =$ $R_1 + R_3 + R_4$

$R_{AD} =$ $R_1 + R_3 + R_5$

6. การต่อความต้านทานอินฟินิตี



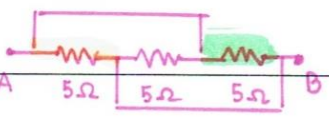
$R_{AB} =$ $(1+\sqrt{3})R$

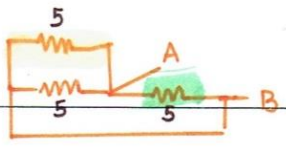
step1 : แบ่ง เป็น 2 ชุด ที่เหมือนกัน

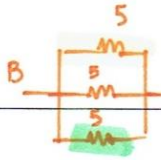
step2 : ยุบ ชุดอนันต์ = x

step3 : ยุบรวม แก้สมการ หา x

Ex

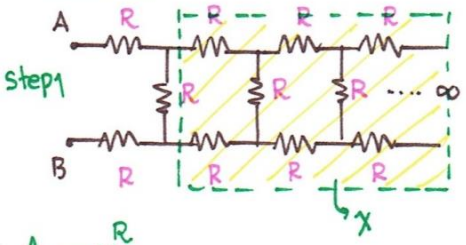


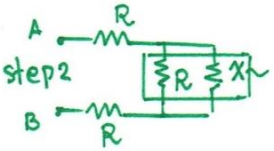




$R_{AB} = \frac{5}{3}\Omega$

Example จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวมดังต่อไปนี้





$$R_{AB} = R + \frac{Rx}{R+x} + R$$

$$x = 2R + \frac{Rx}{R+x}$$

step3

$$x(R+x) = 2R(R+x) + Rx$$

$$Rx + x^2 = 2R^2 + 2Rx + Rx$$

$$x^2 - 2Rx - 2R^2 = 0 \qquad 4R^2 + 8R^2 = 12R^2$$

$a=1 \quad b=-2R \quad c=-2R^2$

$$x = \frac{-(-2R) \pm \sqrt{4R^2 - 4(1)(-2R^2)}}{2(1)} = \frac{2R \pm 2\sqrt{3}R}{2}$$

$$x = R \pm \sqrt{3}R = R + \sqrt{3}R = (1+\sqrt{3})R \quad \#$$

↑ ตรงแกน in-out ของ I

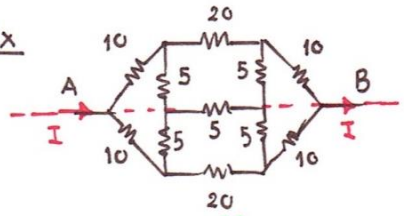
Symmetric circuit

step 1 : ผ่า 2 ส่วน (เอา R ใด → คูณ 2)

step 2 : ยุบ 1 ส่วน → R

step 3 : $R_T = \frac{R}{2}$

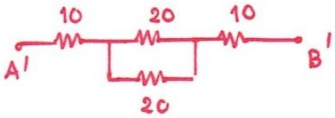
Ex



step1

$5 \times 2 = 10\ \Omega$

step2

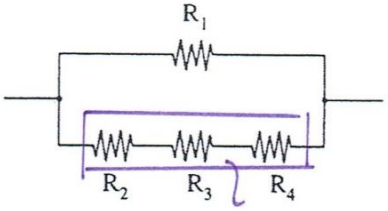


$R = 30\ \Omega$

step3 $R_T = \frac{30}{2} = 15\ \Omega$

Ex 15 ในการทดลองต่อตัวต้านทาน R_1, R_2, R_3 และ R_4 ดังรูป ถ้าจะให้ได้ค่าความต้านทานรวมต่ำสุด ค่า R_1, R_2, R_3, R_4 ควรมีค่าเป็นกี่โอห์มเรียงตามลำดับดังข้อใด (Ent'37)

1. 40, 30, 20, 10
2. 30, 20, 10, 40
3. 20, 10, 40, 30
4. 10, 40, 30, 20

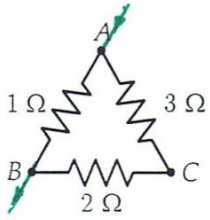


$R_2 + R_3 + R_4$

$$R_T = \frac{R_1(R_2+R_3+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4}$$

$R_{min} \Rightarrow R_{1,min}$ ตัวคูณ

Ex 16 กำหนดให้ R_{AB}, R_{BC}, R_{AC} แทนค่าความต้านทานสมมูล (R รวม) ระหว่างปลาย A กับ B , B กับ C และ A กับ C ตามลำดับ จงหาค่า $R_{AB} : R_{BC} : R_{AC}$



$$R_{AB} = \frac{1 \cdot 5}{1+5} = \frac{5}{6}$$

$$R_{BC} = \frac{4 \cdot 2}{4+2} = \frac{8}{6}$$

$$R_{AC} = \frac{3 \cdot 3}{3+3} = \frac{9}{6}$$

$5 : 8 : 9$

✱ การคำนวณวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ✱

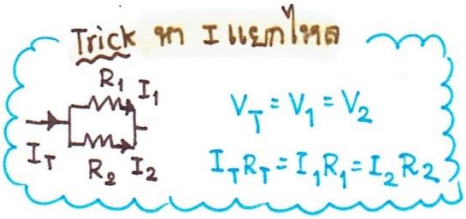
① การใช้กฎโอห์มเพื่อหาค่าตัวแปรย่อย V และ I ในวงจร ! ออกสอบบ่อย !

หลัก 1. ต้องหาค่า $I_{รวม}$ ให้ได้จากสมการ $I = \frac{E}{R+r}$

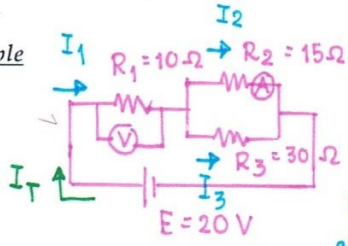
2. พิจารณาการแยกไหลของกระแสหรือค่าความต่างศักย์ในการต่อความต้านทานแบบต่างๆ และหาค่าตัวแปรย่อยๆ จากกฎของโอห์ม $V = IR$

} วิเคราะห์ + $V=IR$

Trick หา I แยกไหล



Example



$R_A \approx 0$, $R_V \approx \infty$ A, V อ่านได้เท่าไร

Hint หา I ทุกสาย

$I_T = \frac{E}{R+R_0} = \frac{20}{20} = 1$ A

✓ 1) $V_1 + V_2 = E$ → V_{23}

✗ 2) $I_1 = I_3$

✗ 3) $V_2 = V_{23} = E$

✓ 4) $I_3 + I_2 = I_1$

$V_{23} = V_2 = V_3$

$(IR)_{23} = I_2R_2 = I_3R_3$

$1(10) = I_2(15) = I_3(30)$

$I_2 = \frac{2}{3}$ A

$I_3 = \frac{1}{3}$ A

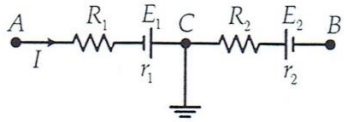
Ⓐ = $\frac{2}{3} = 0.67$ A #

Ⓥ : $V_1 = I_1R_1$

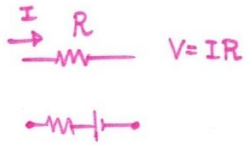
$= 1(10)$

$= 10$ V #

② การคำนวณความต่างศักย์ในส่วนของวงจร มี E คั่นกลาง



$$V_{ab} = \sum IR - \sum E$$ ($I\Sigma R$)

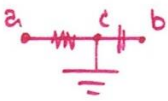


หลัก 1. หาค่า I และทิศทางการไหลในสายนั้นๆ ให้ได้

2. การหา V_{ab} หมายถึงการเริ่มเดินจาก a ไป b < ทางสั้น / ตาม I

3. การคิดเครื่องหมายของ E และ I

4. การหาศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใดๆ ให้เทียบจุดนั้นกับสายดิน



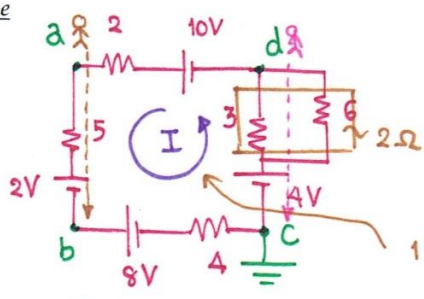
$V_a = V_{ac}$

$= V_a - V_c$

การเดิน

การคิด E		การคิด I	
→ + −	เดินเข้าบวก - E	→ I	เดินตามกระแส + I
→ − +	เดินเข้าลบ + E	→ I	เดินสวนกระแส - I

Example



1 loop → series

Evaluate V_{ab}, V_d, V_{ad}

Sol^n $I = \frac{E}{R} = \frac{10+4-2-8}{13} = \frac{4}{13}$ A

1) $V_{ab} = \Sigma IR - \Sigma E$

$= +\frac{4}{13}(5) - (-2) = \frac{20}{13} + 2 = \frac{46}{13}$ V #

2) $V_d = V_{dc} = \Sigma IR - \Sigma E = -\frac{4}{13}(2) - (-4)$

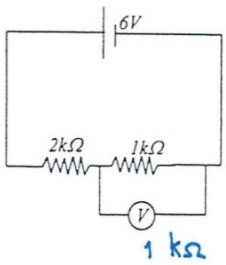
ground

$= \frac{44}{13}$ V #

3) $V_{ad} = \Sigma IR - \Sigma E = -\frac{4}{13}(2) - (-10) = \frac{122}{13}$ V #

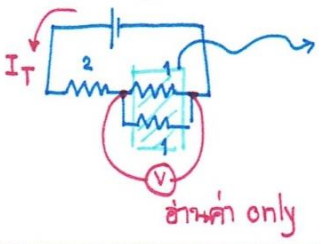
Ex 17 โวลต์มิเตอร์ V มีความต้านทาน 1.0 กิโลโอห์ม ต่ออยู่ในวงจรที่มีเซลล์ไฟฟ้า 6.0 โวลต์ (ไม่มีความต้านทานภายใน) และตัวต้านทานขนาด 2.0 กิโลโอห์ม และ 1.0 กิโลโอห์ม ดังรูป โวลต์มิเตอร์จะอ่านเท่าใด

1. 0.6 V
2. 1.2 V
3. 1.8 V
4. 2.0 V



แยก R_V มาต่อขนาน

$I_T = \frac{E}{R+r} = \frac{6}{(2.5k)}$ A



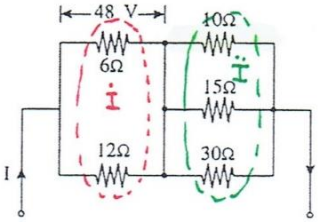
$V = IR$

$= \frac{6}{(2.5k)}(0.5k)$

$= 1.2$ V #

Ex 18 ความต้านทานชุดหนึ่งต่อกันในวงจรที่มีกระแสผ่าน ดังรูป ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวต้านทาน 6 โอห์มเท่ากับ 48 โวลต์ จงหาความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน 10 โอห์ม (Ent'37)

1. 60 V
2. 54 V
3. 48 V
4. 36 V



$\dot{I}$: $V = IR$

$48 = I(4)$

$I = 12$ A

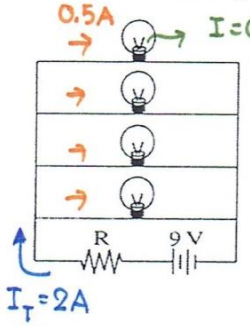
$\ddot{I}$: $V = IR$

$= 12(5)$

$= 60$ V

$V_{10\Omega} = V_{15\Omega} = V_{30\Omega} = V$

Ex 19 ถ้านำหลอดไฟขนาด 0.5 แอมแปร์ 2 โวลต์ และความต้านทาน R ดังรูป R มีค่าเท่าใดที่ทำให้หลอดไฟทั้ง 4 เปล่งแสงสว่างปกติ (ในหน่วยโอห์ม) (Ent'39 เติมคำ)

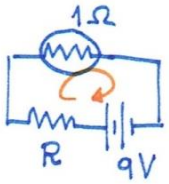


$I = 0.5$ A, $V = 2$ V

spec.

$V = IR$

$R = \frac{2}{0.5} = 4\ \Omega$



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

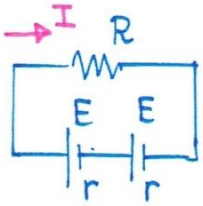
$2 = \frac{9}{(R+1)+0}$

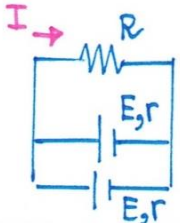
$R+1 = \frac{9}{2} = 4.5$

$R = 3.5\ \Omega$ #

Ex 20 เซลล์ไฟฟ้า 2 เซลล์ต่างก็มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า E โวลต์ และมีความต้านทานภายใน r โอห์ม เหมือนกัน เมื่อนำเซลล์ทั้งสองไปต่อกับตัวต้านทานภายนอกขนาด R โอห์ม พบว่าไม่ว่าจะต่อเซลล์แบบอนุกรมหรือแบบขนาน ก็จะได้กระแสผ่าน R เท่ากัน จงหาว่าความต้านทานภายใน r ต้องมีค่าเป็นกี่เท่าของ R (Ent Oct' 44)

1. 1.0
2. 0.5
3. 0.25
4. 0.12





$\frac{r}{R} = ?$

$I_1 = I_2$

$\left(\frac{E}{R+r}\right)_1 = \left(\frac{E}{R+r}\right)_2$

$\frac{2E}{R+2r} = \frac{E}{R+\frac{r}{2}}$

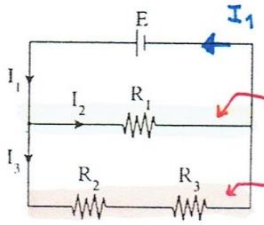
$2\left(R+\frac{r}{2}\right) = R+2r$

$2R+r = R+2r$

$R = r$

Ex 21 จากรูปวงจรไฟฟ้า ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า E (ไม่มีความต้านทานภายใน) และตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่า R_1, R_2 และ R_3 มีกระแสไฟฟ้าผ่านส่วนต่างๆ ของวงจรตามรูป สมการในคำตอบข้อใดผิด (Ent Oct'43)

1. $I_1 - I_2 - I_3 = 0$
2. $E - I_3R_2 - I_3R_3 = 0$
3. $E - I_2R_1 = 0$
4. $I_2R_1 + I_3R_2 + I_3R_3 = 0$

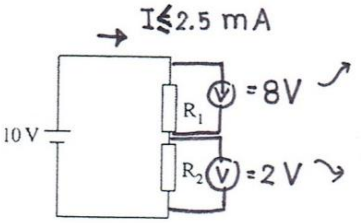


$E = I_2R_1$

$E = I_3R_2 + I_3R_3$

Ex 22 วงจรแบ่งศักย์ไฟฟ้า ดังรูป ถ้าต้องการได้ความต่างศักย์ตกคร่อม R_2 เป็น 2.0 โวลต์ โดยให้มีกระแสผ่านไม่เกิน 2.5 มิลลิแอมแปร์ ควรใช้ R_1 และ R_2 ตามข้อใด (Ent Mar'42)

1. $R_1 = 80\ \Omega$ และ $R_2 = 20\ \Omega$ ✗
2. $R_1 = 900\ \Omega$ และ $R_2 = 300\ \Omega$ ✗
3. $R_1 = 4000\ \Omega$ และ $R_2 = 1000\ \Omega$
4. $R_1 = 15000\ \Omega$ และ $R_2 = 5000\ \Omega$

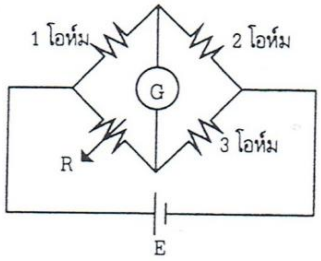


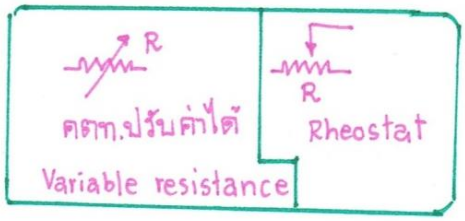
$R_1 = \frac{V}{I} = \frac{8}{2.5\times10^{-3}} = 3200\ \Omega$

$R_2 = \frac{V}{I} = \frac{2}{2.5\times10^{-3}} = 800\ \Omega$

$\therefore \frac{R_1}{R_2} = 4$ #

Ex 23 พิจารณาวงจรไฟฟ้าในรูป R เป็นตัวต้านทานที่ปรับค่าได้เมื่อปรับค่า R จนไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ (G) ความต้านทาน R จะมีค่ากี่โอห์ม (Quota' ขอนแก่น 40 ,เติมคำ) วัด I, V ปริมาณน้อย



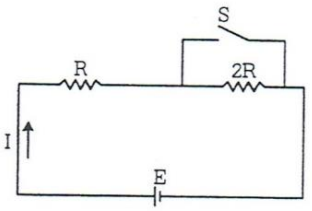


$1(3) = 2R$

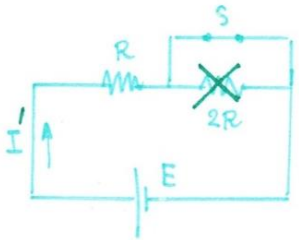
$R = 1.5\ \Omega$ #

Ex 24 วงจรไฟฟ้าตามรูปมีกระแส I เท่ากับ 1 แอมแปร์ ถ้าสับสวิตช์ S ลง กระแส I จะเท่ากับเท่าใด (Ent Mar' 46)

1. 1 A
2. 2 A
3. 3 A
4. 4 A



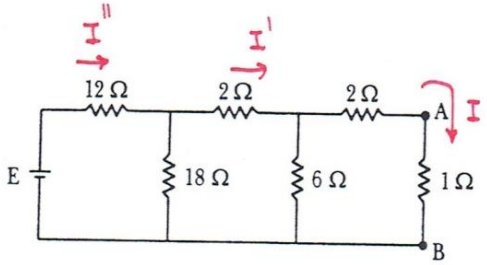
$I = \frac{E}{3R} = 1$ —(1)



$I' = \frac{E}{R} = 3$ A #

Ex 25 จากวงจรตามรูป ความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับ B เป็น 1 โวลต์ จงหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า E ของเซลล์ไฟฟ้า (Pre – Ent ครั้งที่ 2' 44)

1. 6 V
2. 22 V
3. 28 V
4. 32 V



$V_{AB} = IR$

$1 = I(1)$

$I = 1$ A

$V = IR$

$= 1(3) = 3$ V

$I'(2) = 3$

$I' = 1.5$ A

$V' = I'R$

$= 1.5\ (A)$

$= 6$ V

$I''\left(\frac{18\cdot4}{22}\right) = 6$

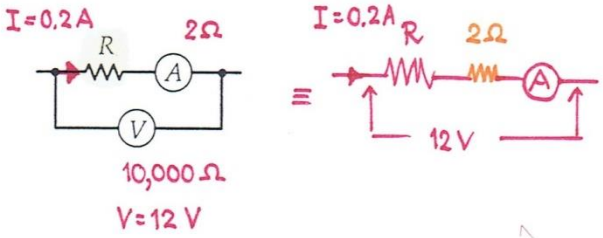
$I'' = \frac{11}{6}$ A

$V = IR$

$E = \frac{11}{6}\left[12 + \frac{18\cdot4}{22}\right]$

$=$

Ex 26 จากวงจรดังรูป กำหนดว่าความต้านทานภายในของแอมมิเตอร์เท่ากับ 2 โอห์ม และความต้านทานภายในของโวลต์มิเตอร์เท่ากับ 10,000 โอห์ม ถ้าแอมมิเตอร์ อ่านได้ 0.2 แอมแปร์ และโวลต์มิเตอร์อ่านได้ 12 โวลต์ ค่าความต้านทาน R ค่าเป็นกี่โอห์ม (Ent'38 เติมคำ)



$V = IR$

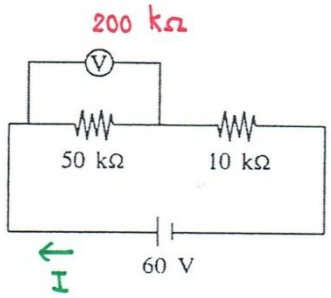
$12 = 0.2(R+2)$

$60 = R+2$

$R = 58\ \Omega$ #

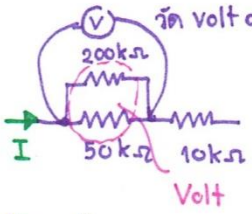
Ex 27 เซลไฟฟ้า 60 โวลต์ ไม่คิดความต้านทานภายในต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน 50 กิโลโอห์มดังรูป ถ้าใช้โวลต์มิเตอร์ซึ่งมีความต้านทาน 200 กิโลโอห์ม วัดคร่อมตัวต้านทาน 50 กิโลโอห์ม โวลต์มิเตอร์จะอ่านค่าได้กี่โวลต์

1. 30
2. 48
3. 50
4. 58



Ⓐ : วัด I → $R_A \approx 0$ } อุดมคติ

Ⓥ : วัด V → $R_V \approx \infty$ }



$I = \frac{E}{R} = \frac{60}{50k} = \frac{6}{5k}$ A

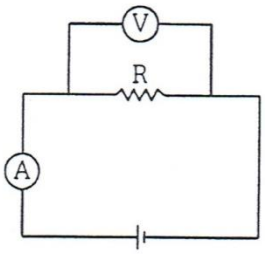
$V = IR$

$= \frac{6}{5k}(40k)$

$= 48$ V #

V = E : Electromotive force

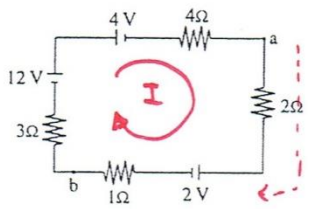
Ex 28 จากวงจรดังรูป ค่าความต้านทานภายในของแอมมิเตอร์เท่ากับ 10 โอห์ม และความต้านภายในของโวลต์มิเตอร์เท่ากับ 1000 โอห์ม ถ้าแอมมิเตอร์อ่านได้ 0.2 แอมแปร์ และโวลต์มิเตอร์อ่านค่าได้ 75 โวลต์ ค่าความต้านทาน R มีค่าเป็นกี่โอห์ม
(Pre – Ent ครั้งที่ 2′ 45)



1. 365
2. 375
3. 600
4. 610

Ex 29 พิจารณาวงจรไฟฟ้าดังรูป ขนาดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด a และ b มีค่าเท่าใด (Ent'40)

1. 0.2 V
2. 3.8 V
3. 5.0 V
4. 7.4 V



$I = \frac{E}{R+r} = \frac{12-4-2}{10} = 0.6$ A

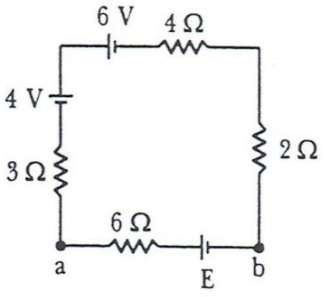
$V_{ab} = \Sigma IR - \Sigma E$

$= +0.6(2+1) - (-2)$

$= 3.8$ V #

Ex 30 จากวงจรไฟฟ้าตามรูป ค่าความต่างศักย์ระหว่างจุด a กับ b เท่ากับ 5 โวลต์ จงหาค่า E (Pre – Ent ครั้งที่ 1′ 44)

1. 8 V
2. 7 V
3. 6 V
4. 3 V



กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

① **พลังงานไฟฟ้า (W)** คือ พลังที่สิ้นเปลืองไปในการเคลื่อนที่ปริมาณไฟฟ้า Q คูลอมบ์ ระหว่างจุดซึ่งมีความต่างศักย์ V โดย

$$W = QV = ItV = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

เมื่อ W = พลังงานที่เสียไป (จูล, J) มักเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

↳ นอก efficiency ของอุปกรณ์ไฟฟ้า

② **กำลังไฟฟ้า** คือ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

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

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์, Watt)

อนุกรม ↳ ขนาน

③ **การคิดค่ากระแสไฟฟ้า** : ให้คิดจากปริมาณการใช้ **พลังงานไฟฟ้า** ทั้งหมดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยคิดจากสมการ

$$W = Pt$$

เมื่อ W = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หน่วย ยูนิต (Unit) ; P = กำลังไฟฟ้า หน่วย กิโลวัตต์ (kW)

t = เวลาที่ใช้ทั้งหมด หน่วย ชั่วโมง (hr)

บังคับหน่วย กำลัง

NOTE

1. ค่า~~พลังงาน~~กำลัง 1 HP = 746 Watt
2. การเลือกใช้ Fuse ในวงจรใดให้ดูจาก ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในวงจร โดยขนาดฟิวส์ คือ ขนาดกระแสไฟฟ้ามากที่สุดที่ผ่านฟิวส์ได้โดยฟิวส์ไม่ขาด
3. บอก spec. เครื่องใช้ → หา R
4. ไฟตก : P, W, I, V → เปลี่ยน R → คงที่ R_1 V_1 R_2

Ex 31 หลอดไฟฟ้าหลอดแรกมีความต้านทาน 4 โอห์ม ต่อกับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ หลอดที่สองมีความต้านทาน 5 โอห์มต่อกับแบตเตอรี่ 15 โวลต์ กำลังไฟฟ้าที่หลอดทั้งสองใช้ต่างกันเท่าใด (Ent'37)

V_2

1. 3 W
2. 9 W
3. 11 W
4. 22 W

$$P_1 = \frac{V^2}{R} = \frac{12^2}{4} = 36 \text{ W}$$

$$P_2 = \frac{V^2}{R} = \frac{15^2}{5} = 45 \text{ W}$$

$\Delta P = 9$ W #

P V t

Ex 32 หลอดไฟขนาด 80 วัตต์ ถูกนำมาใช้งานด้วยความต่างศักย์ 220 โวลต์ เป็นเวลานานครึ่งชั่วโมง จงคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเป็นความร้อนและแสง (Ent'39)

1. 2.4 kJ
2. 4.8 kJ
3. 17.6 kJ
4. 144.0 kJ

$W = Pt = 80(30 \times 60)$

$= 144000$ J

$= 144$ kJ #

↱ อุปกรณ์ใน สนง. ต่อขนาน

Ex 33 ห้องทำงานแห่งหนึ่งใช้ไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิด 200 โวลต์ ภายในห้องมีหลอดไฟขนาด 90 วัตต์ 3 ดวง และพัดลมขนาด 200 วัตต์ 2 เครื่อง เพื่อป้องกันความเสียหายจากเกิดไฟฟ้าลัดวงจรควรมีฟิวส์ขนาดเล็กที่สุดเท่าใด

↳ หา I

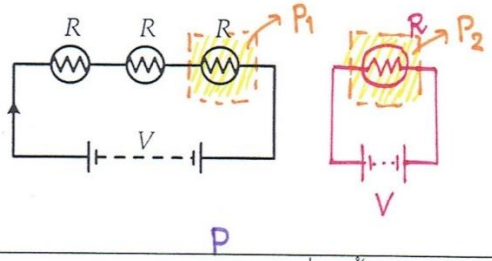
1. 2 แอมแปร์ 2. 3 แอมแปร์

(3) 4 แอมแปร์ 4. 5 แอมแปร์

จาก $P = IV$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{270}{200} + \frac{400}{200} = \frac{670}{200} = 3.35 \text{ A}$$

Ex 34 จงพิจารณาวงจรไฟฟ้าข้างล่างซึ่งมีหลอดไฟฟ้าเหมือนกันสามหลอดต่ออนุกรมกันอยู่ จงหาว่ากำลังไฟฟ้าที่เสียไปในแต่ละหลอดมีค่าเป็นกี่เท่าของเมื่อตอนที่มีหลอดต่ออยู่ในวงจรเพียงหลอดเดียว



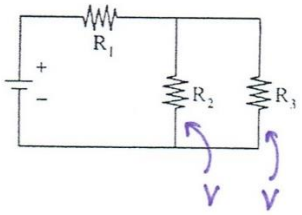
P

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\left(\frac{V^2}{R}\right)_1}{\left(\frac{V^2}{R}\right)_2} = \frac{\left(\frac{V}{3}\right)^2}{V^2} = \frac{1}{9} \quad \#$$

Ex 35 ตามวงจรดังรูป อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นใน R_3 จะเป็นกี่เท่าของใน R_2 (Ent'39)

1. $\frac{R_3}{R_2}$ (2) $\frac{R_2}{R_3}$

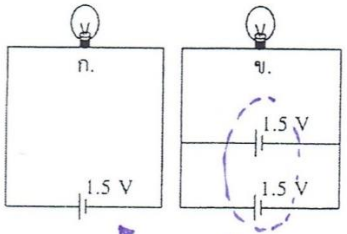
3. $\left(\frac{R_3}{R_2}\right)^2$ 4. $\left(\frac{R_2}{R_3}\right)^2$



$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{\left(\frac{V^2}{R}\right)_3}{\left(\frac{V^2}{R}\right)_2} = \frac{R_2}{R_3} \quad \#$$

Ex 36 หลอดไฟ ก และ ข มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ ถ้านำมาต่อเข้ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าดังรูป ข้อใดถูกต้อง (Ent'39)

1. หลอดไฟ ก จะสว่างเป็น 0.25 เท่าของหลอดไฟ ข
2. หลอดไฟ ก จะสว่างเป็น 0.5 เท่าของหลอดไฟ ข
3. หลอดไฟ ก จะสว่างเท่ากับหลอดไฟ ข
4. หลอดไฟ ก จะสว่างเป็น 2 เท่าของหลอดไฟ ข



equivalent

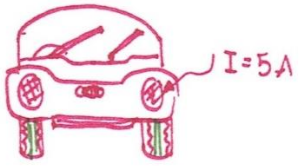
t

Note ถ้ามี r วงจร ข. $r_s = \frac{r}{2} < r$ ก. จึงสว่างกว่า

Ex 37 คนขับรถยนต์ท่านหนึ่งดับเครื่องยนต์แล้วลืมปิดไฟหน้ารถ 2 ดวงเป็นเวลานาน 10 นาที แบตเตอรี่ของรถยนต์ ซึ่งมีแรงเคลื่อน 12 โวลต์ จะต้องจ่ายไฟเท่าใดถ้าไฟหน้ากินกระแสดวงละ 5 แอมแปร์ (Ent'39)

V

1. 120 J
2. 1,200 J
3. 36,000 J
4. (4) 72,000 J



$$W = (I+V) \times 2$$
$$= 5\,(10\times60)\,12 \times 2$$
$$= 72{,}000 \text{ J} \quad \#$$

P_1 V_1 V_2 $P_2 = ?$

Ex 38 เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านชนิด 100 วัตต์ 220 โวลต์ เมื่อนำมาใช้ขณะที่ไฟตกเหลือ 200 โวลต์ เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นจะใช้กำลังไฟฟ้าเท่าใด

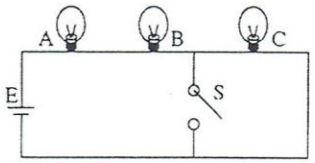
1. 78 วัตต์
2. 83 วัตต์
3. 88 วัตต์
4. 93 วัตต์

$R_1 = R_2$

$\left(\frac{V^2}{P}\right)_1 = \left(\frac{V^2}{P}\right)_2$

$\frac{220^2}{100} = \frac{200^2}{P_2} \rightarrow P_2 = 82.6\ W.$

Ex 39 จากวงจรที่กำหนดให้ หลอดไฟ A, B และ C มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ถ้าสับสวิตช์ S ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูก (Ent'40)

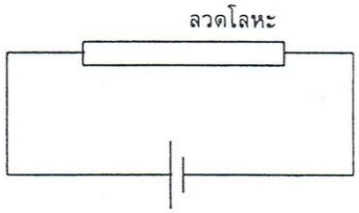


1. A B และ C สว่างเท่ากัน
2. A และ B สว่างน้อยลง C สว่างมากขึ้น
3. A และ B ดับ C สว่าง
4. A และ B สว่างมากขึ้น C ดับ

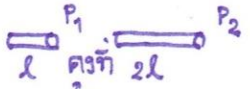
Ex 40 เตาไฟฟ้าขนาด 1200 วัตต์ เตาอบไมโครเวฟขนาด 900 วัตต์ และหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาด 600 วัตต์ ถ้าใช้ทั้งสามเครื่องกับไฟฟ้า 200 โวลต์ พร้อมกันจะใช้กระแสไฟฟ้าเท่าใด (Ent'41)

1. 8 A
2. 10 A
3. 12 A
4. 15 A

Ex 41 นำลวดโลหะเส้นหนึ่งต่อเข้ากับเซลล์ไฟฟ้าดังรูป พบว่าอัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในลวดเป็นค่าหนึ่ง ถ้านำลวดเส้นนี้ไปรีดให้ยาวเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าโดยไม่ได้ตัดเนื้อโลหะออกเลย แล้วนำไปต่อกับเซลล์ไฟฟ้าเซลล์เดิม อัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในลวดเส้นใหม่นี้จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (Ent Oct' 44)



1. เท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง
2. เพิ่มเป็นสองเท่า
3. ลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง
4. ลดลงเหลือหนึ่งในสี่



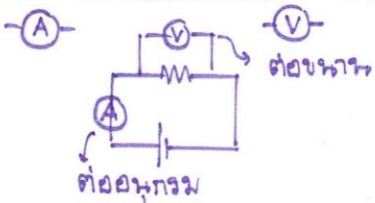
$P = \frac{V^2}{R}$; $P \propto \frac{1}{R}$

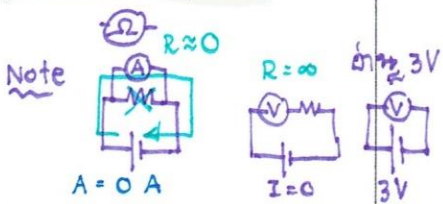
$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{\ell_1}{\ell_2}\right)^2 = \left(\frac{\ell}{2\ell}\right)^2 = \frac{1}{4}$

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่เราสนใจมี แอมมิเตอร์(วัดกระแสไฟฟ้า), โวลต์มิเตอร์(วัดความต่างศักย์) และโอห์มมิเตอร์(วัดความต้านทาน) โดยจะต้องทราบว่าเครื่องมือแต่ละ

- สร้างอย่างไร
- ใช้งานอย่างไร

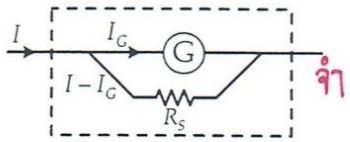
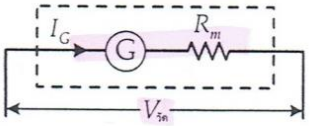
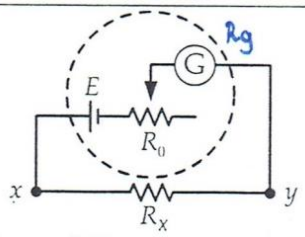
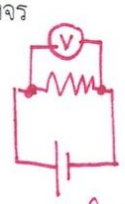




นอกจากนี้ จะพบว่าการสร้างเครื่องมือแต่ละชนิด อาศัยการดัดแปลง กัลวานอมิเตอร์ (Galvanometer, -Ⓖ-) มาใช้งานซึ่งจะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานของ -Ⓖ- บางอย่างด้วย

วัด I, V → ปริมาณต่ำ

1. ค่า I_g = ค่ากระแสสูงสุดที่กัลวานอมิเตอร์ทนได้
2. ค่า R_g = ค่าความต้านทานของกัลวานอมิเตอร์
3. ค่า V_g = ค่า max ของ Volt ที่วัดได้

Ammeter	*Voltmeter*	*Ohmmeter*
 จำ		
การสร้าง : ทำได้โดยการนำความต้านทานที่เรียกว่า ชันต์ (shunt, R_s) มาต่อขนานกับกัลวานอมิเตอร์เพื่อแบ่งแยกกระแส สมการการคำนวณ : ใช้หลักวงจร $V_{บน} = V_{ล่าง}$ $I_g R_g = (I - I_g) R_s$ **การนำไปใช้งาน** : นำแอมมิเตอร์ไปต่ออนุกรมในวงจร $R_S << R_g$ สร้างขนาน ใช้งานอนุกรม	**การสร้าง** : ทำได้โดยการนำความต้านทานที่เรียกว่า มัลติพลายเออร์ (multiplier, R_m) มาต่ออนุกรมกับกัลวานอมิเตอร์ สมการการคำนวณ : ใช้หลักวงจร $V_{วัด} = V_{เครื่องมือ}$ ✓ $V_{วัด} = I_g (R_g + R_m)$ **การนำไปใช้งาน** : นำโวลต์มิเตอร์ไปต่อขนานในวงจร  ทำให้ R_T มาก $R_m >> R_g$ เครื่องมือเล็ก สร้างอนุกรม ใช้งานขนาน $R_A \approx 0$ $R_V \approx \infty$	**การสร้าง** : ทำได้โดยการนำความต้านทานที่ปรับค่าได้ (rheostat) มาต่ออนุกรมกับกัลวานอมิเตอร์ ดังรูปข้างต้น สมการคำนวณ : พิจารณาเป็น x - y ไม่แตะกัน $\Rightarrow I = 0$ x - y แตะกัน $\Rightarrow I = \frac{E}{R_0 + R_g}$ x - y ต่อ R ภายนอก $\Rightarrow I = \frac{E}{R_0 + R_g + R_x}$ **การนำไปใช้งาน** : นำไปคร่อมความต้านทานที่ต้องการวัดค่า Note ค.ต.ต. ของ ② จาก ค.ม.อื่นๆ ② มี แหล่งจ่าย I ภายใน ไม่ต้องใช้ไฟจากภายนอก

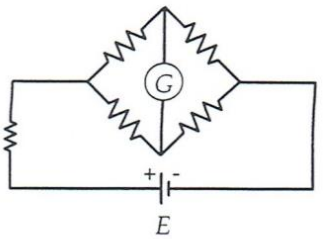
Ex 42 เพื่อป้องกันไม่ให้แกลวานอมิเตอร์ที่มีความไวสูงในเครื่องมือบริดจ์ดังรูป มีกระแสไหลเกินค่าปกติ ต้อง

ก. ต่อความต้านทานที่มีขนาดใหญ่ขนานกับแกลวานอมิเตอร์

ข. ต่อความต้านทานที่มีขนาดเล็กขนานกับแกลวานอมิเตอร์

ค. ต่อความต้านทานที่มีขนาดใหญ่อนุกรมกับแกลวานอมิเตอร์

ง. ต่อความต้านทานที่มีขนาดเล็กอนุกรมกับแกลวานอมิเตอร์

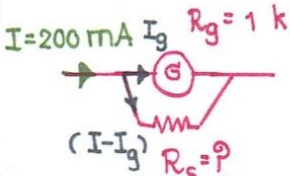


คำตอบที่ถูกต้องคือ (Ent'39)

1. ก หรือ ค
2. ก หรือ ง
3. ข หรือ ค
4. ข หรือ ง

Ex 43 กัลแวนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม อ่านกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 200 ไมโครแอมแปร์ ถ้าจะเปลี่ยนกัลแวนอมิเตอร์ให้เป็นแอมมิเตอร์ที่สามารถวัดกระแสสูงสุดได้ 200 มิลลิแอมแปร์ จะต้องใช้ชันต์ที่มีความต้านทานเท่าใด (Ent Oct'43)

1. 5 โอห์ม
2. 1 โอห์ม
3. 0.5 โอห์ม
4. 0.1 โอห์ม



$R_g = 1\ k\Omega$, $I_g = 200\ \mu A$

$V_{บน} = V_{ล่าง}$

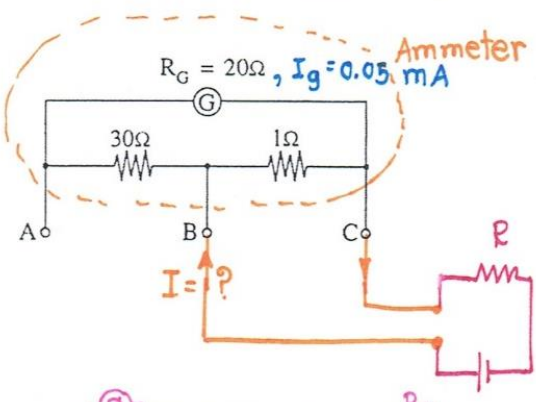
$I_g R_g = (I - I_g) R_S$

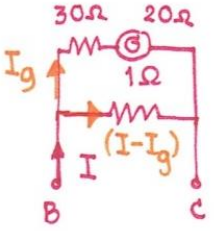
$(200\times10^{-6})(10^{3}) = (200\times10^{-3} - 200\times10^{-6}) R_S$

$R_S = 1\ \Omega$

R_g I_g

Ex 44 จากรูปแสดงวงจรแอมมิเตอร์ ซึ่งสร้างจากแกลแวนนอมิเตอร์ที่มีความต้านทาน 20 โอห์ม และกระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.05 มิลลิแอมแปร์ ถ้าใช้ขั้ว B และ C วัดกระแสไฟฟ้า จะวัดได้มากที่สุดกี่มิลลิแอมแปร์ (Ent'37)





$V_{ผ} = V_{ต}$

$I_g(30+20) = (I-I_g)1$

$0.05\times10^{-3}(50) = I - 0.05\times10^{-3}$

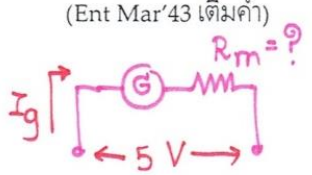
$I = 2.55\times10^{-3}$ A

$= 2.55$ mA #

R_g V_g

Ex 45 โวลต์มิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 50 กิโลโอห์ม อ่านได้ 1 โวลต์ต่อหนึ่งช่องสเกล ถ้าต้องการให้โวลต์มิเตอร์อ่านได้ 5 โวลต์ต่อหนึ่งช่องสเกล จะต้องนำความต้านทานค่าเท่าใดในหน่วยกิโลโอห์มมาต่ออนุกรมกับโวลต์มิเตอร์นี้

(Ent Mar'43 เติมคำ)



$V_{ผ} = V_{ต}$

$I_g(R_g+R_m) = 5$

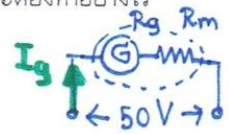
$\frac{V_g}{R_g}(R_g+R_m) = 5$

$\frac{1}{50k}(50k+R_m) = 5$

$R_m = 200$ kΩ #

R_g V_g

Ex 46 โวลต์มิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 10×10^3 โอห์ม ปกติใช้วัดความต่างศักย์ได้สูงสุด 10 โวลต์ ถ้าต้องการนำโวลต์มิเตอร์เครื่องนี้ไปใช้วัดความต่างศักย์ที่มีค่าสูงสุด 50 โวลต์ จะต้องทำอย่างไร



1. นำตัวต้านทานขนาด 40×10^3 โอห์มมาต่ออนุกรม
2. นำตัวต้านทานขนาด 40×10^3 โอห์มมาต่อขนาน
3. นำตัวต้านทานขนาด 60×10^3 โอห์มมาต่ออนุกรม
4. นำตัวต้านทานขนาด 60×10^3 โอห์มมาต่อขนาน

$V_{ผ} = V_{ต}$

$I_g(R_g+R_m) = 50$

$\frac{V_g}{R_g}(R_g+R_m) = 50$

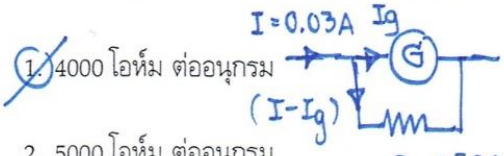
$\frac{10}{10^4}(10^4+R_m) = 50$

$10^4 + R_m = 50\times10^3$

$R_m = 40\times10^3\ \Omega$ #

I_g

Ex 47 กัลวานอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีกระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.01 แอมแปร์ เมื่อนำชันต์ความต้านทาน 500 โอห์ม มาต่อขนานจะสามารถวัดกระแสได้สูงสุด 0.03 แอมแปร์ ถามว่าถ้าต้องการดัดแปลงกัลวานอมิเตอร์นี้ให้วัดความต่างศักย์สูงสุด 50 โวลต์ จะต้องต่อตัวต้านทานกี่โอห์ม และต่ออย่างไรกับกัลวานอมิเตอร์ (Pre – Ent ครั้งที่ 1' 45)



1. 4000 โอห์ม ต่ออนุกรม
2. 5000 โอห์ม ต่ออนุกรม
3. 4000 โอห์ม ต่อขนาน
4. 5000 โอห์ม ต่อขนาน

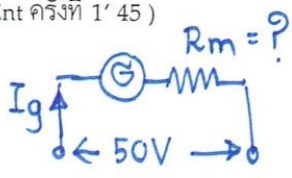
$R_S = 500\Omega$

$V_{ผ} = V_{ต}$

$I_g R_g = (I-I_g)R_S$

$0.01R_g = (0.03-0.01)500$

$R_g = 1000\Omega$

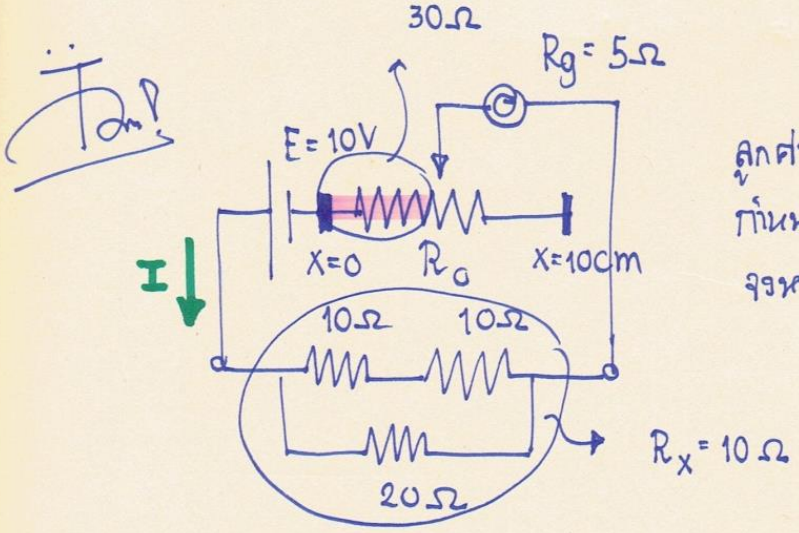


$V_{ผ} = V_{ต}$

$I_g(R_g+R_m) = 50$ —①

$0.01[1000+R_m] = 50$

$R_m = 4000\ \Omega$ #



ลูกศรชี้ที่ x = 3 cm

กำหนด $R_0 = 10\ \Omega/cm$

จงหา I

$$I = \frac{E}{R_0 + R_g + R_x} = \frac{10}{30 + 5 + 10}$$

$I = 0.22$ A ✓ #