Explore the World with a New Vision...

Advanced Level Examination

PHYSICS

Current Electricity
ධාරා විද්‍යුතය

Unit 08
Part I

සැකසුම : සමිත රත්නායක

ගතික (ගලායන) ආරෝපණ මගින් ඇති කරන විද්‍යුත් ප්‍රතිඵල පිළිබඳව මෙම කොටසේදී අධ්‍යයනය කෙරේ.

විදුලි ධාරාව
[Electric current]

ආරෝපණ ගලා යාමක් විදුලි ධාරාවක් ලෙස හැඳින්වේ. මේ සඳහා අවශ්‍යතා දෙකක් තෘප්ත විය යුතුය.

i. --
----

ii. --

බොහෝ අවස්ථාවලදී විදුලි ධාරාවක් ලෙස ගලා යන්නේ යම් මාධ්‍යයක ඇති නිදහස් *e* යි.

- යම් මාධ්‍යයක් තුළ නිදහස් e බිහි වන්නේ අයනීකරණය (ionization) මගිනි. අයනීකරණය යනු න්‍යෂ්ටියේ ආකර්ෂණයට යටත්ව ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉන් මුදවා නිදහස් තත්වයට පත් කිරීමයි. මේ සඳහා ශක්තිය සැපයිය යුතු අතර ඊට අයනීකරණ ශක්තිය යැයි කියනු ලැබේ.

- ඇතැම් ද්‍රව්‍යයන්ගේ පළමු අයනීකරණ ශක්තිය ඉතා අඩු බැවින් කාමර උෂ්ණත්වය යටතේ පරිසරයේ ඇති තාප ශක්තිය මගින් අයනීකරණයන් සිදුවේ. මෙවැනි ද්‍රව්‍යවල කාමර උෂ්ණත්වයේදී විශාල වශයෙන් නිදහස් e පවතින බැවින් පහසුවෙන් විදුලි ධාරාවක් ඇති කල හැකිය. මේවා විද්‍යුත් සන්නායක (electrical conductors) ලෙස හැඳින්වේ.

  ඇතැම් ද්‍රව්‍යයන්ගේ පළමු අයනීකරණ ශක්තිය ඉතා විශාල බැවින් පරිසරයේ ඇති තාප ශක්තිය මගින් අයනීකරණයන් සිදු නොවේ. මෙවැනි ද්‍රව්‍යවල කාමර උෂ්ණත්වයේදී නිදහස් e නොමැති බැවින් / ඉතා අඩු බැවින් විදුලි ධාරාවක් ඇති කල නොහැකිය. මේවා විද්‍යුත් පරිවාරක (electrical insulators) ලෙස හැඳින්වේ.

  විදුලිය ගැලීම අතින් සන්නායකවලටත් පරිවාරකවලටත් අතරමැදි ගුණ පෙන්වන ද්‍රව්‍ය කාණ්ඩය විද්‍යුත් අර්ධ සන්නායක (electrical semiconductors) ලෙස හැඳින්වේ.

- ඕනෑම ඝන ද්‍රව්‍යයක පරමාණුක සාන්ද්‍රණය (එනම් ඒකක පරිමාවක ඇති පරමාණු ප්‍රමාණය) 10^{23} cm^{-3} සනයේ පවතී.

  ❶ කාමර උෂ්ණත්වයේ දී තඹ වල නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන සාන්ද්‍රණය 8×10^{22} cm^{-3} පමණ වේ. - තඹ හොඳ විද්‍යුත් සන්නායකයකි.

  ❷ කාමර උෂ්ණත්වයේ දී සිලිකන් වල නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන සාන්ද්‍රණය 2×10^{10} cm^{-3} පමණ වේ. - සිලිකන් අර්ධ සන්නායකයකි.

  ❸ කාමර උෂ්ණත්වයේ දී ක්වාට්ස් වල නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන සාන්ද්‍රණය 1 cm^{-3} ත් වඩා අඩුය. - ක්වාට්ස් විද්‍යුත් පරිවාරකයකි.

උෂ්ණත්වය සමඟ විද්‍යුලිය ගැලීමේ හැකියාවේ සිදු වන වෙනස
[Variation of conduction with temperature]

පදාර්ථයට තාපය සපයන විට (රත් කරන විට) විදුලි ගමනට බලපෑම් කල හැකි ක්‍රියාවලි 2 ක් සක්‍රීය වේ.

i. --

----

ii. --

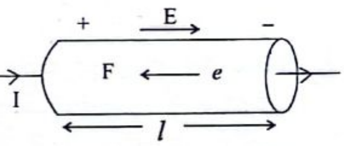
පදාර්ථය රත් කරන විට විදුලිය ගැලීමේ හැකියාව වැඩිවේද/ අඩුවේද යන්න තීරණය වන්නේ ඉහත ක්‍රියාවලි දෙකෙන් කවරක් වඩා ප්‍රබලව සිදුවන්නේද යන්න මතය.

රත් කිරීමේදී (ii) වන ක්‍රියාවලිය වඩා ප්‍රබලව සිදුවන බැවින් උෂ්ණත්වය වැඩි කිරීමේදී සන්නායකවල විදුලිය ගැලීමේ හැකියාව අඩුවේ.

රත් කිරීමේදී (i) වන ක්‍රියාවලිය වඩා ප්‍රබලව සිදුවන බැවින් උෂ්ණත්වය වැඩි කිරීමේදී අර්ධ සන්නායකවල (හා පරිවාරකවල ඉතා සුළු වශයෙන්) විදුලිය ගැලීමේ හැකියාව වැඩිවේ.

සන්නායකයක් හරහා විභව අන්තරයක් යෙදීම
[Setting up a potential difference across a conductor]

සන්නායකයක් හරහා විභව අන්තරයක් යොදා එය පවත්වා ගත් විට විභව අනුක්‍රමණයක්ද එනයින් ක්ෂේත්‍ර තීව්‍රතාවක්ද හටගනී. එම ක්ෂේත්‍රය නිසා ආරෝපණ මත බලයෙදේ. සචල e, මෙම බල යටතේ ක්ෂේත්‍රයට විරුද්ධ දිශාවට චලනය වේ. මෙය ක්ෂේත්‍රයේ දිශාවට සිදුවන ධන ආරෝපණ ගැලීමකට සමකය. සම්මත විදුලි ධාරාවේ දිශාව ලෙස සැලකෙන්නේ මෙම ධන ආරෝපණ ගලා යන දිශාවයි.



- --

විදුලි ධාරාව අර්ථ දැක්වීම [Definition of electric current]

Δt කාලයක් තුළ ගලා ගිය ආරෝපණ ප්‍රමාණය ΔQ නම්,

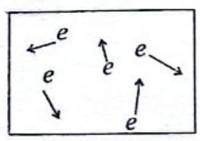
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

(ΔQ ← C, Δt ← s, I ← Cs^{-1} (A))

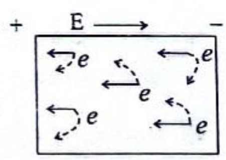
- විදුලි ධාරාව අදිශ රාශියකි.

මධ්‍යන්‍ය ප්ලාවිත ප්‍රවේගය (V_d)
[Mean drift velocity]

සන්නායකයක ඇති සචල e අහඹු චලිතයක පවතී. විභව අන්තරයක් යෙදූ විට සෑම e ක් මතම සමාන බලයක් යෙදුනද ඒවා ගැටුම් සිදුකරමින් ක්ෂේත්‍රයට විරුද්ධ දිශාව ඔස්සේ ගමන් ගන්නේ එකිනෙකට වෙනස් ප්‍රවේගවලිනි.



විභව අන්තරය යෙදීමට පෙර

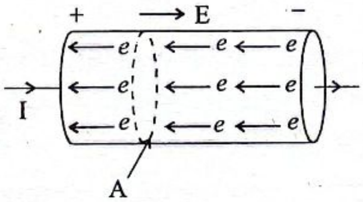


විභව අන්තරය යෙදූ පසු

මෙම ප්‍රවේගයන්ගේ සාමාන්‍ය අගය මධ්‍යන්‍ය ප්ලාවිත ප්‍රවේගය ලෙස හැඳින්වේ.

මධ්‍යන්‍ය ප්ලාවිත ප්‍රවේගය හා ධාරාව අතර සම්බන්ධය
[Relationship between mean drift velocity and current]

මෙහිදී විදුලි ධාරාවට සහභාගී වන සෑම ඉලෙක්ට්‍රෝනයක්ම මධ්‍යන්‍ය ප්ලාවිත ප්‍රවේගයෙන් (V_d) ගමන් ගන්නා බව සලකනු ලැබේ. මේ අනුව එම සචල ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් 1s කදී V_d දුරක් ගෙවා යයි.



A හරස්කඩ හරහා 1 s කදී ගලායන e පැතිර පවතින දුර =

A හරස්කඩ හරහා 1 s කදී ගලා යන e පැතිර පවතින පරිමාව =

ඒකක පරිමාවක ඇති සචල e ගණන =

(සචල ඉලෙක්ට්‍රෝන සාන්ද්‍රණය)

∴ A හරස්කඩ හරහා 1 s කදී ගලා යන e ගණන =

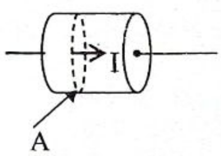
එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ආරෝපණය =

∴ A හරස්කඩ හරහා 1 s කදී ගලා යන ආරෝපණය =

$$I = AV_dNe$$

ධාරා ඝනත්වය [Current density] - J

ධාරාවට ලම්බක ඒකක වර්ගඵලයක් හරහා ගලා යන ධාරාව, ධාරා ඝනත්වයයි.



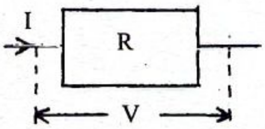
$$J = \frac{I}{A}$$

Am^{-2}

- ධාරා ඝනත්වය දෛශික රාශියකි.

විද්‍යුත් ප්‍රතිරෝධය (R)
[Electrical resistance]

ධාරාවක් ලෙස ගලායන e , පරමාණු සමඟ නිරන්තරයෙන් සිදුකරන ගැටුම් නිසා ඒවායේ චලිතයට එරෙහිව ඇති වන බාධාව විද්‍යුත් ප්‍රතිරෝධය ලෙස හඳුන්වේ.



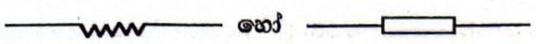
$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow V = I\,R$$

V → V, I → A, R → Ω

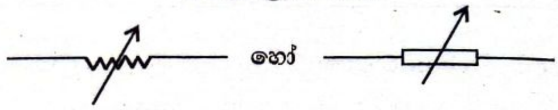
- --

- නිශ්චිත ප්‍රතිරෝධයක් පරිපථයකට ඇතුළු කිරීම සඳහා සකසා ඇති සන්නායක "ප්‍රතිරෝධක" (resistors) ලෙස හැඳින්වේ.

අචල ප්‍රතිරෝධක



විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධක



සන්නයනතාව (G)
[Conductance]

ප්‍රතිරෝධයේ පරස්පරය සන්නයනතාව ලෙස අර්ථ දක්වේ.

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

R → Ω/ohm

G → Ω^{-1}/ ohm^{-1}/ mho

S (සීමන්ස්)

ප්‍රතිරෝධය රඳා පවතින සාධක
[Factors on which the resistance depends]

i. ---

ii. ---

iii. ---

iv. ---

දෙන ලද උෂ්ණත්වයේදී දෙනලද ද්‍රව්‍ය වර්ගයකින් සාදා ඇති සන්නායකයක ප්‍රතිරෝධය,

$$\left.\begin{array}{l} R \propto l \\ R \propto \frac{1}{A} \end{array}\right\} R \propto \frac{l}{A} \Rightarrow \boxed{R = \frac{\rho l}{A}}$$

සමානුපාතිකත්වයේ නියතය වන ρ දෙන ලද උෂ්ණත්වයේදී දෙන ලද ද්‍රව්‍ය වර්ගයෙහි ප්‍රතිරෝධකතාව හෙවත් විශිෂ්ය ප්‍රතිරෝධය ලෙස හැඳින්වේ.

ප්‍රතිරෝධකතාව [Resistivity] - ρ

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

ρ → Ωm

සන්නායකතාව (σ)
(Conductivity)

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \leftarrow \Omega m$$

$\uparrow$

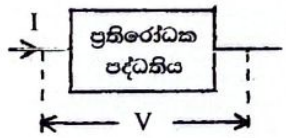
$\Omega^{-1}m^{-1}$ / Sm^{-1}

ප්‍රතිරෝධකතාවයේ පරස්පරය සන්නායකතාව ලෙස අර්ථ දක්වේ.

- ප්‍රතිරෝධය යම් <u>වස්තුවක්</u> තුලින් විදුලිය ගැලීමට ඇති බාධාවද සන්නයනතාව යම් <u>වස්තුවක්</u> තුලින් විදුලිය ගැලීමට ඇති හැකියාවද නිරූපණය කරයි. ප්‍රතිරෝධකතාව යම් <u>ද්‍රව්‍යයක්</u> තුලින් විදුලිය ගැලීමට ඇති බාධාවද සන්නායකතාව යම් <u>ද්‍රව්‍යයක්</u> තුලින් විදුලිය ගැලීමට ඇති හැකියාවද නිරූපණය කරයි.

සමක ප්‍රතිරෝධය
[Equivalent (effective) resistance]

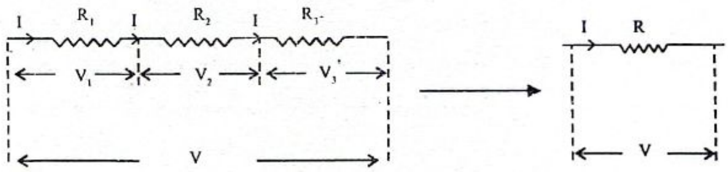
ප්‍රතිරෝධක පද්ධතියක දෙකෙළවරට යෙදූ විභව අන්තරය, එතුළින් ගලන ධාරාවට දරන අනුපාතය එම ප්‍රතිරෝධක පද්ධතියේ සමක ප්‍රතිරෝධය ලෙස අර්ථ දැක්වේ



$$\text{සමක ප්‍රතිරෝධය (R)} = \frac{V}{I}$$

ශ්‍රේණිගත ප්‍රතිරෝධක පද්ධතියක සමක ප්‍රතිරෝධය
[Equivalent resitance of resistors in series]

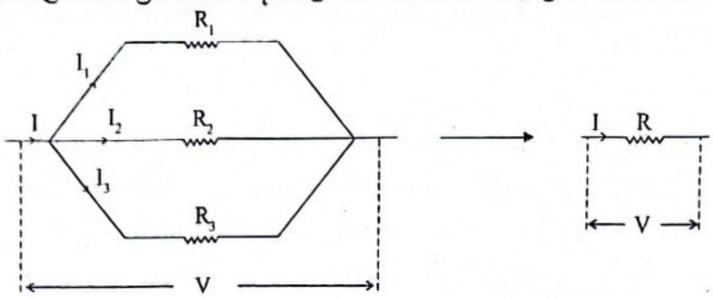
එකක කෙළවරට අනෙක හා අනෙක පමණක් සිටින ආකාරයට වෝල්ටීයතා ප්‍රභවයක දෙකෙලවරට සම්බන්ධිත ප්‍රතිරෝධක ශ්‍රේණිගත ලෙස සැලකේ



ශ්‍රේණිගත ප්‍රතිරෝධ පද්ධතියක,

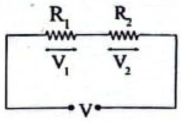
සමාන්තරගත ප්‍රතිරෝධක පද්ධතියක සමක ප්‍රතිරෝධය
(Equivalent resistance of resistors in parallel)

පොදු අග්‍ර පවතින ලෙස වෝල්ටීයතා ප්‍රභවයක දෙකෙලවරට සම්බන්ධ කළ ප්‍රතිරෝධක සමාන්තරගත ලෙස සැලකේ.



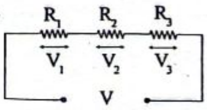
සමාන්තරගත ප්‍රතිරෝධ පද්ධතියක,

විභව බෙදනය [Potential divider]

i. 

$$V_1 : V_2 = R_1 : R_2$$

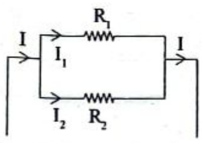
$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V \qquad V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V$$

ii. 

$$V_1 : V_2 : V_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \times V , \quad V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \times V , \quad V_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \times V$$

ධාරා බෙදනය [Current divider]



$$I_1 : I_2$$

$$\frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2}$$

$$R_2 : R_1$$

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I \qquad I_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$$

ප්‍රතිරෝධ පද්ධතියක සමක ප්‍රතිරෝධය සෙවීම
[Finding the equivalent resistance of a network]

❶ සමක ප්‍රතිරෝධය සොයනුයේ කවර ලක්ෂ්‍ය දෙකක් අතරදැයි සැලකිලිමත් වන්න. කිසිදු සුළු කිරීමකින් එම ලක්ෂ්‍ය ඉවත් නොවිය යුතුය.

❷ ශ්‍රේණිගත හෝ සමාන්තරගත ප්‍රතිරෝධක ඇතොත් ඒවා සුළු කර ගන්න.

❸ පරිපථයක එක් ලක්ෂ්‍යයකින් ඇරඹී නැවත එම ලක්ෂ්‍යයටම සම්බන්ධ වන (වෙනත් කිසිදු ස්ථානයකට සම්බන්ධ නැති) පරිපථ කොටස් [මේවා පුඩු (loops) නමින් හැඳින්වේ] හරහා ධාරා නොගලයි. එවැනි පුඩු ඉවත් කල හැකිය.

❹ පරිපථයක විභව සමාන ලක්ෂ්‍ය හඳුනා ගන්න. එවිට,

a. එම ලක්ෂ්‍ය එකට ඇඳීම

හෝ

b. එම ලක්ෂ්‍ය අතර පමණක් ඇති (වෙනත් කිසිදු ස්ථානයකට සම්බන්ධ නැති) <u>ප්‍රතිරෝධ</u> ඉවත් කිරීම හෝ කළ හැකිය.

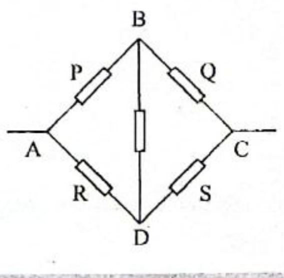
පරිපථයක විභව සමාන ලක්ෂ්‍ය හඳුනා ගැනීමට පහත උපක්‍රම භාවිත කල හැකිය.

i. විශේෂයෙන් සඳහන් කර නොමැති විට සියළු පරිපථ සබැඳීම් ශූන්‍ය ප්‍රතිරෝධ කම්බි මගින් සිදු කර ඇතැයි සැලකේ. ශූන්‍ය ප්‍රතිරෝධ කම්බියක සෑම ලක්ෂ්‍යයකම එකම විභවයක් පවතී.

ii. සමක ප්‍රතිරෝධය සෙවිය යුතු ලක්ෂ්‍ය දෙක යා කරන රේඛාව (හෝ එම රේඛාවද ඇතුලත් තලයක්) දෙපසට ප්‍රතිරෝධ පද්ධතිය සමමිතිකදැයි බලන්න. එවැනි සමමිතිකත්වයක් ඇත්නම් එම රේඛාව (හෝ තලය) <u>දෙපස පිහිටි</u> සමමිතික ලක්ෂ්‍යවල විභව සමාන වේ.

iii. සමක ප්‍රතිරෝධය සෙවිය යුතු ලක්ෂ්‍ය දෙක යා කරන රේඛාවේ ලම්බ සමච්ඡේදකය දෙපසට ප්‍රතිරෝධ පද්ධතිය සමමිතික දැයි බලන්න. එවැනි සමමිතිකත්වයක් ඇත්නම් එම ලම්බ සමච්ඡේදක රේඛාව <u>මත පිහිටි</u> පරිපථ ලක්ෂ්‍යවල විභව සමාන වේ.

iv. වීට්ස්ටන් සේතු මූල ධර්මය, (Principle of Wheatstone bridge)



$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ නම්, $V_B = V_D$ වේ.

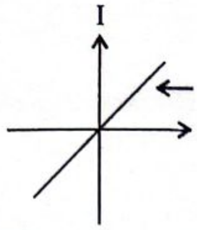
" ඕම් " නියමය [Ohm's law]

1826 දී ජී. එස්. ඕම් (G. S. Ohm) විසින් ඉදිරිපත් කෙරුණි.

$V \propto I \Rightarrow V = RI$

- "ඕම් නියමය" ඇතැම් ද්‍රව්‍ය ඇතැම් තත්ව යටතේ පෙන්නුම් කරන ලක්ෂණයක් පිළිබඳ ප්‍රකාශනයකි.
- ඕම් නියමය පිළිපදින ද්‍රව්‍ය, ඕමික (ohmic) හෙවත් රේඛීය(linear) සන්නායක ලෙස හැඳින්වේ. ඒවායේ R නියතයක් බැවින් V හා I අතර ප්‍රස්තාරය මූල ලක්ෂ්‍යය හරහා යන සරල රේඛාවකි.

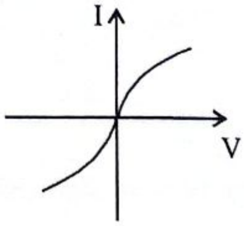
උදා :- සියළු ලෝහ, කාබන් වැනි ඇතැම් අලෝහ සන්නායක



← අනුක්‍රමණය $= \dfrac{I}{V} = \dfrac{1}{R}$

■ ලෝහ වුවද අවශ්‍ය තත්ව සම්පූර්ණ නොවුවහොත් ඕමික සන්නායක ලෙස නොහැසිරේ.

උදා :- සූත්‍රිකා බල්බයක සූත්‍රිකාව



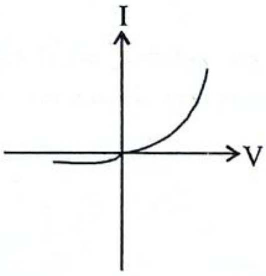
ධාරාව ගලා සූත්‍රිකාව රත් වන විට එහි ප්‍රතිරෝධය ඉහළ යයි.

අනුක්‍රමණය (m) $= \dfrac{\Delta I}{\Delta V} = \dfrac{1}{R}$

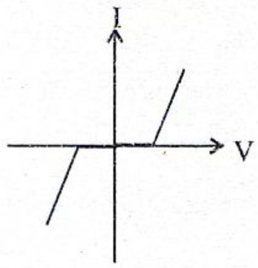
$\downarrow m = \dfrac{1}{R} \uparrow$

■ ඕම් නියමයට අනුකූලව නොහැසිරෙන ද්‍රව්‍ය අනෝමික (nonohmic) හෙවත් රේඛීය නොවන (nonlinear) සන්නායක ලෙස හැඳින්වේ. ඒවායේ V – I ප්‍රස්ථාරය මූල ලක්ෂ්‍යය හරහා යන සරල රේඛාවක් නොවේ.

උදා :- සන්ධි දියෝඩය



ප්ලැටිනම් ඉලෙක්ට්‍රෝඩ යෙදූ H_2SO_4 ද්‍රාවණය



උෂ්ණත්වය සමඟ සන්නායකයක ප්‍රතිරෝධයේ විචලනය
[Variation of resistance with temperature]

උෂ්ණත්ව පරාසය එතරම් අධික නොවන විට ලෝහ සන්නායකයක ප්‍රතිරෝධකතාව උෂ්ණත්වය සමඟ ආසන්න වශයෙන් රේඛීයව වැඩිවේ. θ_0 උෂ්ණත්වයකදී ප්‍රතිරෝධකතාව ρ_0 ද θ උෂ්ණත්වයකදී එය ρ_θ ද නම්,

$\rho_\theta = \rho_0 \, [\, 1 + \alpha\,(\theta - \theta_0)\,]$ - මෙහි α ප්‍රතිරෝධකතාවයේ උෂ්ණත්ව සංගුණකයයි. (temperature coefficient of resistivity) (ඒකක ${}^0C^{-1} / K^{-1}$)

ලෝහ සන්නායකයක ප්‍රතිරෝධය, ප්‍රතිරෝධකතාවට සමානුපාතික බැවින්, $\left(R = \dfrac{\rho l}{\rho}\right)$

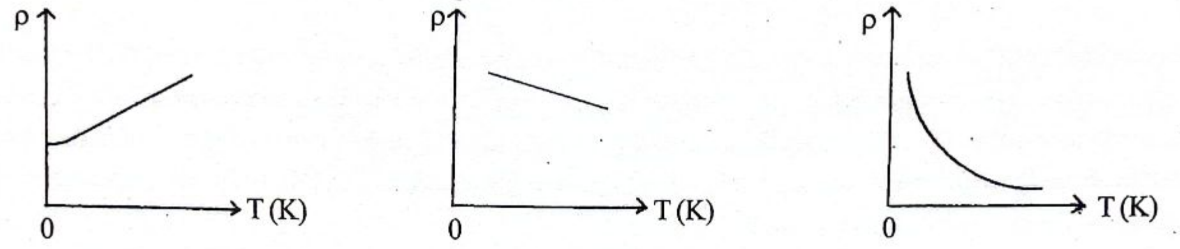
$R_\theta = R_0 \, [\, 1 + \alpha\,(\theta - \theta_0)\,]$ - මෙහි α ප්‍රතිරෝධයේ උෂ්ණත්ව සංගුණකයයි. (temperature coefficient of resistance)

■ උෂ්ණත්වය සමඟ සන්නායකයේ දිගෙහි හා හරස්කඩෙහි වෙනස්වීම නොසලකා හරින්නේ නම් ප්‍රතිරෝධකතාවයේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය හා ප්‍රතිරෝධයේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය ආසන්න වශයෙන් සමාන වේ. උසස් පෙළ ගැටළු විසඳීමේදී මෙම සමාන වීම සිදුවන්නේ යැයි සලකනු ලැබේ.

θ_0 ලෙස බොහෝ විට භාවිත වන්නේ $0\,^0C$ බැවින් R_0 යනු $0\,^0C$ දී ප්‍රතිරෝධයයි.

එවිට, $R_\theta = R_0(1+\alpha\theta)$ ← මෙම සමීකරණය භාවිතයේදී R_0 ලෙස $0\,^0C$ දී ප්‍රතිරෝධයම යෙදිය යුතු අතර θ , සෙල්සියස් අංශක වලින්ම ආදේශ කළ යුතුය.

- $\alpha = \frac{1}{R_0}\left(\frac{R_\theta - R_0}{\theta}\right) = \frac{\text{ඒකක උෂ්ණත්ව වෙනසකට ප්‍රතිරෝධයේ වෙනස}}{0\,^0C \text{ දී ප්‍රතිරෝධය}}$

- 

ලෝහ සන්නායක | පරිවාරක | සංශුද්ධ අර්ධ සන්නායක

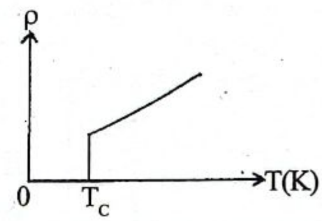
- උෂ්ණත්වය සමඟ ප්‍රතිරෝධය වැඩිවන ද්‍රව්‍යයන්ගේ α ධන අගයක් ගන්නා අතර උෂ්ණත්වය සමඟ ප්‍රතිරෝධය අඩුවන ද්‍රව්‍යයන්ගේ α ඍණ අගයක් ගනී.

සුපිරි සන්නායක [Super conductors]

- 1911 දී කැමර්ලින් ඔනස් (Kamerlingh Onnes) විසින් සොයා ගැනුනි.

උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට සන්නායකයක ප්‍රතිරෝධකතාව වැඩිවන්නා සේම උෂ්ණත්වය අඩු වන විට එය අඩුවේ.

0 K ට ආසන්න පහත් උෂ්ණත්ව වලදී ඇතැම් ද්‍රව්‍ය වල ප්‍රතිරෝධකතාව මුළුමනින්ම නැති වීමේ සංසිද්ධිය සුපිරි සන්නායකතාව (Superconductivity) ලෙස හැඳින්වේ. සුපිරිසන්නායකතාව ඇරඹෙන උෂ්ණත්වය සංක්‍රමණ උෂ්ණත්වය (T_C) [Critical (transition) temperature] නම් වේ. T_C හිදී අදාල ද්‍රව්‍ය සාමාන්‍ය අවස්ථාවේ සිට සුපිරි සන්නායක අවස්ථාව දක්වා " අවස්ථා විපර්යාසයකට " භාජනය වන්නේ යැයි කියනු ලැබේ.



ද්‍රව්‍යය	සංක්‍රමණ උෂ්ණත්වය (K)
Al	1.19
Hg	4.15
Pb	7.18
YBa_2Cu_2O	100
$Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$	125
$HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$	138

- බොහෝ සංශුද්ධ ද්‍රව්‍ය සුපිරි සන්නායකතාව පෙන්නුම් කරන්නේ 0 K ට සමීප පහත් උෂ්ණත්වවලදීය. මෙවැනි පහත් උෂ්ණත්ව දක්වා ද්‍රව්‍ය සිසිල් කිරීමට මිලෙන් අධික ද්‍රව හීලියම් (තාපාංකය 4.2 K පමණ) යොදා ගැනීමට සිදු වීම අවාසියකි. එබැවින් සංක්‍රමණ උෂ්ණත්වය වැඩි සංයෝග සොයා ගැනීමට විද්‍යාඥයින් උනන්දු විය. ඔවුන්ගේ පළමු උත්සාහය වූයේ මිලෙන් අඩු ද්‍රව නයිට්‍රජන් (තාපාංකය $77\,K / -196^0\,C$) යොදා සිසිල් කර සුපිරි සන්නායකතාව පෙන්නුම් කරන ද්‍රව්‍ය සොයා ගැනීමයි. මෙම ඉලක්කය මේ වන විට සපුරාගෙන ඇති අතර ද්‍රව N_2 යොදා සිසිල් කර සුපිරි සන්නායකතාව ලබා ගත හැකි ද්‍රව්‍ය "අධි උෂ්ණත්ව සුපිරි සන්නායක" ලෙස හැඳින්වේ. විද්‍යාඥයින්ගේ මීළඟ ඉලක්කය වන්නේ කාමර උෂ්ණත්වයේදී ($0^0\,C$ ට වැඩි උෂ්ණත්වවලදී) සුපිරි සන්නායකතාව පෙන්නුම් කරන ද්‍රව්‍ය සොයා ගැනීමයි.

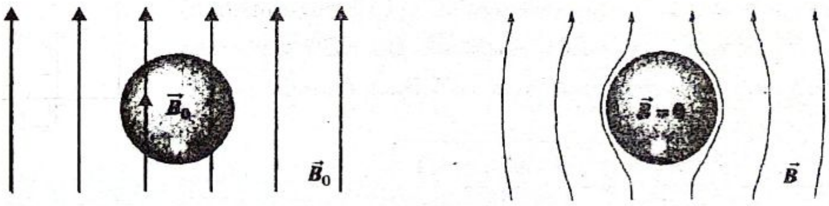
සුපිරි සන්නායකතාව පැහැදිලි කිරීම
(Explanation of superconductivity)

සුපිරි සන්නායකතාව පිළිබඳ යාන්ත්‍රණය මුල්වරට සාර්ථකව පැහැදිලි කරනු ලැබුවේ ඇමරිකානු ජාතික භෞතික විද්‍යාඥයින් තිදෙනෙකු වූ ජෝන් බාර්ඩීන්, ලියොන් කූපර් හා රොබට් ෂරිපර් [Bardeen - Cooper - Schriefer (BCS වාදය)] විසින් 1957 දීය.

BCS වාදයට අනුව සුපිරි සන්නායක අවස්ථාවේදී ක්වොන්ටම් යාන්ත්‍රික අන්තර් ක්‍රියාවක් යටතේ කූලෝම් විකර්ෂණ බලද මැඩපවත්වා සන්නායක ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට යුගල වශයෙන් පැවතිය හැකි වේ. බාහිර විභව අන්තරයක් යටතේ ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් ගන්නේද යුගල වශයෙනි. මෙම ඉලෙක්ට්‍රෝන යුගලවලට පරමාණුක මද සමග නොගැටී ශක්ති හානියකින් තොරව, සාමූහිකව, එකම ප්‍රවේගයකින් ගමන් කළ හැකි වේ. ප්‍රතිරෝධකතාව ශුන්‍ය වන්නේ එබැවිනි. [මෙවැනි ඉලෙක්ට්‍රෝන යුගල " කූපර් යුගල " (Cooper pairs) ලෙස හැඳින්වේ.]

සුපිරි සන්නායකවල ගුණ
[Properties of superconductors]

1. ශුන්‍ය ප්‍රතිරෝධකතාව.
2. චුම්බක ක්ෂේත්‍ර විකර්ෂණය කිරීම.
   - මෙය මයිස්නර් ආචරණය (Meissner effect) ලෙස හැඳින්වේ.
   - සාමාන්‍ය ලෝහ සාම්පලයක් තුලින් ($T > T_C$ විට) චුම්බක ස්‍රාව රේඛා ගමන් කලද සුපිරි සන්නායක අවස්ථාවේදී ($T < T_C$ විට) ඒවා තුළින් චුම්බක ස්‍රාව රේඛා ගමන් නොකරයි.



3. නොනවතින විද්‍යුත් ධාරාවක් (persistent current) දරාගෙන සිටිය හැකි වීම.
   - මෙය ශක්තිය ගබඩා කර තැබීමේ උපක්‍රමයක් ලෙස භාවිත කල හැකිය.

සුපිරි සන්නායකවල භාවිත [Uses of superconductors]

❶ විදුලි බල සම්ප්‍රේෂණ රැහැන් තැනීම
❷ අධි බලැති විදුලි මෝටර හා ටර්බයින
❸ අධිවේගී පරිගණක යන්ත්‍ර
❹ මිනිස් මොළයේ ඡායා දැකගත හැකි MRI (Magnetic Resonance Imaging) යන්ත්‍ර
❺ ඉතා සියුම් චුම්බක ක්ෂේත්‍ර අනාවරණය කරගත හැකි (SQUID - superconducting quantum interference devices) උපකරණ.

අභ්‍යාස

$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

01. **Time target : 2 minutes**

එක්තරා කැතෝඩ කිරණ නලයක කදම්බ ධාරාව (beam current) $30 \mu A$ වේ. සෑම 40s කදීම කොපමණ ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් ඇනෝඩය මත පතිත වේද ?

02. **Time target : 4 minutes**

හරස්කඩ වර්ගඵලය 3.31×10^{-6} m^2 වූ තඹ කම්බියක් 10A ධාරාවක් ගෙන යන විට ඉලෙක්ට්‍රෝනවල මධ්‍යන්‍ය ප්ලාවිත ප්‍රවේගය සොයන්න. තඹ වල මවුලික ස්කන්ධය 63.5 g mol^{-1} වන අතර තඹවල ඝනත්වය 8950 kgm^{-3} වේ. සෑම තඹ පරමාණුවක්ම පළමු අයනීකරණයට ලක් වී ඇතැයි උපකල්පනය කරන්න.

03. **Time target : 3 minutes**

තඹවල සචල ඉලෙක්ට්‍රෝන ඝනත්වය 8.5×10^{28} m^{-3} වේ. 3 A ධාරාවක් ගෙන යන 3m දිගැති හරස්කඩ වර්ගඵලය 2×10^{-6} m^2 වූ තඹ කම්බියක එක් කෙලවරක සිට අනෙක් කෙලවරට යාමට ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් කොපමණ කාලයක් ගනීද ?

04. **Time target : 3 minutes**

මැන්ගනීන් ලෝහයෙන් තැනූ ඒකාකාර කම්බියක දිග 69 cm වේ. කම්බියේ දෙකෙළවරට 4.5 V විභව අන්තරයක් යොදා ඇත්නම්, කම්බිය තුළ ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් ගන්නා ප්ලාවිත ප්‍රවේගය කොපමණද ? මැන්ගනීන්වල ප්‍රතිරෝධකතාව 4.3×10^{-7} Ωm ද එහි සන්නායක ඉලෙක්ට්‍රෝන ඝනත්වය 10^{28} m^{-3} ද වේ.

05. **Time target : 3 minutes**

ප්‍රායෝගික අවස්ථාවක් සැලකීමේදී සමාන්තර තහඩු ධාරිත්‍රකයක තහඩු අතරට යොදන පාරවිද්‍යුත් ද්‍රව්‍යයට ශුන්‍ය නොවන සන්නායකතාවක් (σ) පවතී. භාර විද්‍යුත් නියතය k වන පාරවිද්‍යුත් ද්‍රව්‍යයකින් මුළුමනින්ම පුරවන ලද ධාරිතාව C වූ ධාරිත්‍රකයක ප්‍රතිරෝධය R නම් $RC = k\varepsilon_0 / \sigma$ බව පෙන්වන්න. මෙහි ε_0 යනු නිදහස් අවකාශයේ පාරවේද්‍යතාවයි.

06. **Time target : 4 minutes**

තඹ 1.0g ස්කන්ධයක් භාවිත කොට 0.5 Ω ප්‍රතිරෝධයක් ඇති ඒකාකාර වෘත්තාකාර හරස්කඩකින් යුත් කම්බියක් සෑදීමට අවශ්‍ය යැයි සිතන්න. තඹ වල ප්‍රතිරෝධකතාව 1.7×10^{-8} Ωm හා ඝනත්වය 8.95 gcm^{-3} නම් සෑදිය යුතු කම්බියේ දිග හා හරස්කඩ විෂ්කම්භය සොයන්න.

07. **Time target : 2 minutes**

අරය 5 mm වන ඒකාකාර සන්නායක කම්බියකට 200 Vm^{-1} විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් යෙදූ කල එතුලින් 5 A ධාරාවක් ගලයි. කම්බිය සාදා ඇති ද්‍රව්‍යයේ විශිෂ්ඨ ප්‍රතිරෝධය සොයන්න.

08. **Time target : 4 minutes**

හරස්කඩ වර්ගඵලය 3.8×10^{-9} m^2 වූ 0.67 m දිගැති තඹ කම්බියක ප්‍රතිරෝධය කොපමණද ? තඹවල ප්‍රතිරෝධකතාව 1.7×10^{-8} Ωm වේ.

දැන් මෙම කම්බියට එක්තරා ප්‍රත්‍ය බලයක් යෙදූ විට එහි හට ගන්නා වික්‍රියාව 0.012 වේ. කම්බියෙහි නව ප්‍රතිරෝධය සොයන්න.

09. **Time target : 2 minutes**

සමාන දිගින් යුත් 4×10^{-8} Ωm හා 3.6×10^{-7} Ωm ප්‍රතිරෝධකතා ඇති වෙනස් ද්‍රව්‍ය දෙකකින් සෑදූ A හා B කම්බි දෙකක් එකම විභව අන්තරයකට ලක් කර ඇත. කම්බි දෙක තුළ ධාරා සමාන වීමට ඒවායේ අරයයන් අතර අනුපාතය කුමක් විය යුතුද ?

10. **Time target :** 3 minutes

ඒකාකාර නොවන වෘත්තාකාර හරස්කඩක් ඇති සන්නායකයක් රූපයේ දැක්වේ. ඒ තුල ධාරාව 5A කි. A_1 හි හරස්කඩ අරය 0.4 cm වේ.

i. A_1හි ධාරා ඝනත්වය සොයන්න.
ii. A_2හි ධාරා ඝනත්වය, A_1 හි ධාරා ඝනත්වයෙන් 1/4 ක් වීම සඳහා A_2 හි හරස්කඩ අරය සොයන්න.

11. **Time target :** 3 minutes

ධාරා ඝනත්වය වන J, සන්නායකතාව වන σ හා ක්ෂේත්‍ර තීව්‍රතාව වන E ට $J = \sigma E$ ආකාරයෙන් බැඳී ඇති බව පෙන්වන්න.

ඒකාකාර නොවන හරස්කඩක් ඇති සන්නායකයක් හරහා අනවරත විදුලි ධාරාවක් ගලා යයි.

a) ධාරාව b) ධාරා ඝනත්වය c) විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍ර තීව්‍රතාව

d) මධ්‍යන්‍ය ප්ලාවිත ප්‍රවේගය

යන රාශිවලින් කවරක් නියතව පවතීද ? අනෙක් රාශීන් හරස්කඩ වර්ගඵලයට දක්වන සම්බන්ධතාව කුමක්ද ?

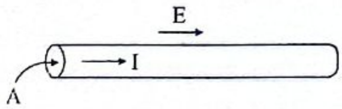
12. **Time target :** 4 minutes

පැත්තක දිග 6 mm වන සමචතුරස්‍රාකාර හරස්කඩක් ඇති 10 m ක් දිග තඹ කම්බියක් තුළ විදුලි ධාරාව 3.6 A කි. නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන සාන්ද්‍රණය $8.5 \times 10^{28}\ m^{-3}$ හා ප්‍රතිරෝධකතාව $1.72 \times 10^{-8}\ \Omega m$ නම්,

i. ධාරා ඝනත්වය
ii. කම්බිය තුළ විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍ර තීව්‍රතාව
iii. එක් ඉලෙක්ට්‍රෝනයකට එක් කෙළවරක සිට අනෙක් කෙළවර දක්වා යාමට ගතවන කාලය සොයන්න.

13. **Time target :** 5 minutes

ධාරා ඝනත්වය (J) අර්ථ දක්වා ඇත්තේ $J = I / A$ ලෙසය. $J = E / \rho$ බව පෙන්වන්න. මෙහි ρ යන සන්නායකය සාදා ඇති ද්‍රව්‍යයේ ප්‍රතිරෝධකතාවයයි.

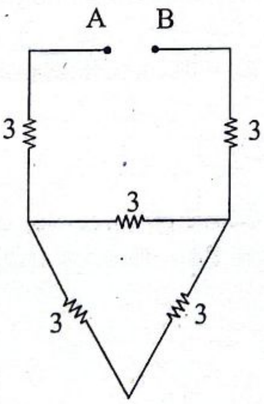


පසෙහි ඇති විකිරණශීලී මූල ද්‍රව්‍යයන්ගෙන් පිටවන විකිරණ නිසා හා අභ්‍යාවකාශයේ සිට එන කොස්මික් කිරණ නිසා බිහිවූ ධන හා ඍණ අයන පෘථිවි වායු ගෝලයේ පහල ස්ථරයන්හි තිබේ. පෘථිවි පෘෂ්ඨය අසල සිරස්ව පහලට ක්‍රියා කරන $120\ Vm^{-1}$ ප්‍රබලතාවක් ඇති ඒකාකාර විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් ඇතැයි සලකන්න. මෙම විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයේ $+e$ ලෙස ආරෝපිත ධන අයන පහලටත් $-e$ ලෙස ආරෝපිත ඍණ අයන ඉහලටත් ප්ලවනය කරයි. ධන අයන වල ඝනත්වය $620\ cm^{-3}$ වන අතර ඍණ අයනවල ඝනත්වය $550\ cm^{-3}$ වේ. වාතයේ සන්නායකතාව $2.70 \times 10^{-14}\ (\Omega m)^{-1}$ ලෙස සලකන්න. ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

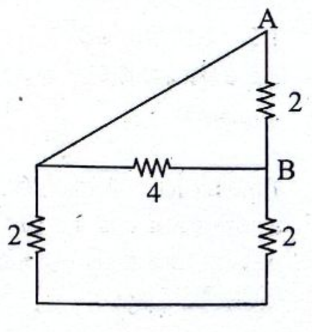
i. ධන හා ඍණ අයන සඳහා ප්ලාවිත වේගය සමාන යැයි සලකා එහි අගය සොයන්න.
ii. ධාරා ඝනත්වය සොයන්න.

14. පහත දැක්වෙන පද්ධතිවල A හා B අතර සමක ප්‍රතිරෝධය සොයන්න. සියලු ප්‍රතිරෝධ අගයන් දී ඇත්තේ Ω වලිනි.

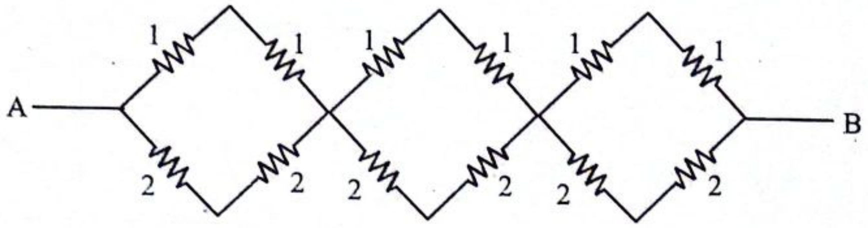
i.



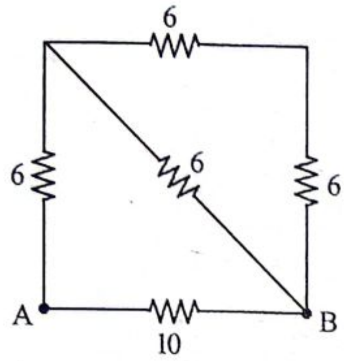
ii.



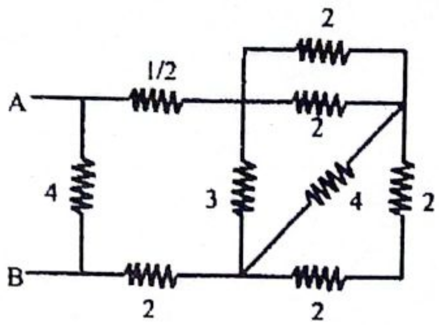
iii.



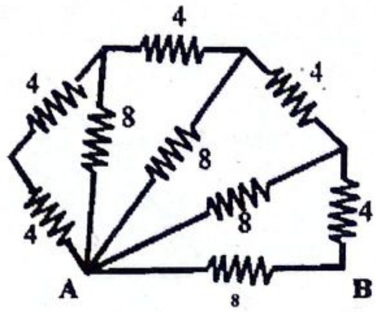
iv.



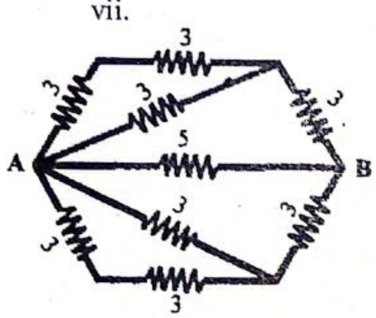
v.



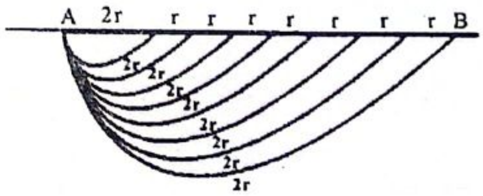
vi.



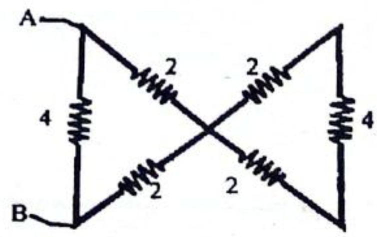
vii.



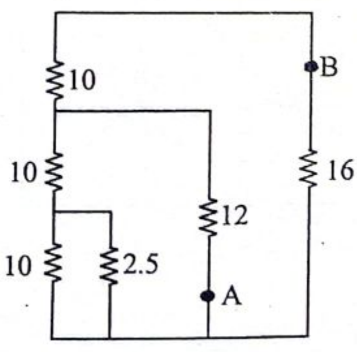
viii.



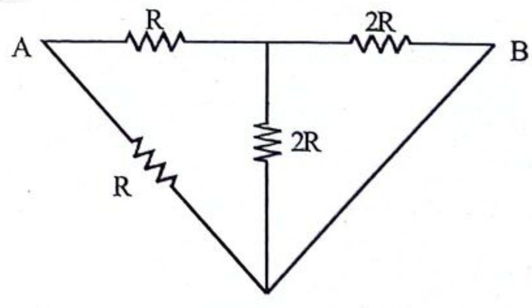
ix.



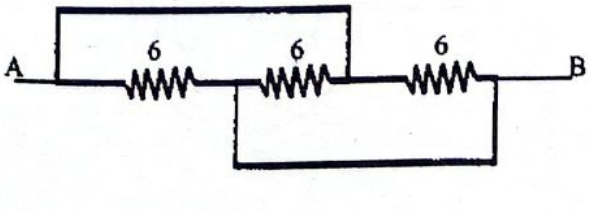
x.



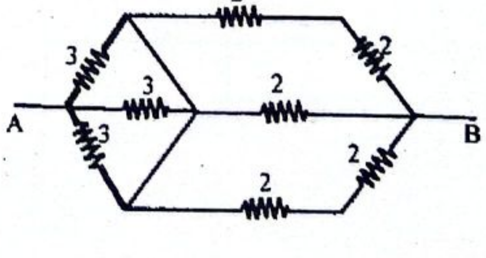
xi.



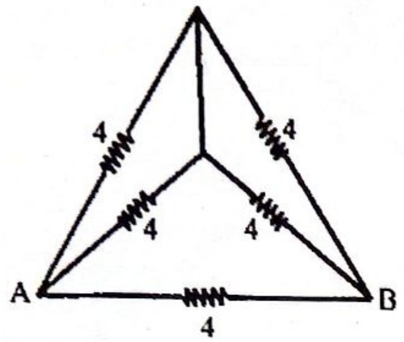
xii.



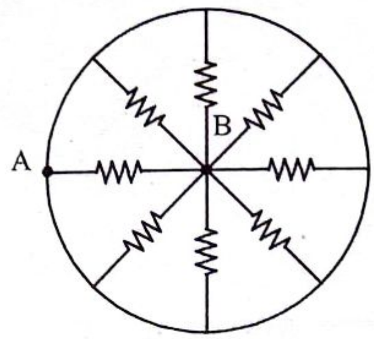
xiii.



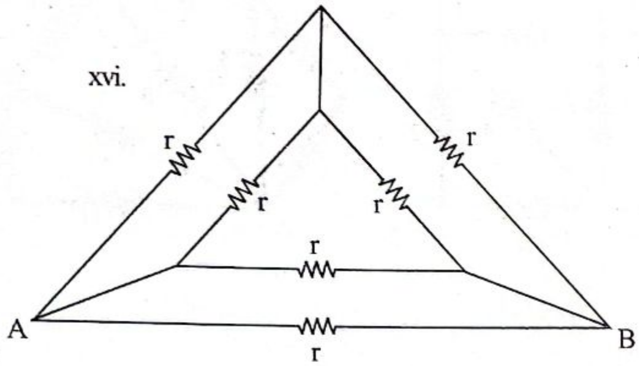
xiv.



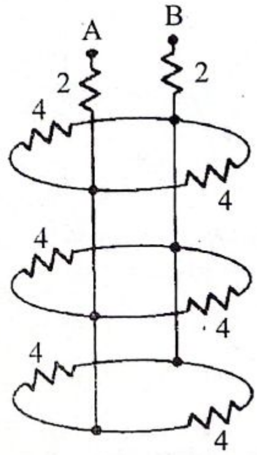
xv. සෑම ප්‍රතිරෝධයක්ම R බැගින් වේ.



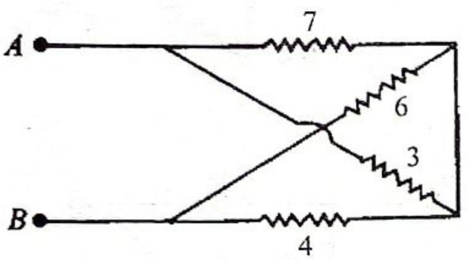
xvi.



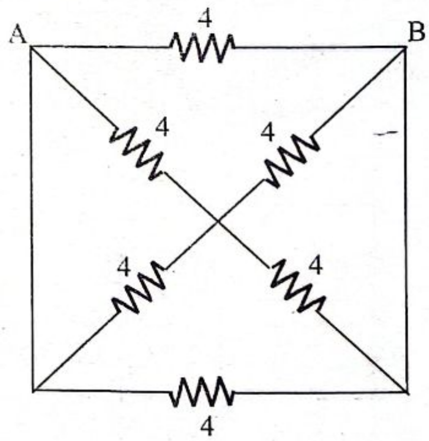
xvii.



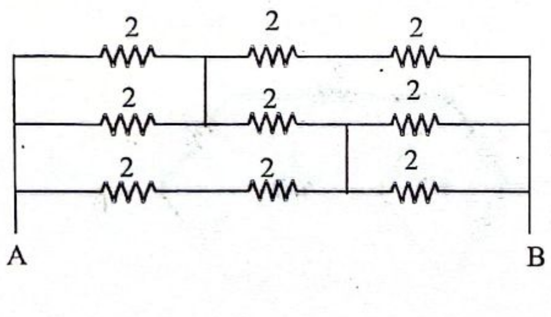
xviii.



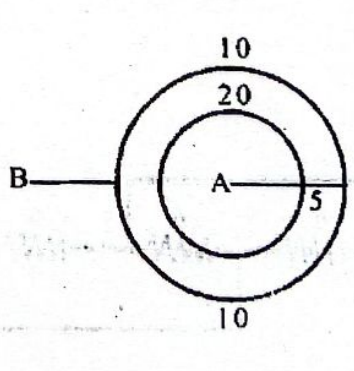
xix.



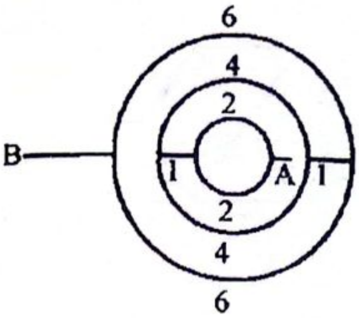
xx.



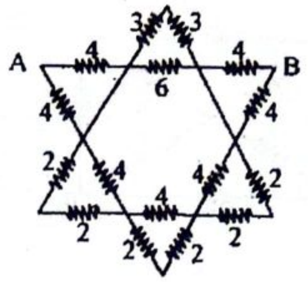
xxi.



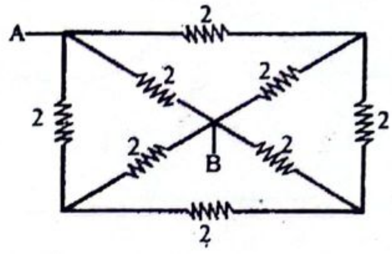
xxii.



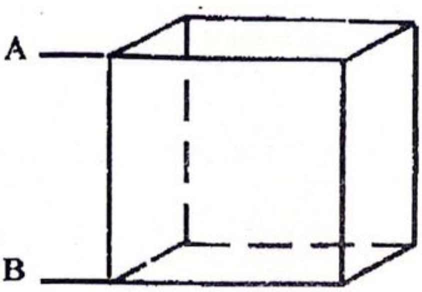
xxiii.



xxiv.

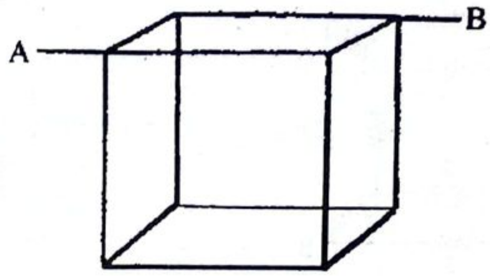


xxv.



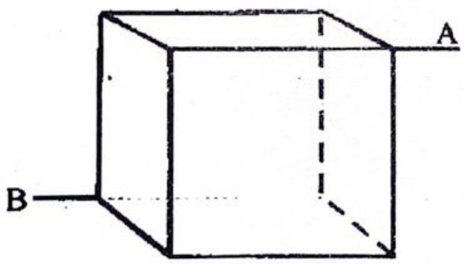
සෑම කම්බියකම ප්‍රතිරෝධය 2 Ω වේ.

xxvi.



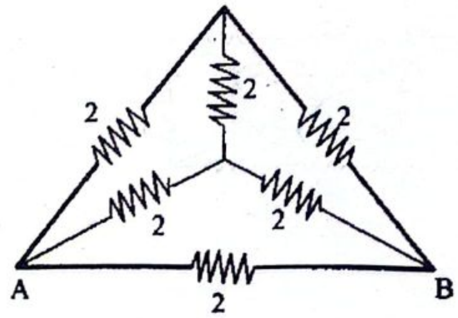
සෑම කම්බියකම ප්‍රතිරෝධය 2 Ω වේ.

xxvii.

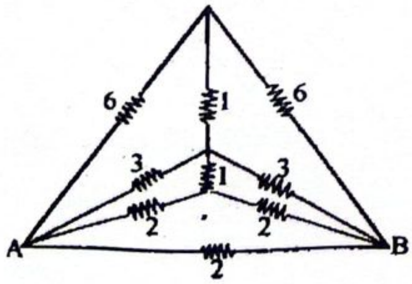


සෑම කම්බියකම ප්‍රතිරෝධය 2 Ω වේ.

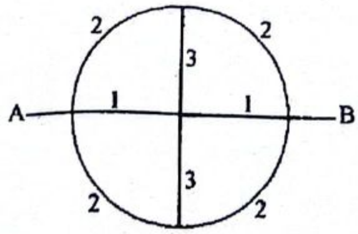
xxviii.



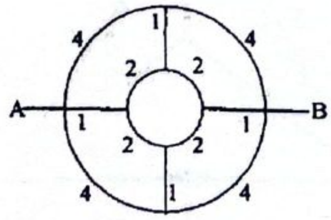
xxix.



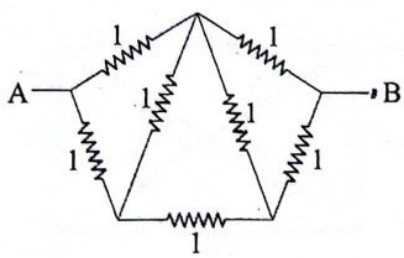
xxx.



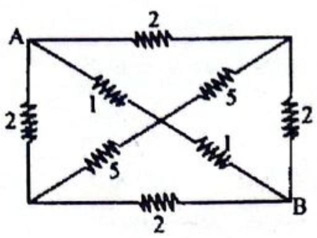
xxxi.



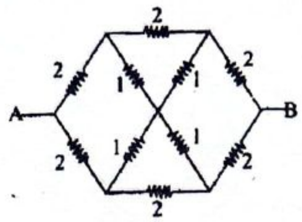
xxxii.



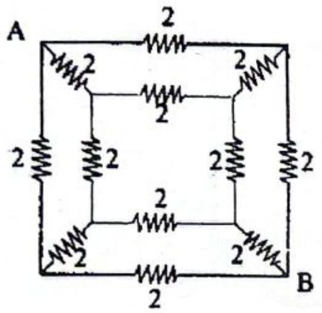
xxxiii.



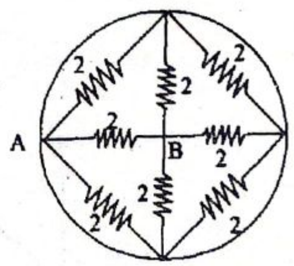
xxxiv.



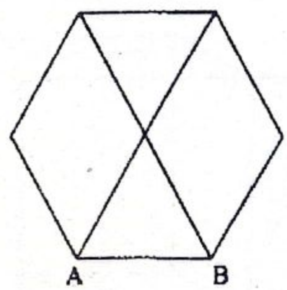
xxxv.



xxxvi.

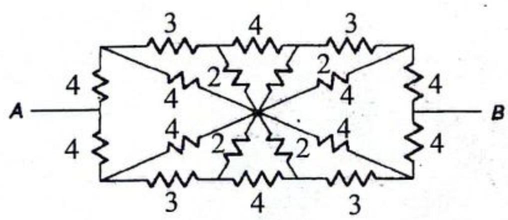


xxxvii.

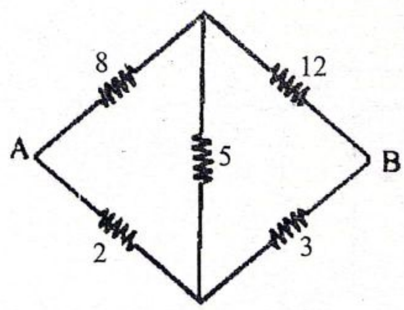


සෑම කම්බියකම ප්‍රතිරෝධය $6\ \Omega$ වේ.

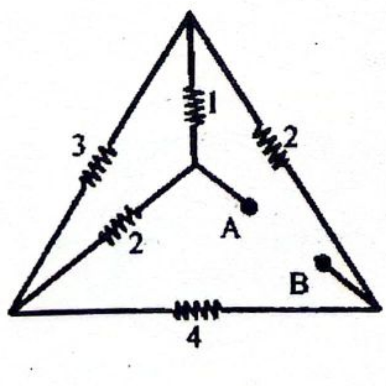
xxxviii.



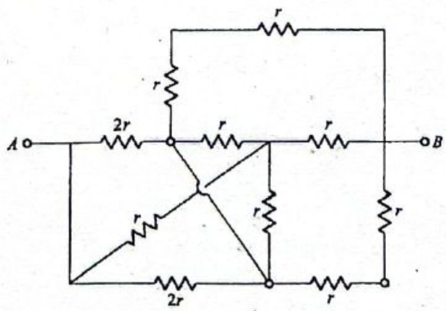
xxxix.



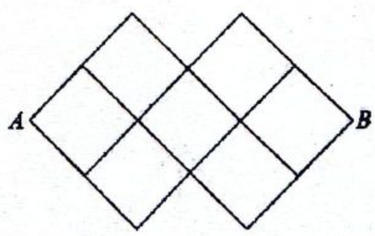
xL.



xLi.

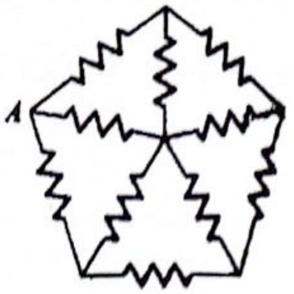


xLii.



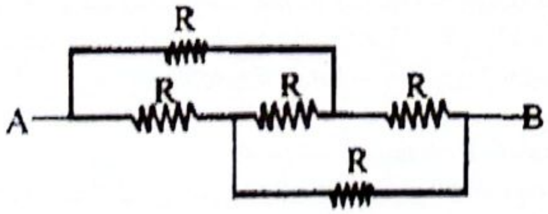
සෑම කම්බියකම ප්‍රතිරෝධය R වේ

xLiii.

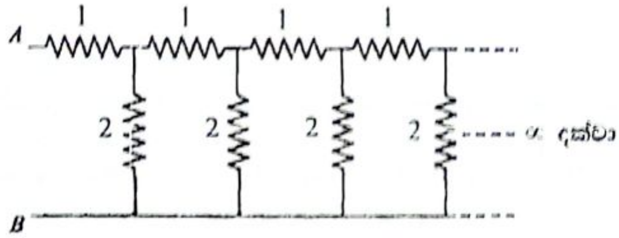


සෑම ප්‍රතිරෝධයක්ම R බැගින් වේ.

xLiv.



xLv.



15. **Time target :** 3 minutes

100 cm ක් දිග් වූද අරය 0.5 cm වූ ද කම්බියක දෙකෙළවර සන්ධි කිරීමෙන් පසු එහි ලක්ෂ්‍ය දෙකක් අතර ප්‍රතිරෝධය මනිනු ලැබේ. මෙම ප්‍රතිරෝධය 0.24 Ω ද ලක්ෂ්‍ය දෙක අතර කම්බි දිග 40 cm ද නම් කම්බියේ ප්‍රතිරෝධකතාව සොයන්න.

16. **Time target :** 4 minutes

වෘත්තාකාර කම්බි පුඩුවක කම්බිය දිගේ ගත් 20 cm දිගක අග්‍ර අතර සමක ප්‍රතිරෝධකය 8 Ω කි. එම දිග 50 cm දක්වා වැඩිකල විට ප්‍රතිරෝධය 12.5 Ω කි. කම්බි පුඩුවෙහි දිගත්, එහි ඒකක දිගක ප්‍රතිරෝධයත් ගණනය කරන්න. කම්බියේ හරස්කඩ ක්ෂේත්‍රඵලය 2 mm^2 නම් එහි විශිෂ්ට ප්‍රතිරෝධය කුමක් ද ?

17. **Time target :** 4 minutes

බාහිර අරය 2a ද අභ්‍යන්තර අරය a ද වූ l දිගැති සිලින්ඩරාකාර බටයක් විද්‍යුත් ප්‍රතිරෝධකතාව ρ_1 වූ ද්‍රව්‍යකින් සාදා ඇත. එම බටයේ දෙකෙළවර හරහා ප්‍රතිරෝධය R_1 නම් $R_1 = \dfrac{\rho_1 l}{3\pi a^2}$ බව පෙන්වන්න.

දැන් මෙම බටයේ කුහරය විද්‍යුත් ප්‍රතිරෝධකතාව ρ_2 වූ සන්නායක ද්‍රව්‍යයකින් ඒකාකාරව පුරවනු ලැබුවේ නම් සංයුක්ත දණ්ඩේ දෙකෙළවර හරහා ප්‍රතිරෝධය R_2 කුමක්ද ? මෙම බටයේ සිලින්ඩරාකාර පෘෂ්ඨ දෙකෙහි අක්ෂ එකිනෙකට සමාන්තර වන නමුදු ඒවා සමපාත නොවේ නම් R_2 හි අගය වෙනස් වේද ? ඔබේ පිළිතුර පහදා දෙන්න.

18. **Time target :** 2 minutes

ප්ලැටිනම් ප්‍රතිරෝධ උෂ්ණත්වමානයක ප්‍රතිරෝධය 25 °C දී 11 Ω වේ. ප්ලැටිනම් වල ප්‍රතිරෝධයේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය 0.004 $°C^{-1}$ නම් 100 °C දී උෂ්ණත්වමානයේ ප්‍රතිරෝධය සොයන්න.

19. **Time target :** 4 minutes

i. එක්තරා කම්බි කැබැල්ලක $20\,^0C$ දී ප්‍රතිරෝධය $5\ \Omega$ ද $50\,^0C$ දී ප්‍රතිරෝධය $5.2\ \Omega$ ද වේ. කම්බිය සාදා ඇති ද්‍රව්‍යයේ ප්‍රතිරෝධයේ උෂ්ණත්වය සංගුණකය සොයන්න.

ii. ද්‍රව්‍යයක $20\,^0C$ දී ප්‍රතිරෝධකතාව $2 \times 10^{-5}\ \Omega m$ ද ප්‍රතිරෝධයේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය $0.01\ ^0C^{-1}$ ද වේ. 60^0C දී ද්‍රව්‍යයේ ප්‍රතිරෝධකතාව සොයන්න.

20. **Time target :** 3 minutes

$25\ ^0C$ දී ටංග්ස්ටන් සූත්‍රිකා බල්බයක දෙකෙලවර විභව අන්තරය $10\ mV$ ද එය ඇද ගන්නා ධාරාව $4\ mA$ ද වේ. බල්බයේ ක්‍රියාකාරී අවස්ථාවෙහි දෙකෙලවර විභව අන්තරය $120\ V$ ද ධාරාව $4\ A$ ද නම් එහි ක්‍රියාකාරී උෂ්ණත්වය නිමානය කරන්න. ටංග්ස්ටන්වල ප්‍රතිරෝධයේ උෂ්ණත්වය සංගුණකය $0.0042\ K^{-1}$ වේ.

21. **Time target :** 3 minutes

දියවෙන අයිස්වල දී කම්බි දඟරයක ප්‍රතිරෝධය $10\ \Omega$ වේ. දඟරය $100\ ^0C$ දක්වා රත් කර එය හා සමාන්තරගතව $200\ \Omega$ ප්‍රතිරෝධයක් සම්බන්ධ කල විට සංයුක්තයේ මුළු ප්‍රතිරෝධය $10\ \Omega$ විය. කම්බි දඟරයේ ප්‍රතිරෝධයේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය සොයන්න.

22. **Time target :** 3 minutes

සමාන හරස්කඩින් යුතු කාබන් හා යකඩ දඬු දෙකක් කෙළවරින් කෙළවර සම්බන්ධ කොට තිබේ. පද්ධතියේ ප්‍රතිරෝධය උෂ්ණත්වයෙන් ස්වායත්ත වීම සඳහා ඒවායේ දිගවල් අතර අනුපාතය කුමක් විය යුතුද ? කාබන්වල හා යකඩ වල ප්‍රතිරෝධයේ උෂ්ණත්ව සංගුණක පිළිවෙළින් $-8 \times 10^{-3}\ K^{-1}$ හා $6 \times 10^{-3}\ K^{-1}$ ද විශිෂ්ඨ ප්‍රතිරෝධ පිළිවෙලින් $4 \times 10^{-5} \Omega\ m$ හා $1.2 \times 10^{-5}\ \Omega m$ ද වේ.

පිළිතුරු - අභ්‍යාස

01. 7.5×10^{15}

02. $2.22 \times 10^{-4}\ ms^{-1}$

03. 27200 s

04. $9.48 \times 10^{-3}\ ms^{-1}$

06. 1.82 m , 280 μm

07. $3.14 \times 10^{-3}\ \Omega m$

08. 3Ω , 3.07Ω

09. 1 : 3

10. i. $9.94 \times 10^4\ Am^{-2}$
ii. 0.8 cm

11. ධාරාව පමණක් නියත වේ. අනෙක් රාශි තුනම හරස්කඩට ප්‍රතිලෝමව සමානුපාතික වේ.

12. i $10^5\ Am^{-2}$ ii. $1.72 \times 10^{-3}\ Vm^{-1}$ iii. 9.1×10^6 s

13. i 0.017 ms^{-1}

14.

i.	8Ω	ii.	1Ω	iii.	4Ω	iv.	5Ω
v.	2Ω	vi.	4Ω	vii.	5/3 Ω	viii.	r
ix.	2Ω	x.	8Ω	xi.	2 R / 3	xii.	2Ω
xiii.	2Ω	xiv.	2Ω	xv.	R/8	xvi.	r / 3
xvii.	14/3 Ω	xviii.	4.5 Ω	xix.	4 / 3 Ω	xx.	2 Ω
xxi.	10Ω	xxii.	8Ω	xxiii.	6Ω	xxiv.	14/15Ω
xxv.	7/6Ω	xxvi.	3/2 Ω	xxvii.	5/3Ω	xxviii.	1Ω
xxix.	1Ω	xxx.	1Ω	xxxi.	2Ω	xxxii.	8/7 Ω
xxxiii.	1Ω	xxxiv.	5/2Ω	xxxv.	3/2 Ω	xxxvi.	1/2 Ω
xxxvii.	7/2Ω	xxxviii.	6Ω	xxxix.	4Ω	xL.	2Ω
xLi.	r	xLii.	2R	xLiii.	8R /11	xLiv.	R
xLv.	2Ω						

15. $7.85 \times 10^{-5}\ \Omega\ m$

16. 100 cm , $0.5\ \Omega\ cm^{-1}$, $3.14 \times 10^{-4}\ \Omega m$

17. $\dfrac{\rho_1 \rho_2 l}{\pi a^2 (3\rho_2 + \rho_1)}$

18. 14Ω

19. i. $1.37 \times 10^{-3}\ \Omega\ m$
ii. $2.67 \times 10^{-5}\ \Omega\ m$

20. $2919\ ^0C$

21. $5.26 \times 10^{-4} \Omega m$

22. 0.225

F:\B\S~\2025 - T - U8 - Part I pm7_Net 01 2025/05/08
Asanka Printers - 0777 555 399