17 ప్రవాహ విద్యుత్తు

నిత్య జీవితంలో మనం విద్యుత్ శక్తిని అనేక విధాలుగా వాడుతూ ఉంటాం. మన ఇళ్ళలో బల్బులు, ట్యూబులైట్లు వెలగడానికి, రేడియో, టేప్‌రికార్డర్ లో సంగీతం వినడానికి, T.V. లో అనేక కార్యక్రమాలను చూడడానికి, కూలర్, ఫ్యాన్స్ నుంచి చల్లని గాలిని పొందడానికి, పొలాలను పండించడానికి వాడే విద్యుత్తు పంపులలో మనం విద్యుత్ శక్తిని వాడుతుంటాం. నిజానికి, విజ్ఞాన శాస్త్రం మానవ జాతికి ఇచ్చిన ఒక విలక్షణమైన బహుమతి విద్యుత్‌శక్తి. ఆధునిక ప్రపంచంలో విద్యుత్ శక్తి లేకుండా మన జీవితాలను ఊహించలేము. ఇంటిలో మీరు స్విచ్ వేయగానే బల్బు వెలగడం గమనించి ఉంటారు. ఇది ఎందువల్ల జరుగుతుంది. ఇక్కడ స్విచ్ యొక్క విధి ఏమిటి ?

స్థిర విద్యుత్ ఆవేశాలు, వాటి మధ్య గల బలాల గురించి మీరు ఇంతకు ముందు పాఠంలో చదువుకున్నారు. ఈ పాఠంలో చలనంలో ఉన్న ఆవేశాల గురించి తెలుసుకుంటారు. వాహకం గుండా జరిగే విద్యుదావేశ ప్రవాహ రేటు, దాని చివరల గల పొటెన్షియల్ తేడా పై ఆధారపడుతుందని తెలుసుకుంటారు. విద్యుద్వలయాలలో విద్యుత్ ప్రవాహ వితరణను, దాన్ని నియంత్రణ చేసే కిర్కాఫ్ నియమాలను కూడా మీరు తెలుసుకుంటారు.

భౌతిక శాస్త్రం ఒక ప్రయోగాత్మక విజ్ఞాన శాస్త్రం. దీని పురోగతి ప్రకృతి నియమాలను వెలుగులోకి తెచ్చింది. సైద్ధాంతిక ఊహనలు రుజువు చేసుకోవడంలో మనకుండే ప్రజ్ఞ వల్ల లేదా ప్రయోగాల ఫలితాలు పునరావృతం అవడం వలన ఇది సాధ్యమైంది. పరికరాలు, సాంకేతికత లో నిరంతర అభివృద్ధికి దారి తీసింది. ఈ పాఠంలో ఒక సునిశిత పరికరం అయిన పొటెన్షియా మీటరు గురించి తెలుసుకుంటారు. ఒక ఘటం అంతర్నిరోధం కనుక్కోవడానికి ఘటాల విద్యుత్ చాలక బలాలను (విచాబలను) పోల్చడానికి, ఇది ఉపయోగపడుతుంది.

లక్ష్యాలు

- ఓమ్ నియమాన్ని, ఓమిక్, నాన్ ఓమిక్ నిరోధాల మధ్య భేదాలు వివరించగలడం.
- నిరోధాలను శ్రేణిలో, సమాంతరంగా కలిపినపుడు తుల్య నిరోధాన్ని రాబట్టడం.
- విద్యుద్వలయాలకు కిర్కాఫ్ నియమాలను అనువర్తించగలడం.
- వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి సంతులన నియమం ను అనువర్తించి, తెలియని నిరోధం విలువను లెక్కించడం
- పొటెన్షియామీటరు సూత్రాన్ని వివరించి, దానిని ఉపయోగించి ఘటం విద్యుత్ చాలక బలం (e.m.f) ను, అంతర్నిరోధకం ను కనుక్కోవడం

స్వేచ్ఛా మరియు బద్ధ ఎలక్ట్రానులు

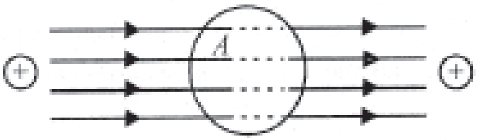
విద్యుత్తు పరంగా పరమాణువు తటస్థం. అంటే పరమాణువులోని కేంద్రకంలో ఎన్ని ధనావేశిత ప్రోటాన్లు ఉన్నాయో అన్ని ఋణావేశిత ఎలక్ట్రాన్లు ఆ కేంద్రకం చుట్టూ వేరు వేరు కక్ష్యలలో తిరుగుతూ ఉంటాయి. కూలూంబ్ (ఆకర్షిత) బలాల చేత ఎలక్ట్రానులు కేంద్రకం తో బంధితం అయ్యుంటాయి.

కేంద్రకం నుంచి దూరంగా ఉన్న ఎలక్ట్రానులకు కూలూంబ్ బలం బలహీనంగా ఉంటుంది. అందువల్ల ఈ ఎలక్ట్రానులు కేంద్రకానికి దృఢంగా బంధింపబడి వుండవు. వీటిని సంయోజక (వేలెన్స్) ఎలక్ట్రానులని అంటారు. కొంత పొటెన్షియల్ తేడాని అనువర్తించినపుడు వాహక ఘన పదార్థంలోని సంయోజక ఎలక్ట్రాన్లు కదులుటకు స్వేచ్ఛను పొందుతాయి.

17.1 ప్రవాహ విద్యుత్తు

వాహకం కొనల మధ్య కొంత పొటెన్షియల్ తేడాన్ని అనువర్తించినపుడు దాని లోపల విద్యుత్ క్షేత్రం ఏర్పడుతుందని మీరు ఇంతకుముందు పాఠంలో తెలుసుకున్నారు. వాహకంలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో కదులుతాయి. ఫలితంగా విద్యుత్ ప్రవాహం జనిస్తుంది. ఒక వాహకంలో విద్యుత్ ప్రవాహానికి కారణం ఎలక్ట్రాన్లే అయినా సరళత్వానికి అనువుగా ఉంటుందని సంప్రదాయాన్ని అనుసరించి విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను ధనావేశం కదిలే దిశగా తీసుకుంటాం. ఎలక్ట్రాన్లు వ్యతిరేకదిశలో కదులుతాయి. సూక్ష్మంగా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని నిర్వచించుటకు పటం 17.1 లో చూపినట్లుగా A వైశాల్యం గల తలానికి లంబంగా ఆవేశాలు కదులుతున్నాయని అనుకుందాం. ప్రవాహ దిశకు లంబంగా ఉన్న ఉపరితలం గుండా జరిగే విద్యుదావేశ ప్రవాహరేటునే విద్యుత్ ప్రవాహంగా నిర్వచిస్తారు. Δt కాలంలో ప్రవహించే ఆవేశం Δq అయితే, సగటు విద్యుత్ ప్రవాహంను కింది విధంగా నిర్వచిస్తారు.

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \qquad \ldots \qquad (17.1)$$



పటం 17.1 : వాహకంలోని ఉపరితల వైశాల్యం A గుండా ఆవేశాల చలనం

కాలంతో పాటు ఆవేశ ప్రవాహ రేటు మారితే, విద్యుత్ ప్రవాహం కూడా కాలంతో పాటు మారుతుంది. తక్షణ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఈ కింది సమీకరణం ద్వారా నిర్వచిస్తాం.

$$I = \frac{dq}{dt} \qquad \ldots \qquad (17.2)$$

వాహకంలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని, ప్రవాహ దిశకు లంబంగా ఉన్న ఒక తలం గుండా జరిగే విద్యుదావేశ బదలీ రేటుగా నిర్వచిస్తారు. SI లో విద్యుత్ ప్రవాహానికి ప్రమాణం ఆంపియర్. దీని గుర్తు A.

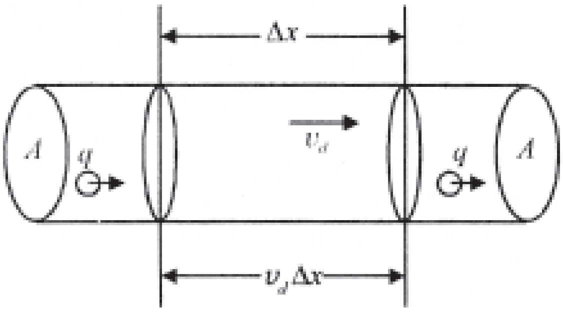
1 ఆంపియర్ = 1 కూలూంబ్ / 1 సెకండు ... (17.3)

విద్యుత్ ప్రవాహం చిన్న ప్రమాణాలు మిల్లీ ఆంపియర్, $1\ mA = 10^{-3}\ A$, మైక్రో ఆంపియర్, $1\ \mu A = 10^{-6}\ A$. లోహాలలో లాగా, రుణావేశాల (ఎలక్ట్రాన్లు) ప్రవాహం వల్ల విద్యుత్ ప్రవాహం జనిస్తుంది. ఒక అర్ధవాహకంలో ఎలక్ట్రాన్ల (రుణావేశం) మరియు రంధ్రాల ప్రవాహం వల్ల విద్యుత్ ప్రవాహం జనిస్తుంది. స్పటికాలలో ఏర్పడే ఖాళీలనే రంధ్రాలు (holes) అంటారు. ఎలక్ట్రాను మీద గల ఆవేశానికి సమాన పరిమాణం గల ధన ఆవేశకణాలుగా ఈ రంధ్రాలను తీసుకుంటారు. ఈ కణాల గురించి ఇంకా వివరంగా పాఠం 28 లో తెలుసుకుంటారు.

పటం 17.2 లో చూపినట్లుగా ఒక వాహకం యొక్క మధ్యచ్ఛేదం A ను తీసుకుందాం. Δx పొడవు గల మూలకం ఘనపరిమాణం $A\ \Delta x$. ప్రమాణ ఘనపరిమాణానికి n ఎలక్ట్రాన్లు ఉంటే, ఈ ఘనపరిమాణ మూలకంలో ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య $nA\Delta x$. ఎలక్ట్రాను మీద ఆవేశం e అయితే, ఘనపరిమాణ మూలకం లోని మొత్తం ఆవేశం $\Delta q = nA\,\Delta x e$. ఉష్ణశక్తి వలన ఎలక్ట్రాన్లు v_d డ్రిఫ్ట్ వడిని పొందితే, Δt కాలంలో అవి ప్రయాణించే దూరం, $\Delta x = v_d.\Delta t$. Δq సమీకరణంలో Δx విలువను ప్రతిక్షేపిస్తే, మనం తీసుకున్న ఘనపరిమాణ మూలకం లోని మొత్తం ఆవేశం

$$\Delta q = n\,A\,e\,v_d\,\Delta t$$

అపుడు $\frac{\Delta q}{\Delta t} = I = n\,A\,e\,v_d$ ... (17.4)



పటం 17.2 : వాహక మధ్యచ్ఛేదం A గుండా v_d వడితో ఆవేశాల చలనం.

Δx పొడవు లో గల ఆవేశాల సంఖ్య $n A v_d \Delta t$.

డ్రిఫ్ట్ వడి గురించి వివరంగా మీరు ఈ పాఠం 17.9 భాగంలో తెలుసుకుంటారు.

17.2 ఓమ్ నియమం

1828 లో వాహకం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ (I) మరియు వాహకం చివరల మధ్య అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ తేడా (V) ల మధ్య ఉండే సంబంధాన్ని ఓమ్ అధ్యయనం చేశాడు. ఆయన ఈ సంబంధాన్ని ఒక నియమంగా చెప్పారు. దీన్నే ఓమ్ నియమం అంటారు.

జార్జి సైమన్ ఓమ్

(1767 – 1854)

జర్మనీ దేశపు శాస్త్రజ్ఞుడు. ఇతని పేరు మీద గల నియమం వల్ల జార్జి సైమన్ ఓమ్ ప్రఖ్యాతి చెందారు. విద్యుత్ ప్రవాహానికి, ఉష్ణ వహనానికి మధ్య సాదృశ్యం ఉంది. ఈ సాదృశ్యంను పరిగణించి ఓమ్ శాస్త్రజ్ఞుడు తన నియమాన్ని ప్రతిపాదించాడు. నిరోధం ప్రమాణం ఓమ్, ఇతని పేరు మీద పిలువబడుతుంది.

ఓమ్ నియమం ప్రకారం, **ఉష్ణోగ్రత, పీడనం ల వంటి భౌతిక పరిస్థితులు స్థిరంగా ఉన్నపుడు, ఒక వాహకంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం దాని చివరల మధ్య అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ తేడాకి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.**

వాహకం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I అని, దాని చివరల మధ్య అనువర్తించిన పొటెన్షియల్ తేడా V అని అనుకుందాం. ఓమ్ నియమం ప్రకారం

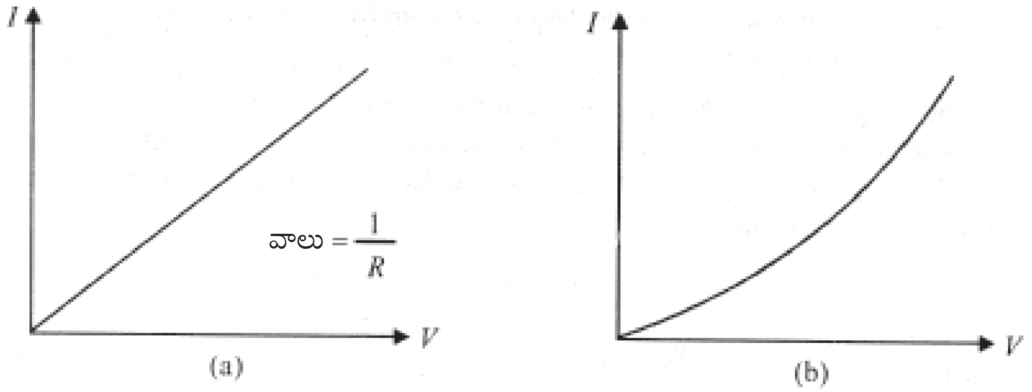
$$V \alpha I$$

లేదా $V = RI$

$$\Rightarrow \frac{V}{I} = R \quad \ldots \quad (17.5)$$

ఇక్కడ అనుపాత స్థిరాంకం R, విద్యుత్ ప్రవాహానికి వాహకం కలిగించే విద్యుత్ నిరోధాన్ని సూచిస్తుంది. *వాహకం గుండా విద్యుత్‌ను ప్రవహించకుండా నిరోధించే వాహకం యొక్క ధర్మాన్ని ఆ వాహకం విద్యుత్ నిరోధం అని అంటారు.*

లోహ వాహకం యొక్క I - V గ్రాఫ్ (రేఖా పటం) సరళరేఖ రూపంలో ఉంటుంది. (పటం 17.3 (a))



పటం 17.3 : విద్యుత్తు – వోల్టేజి గ్రాఫ్ – (a) ఓమిక్ పరికరానికి, (b) అర్ధవాహక డయోడ్‌కు

SI పద్ధతిలో నిరోధం ప్రమాణం ఓమ్. దీని గుర్తు Ω (ఒమేగ అని చదువుతాం)

1 ఓమ్ = 1 వోల్టు / 1 ఆంపియర్

దాదాపు అన్ని లోహాలు ఓమ్ నియమాన్ని పాటిస్తాయి, వాటిలో వోల్టేజి, విద్యుత్ ప్రవాహం కు మధ్య గల సంబంధం రేఖీయంగా ఉంటుంది. అటువంటి నిరోధాలను ఓమిక్ నిరోధాలని అంటారు. ఓమ్ నియమాన్ని పాటించని నిరోధాలను నాన్ ఓమిక్ నిరోధాలు అంటారు. శూన్య డయోడ్ (నాళిక), అర్ధ వాహక డయోడ్, ట్రాన్సిస్టర్‌లు అనే పరికరాలు నాన్ ఓమిక్ లక్షణాలను చూపిస్తాయి. అతి చిన్న విలువలు గల వోల్టేజికి కూడ అర్ధ వాహక డయోడ్ ఓమ్ నియమంను పాటించదు. అర్ధవాహక డయోడ్ I - V ల మధ్య సంబంధం, రేఖీయంగా లేకపోవడం పటం 17.3 (b) చూపిస్తుంది.

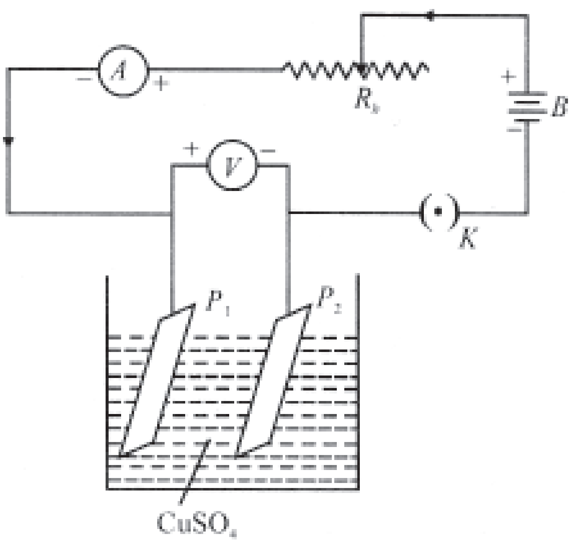
17.1 కృత్యము (ప్రయోగం)

ఉద్దేశం : విద్యుత్ విశ్లేష్యం గుండా విద్యుత్ వహనంను అధ్యయనం చేయడం.

అవసరమైన పరికరాలు : అమ్మీటరు, వోల్ట్‌మీటరు, కాపర్ సల్ఫేట్ ద్రావణం కల జాడీ, రెండు కాపర్ పలకలు, ఒక బ్యాటరీ, ప్లగ్ కీ, తీగలు, రియోస్టాట్.

ఏ విధంగా చేయాలి :

1. పటం 17.4 లో చూపినట్లు పరికరాలన్నింటిని అమర్చాలి.
2. ప్లగ్‌లో కీ పెట్టి, అమ్మీటరు, వోల్ట్‌మీటరు రీడింగులను గుర్తించాలి.



పటం 17.4 : విద్యుత్ విశ్లేష్యం గుండా విద్యుత్తు వహనం

3. రియోస్టాటు లోని స్లైడరును జరిపి, అమ్మీటరు రీడింగును మార్చాలి. వోల్ట్‌మీటరు రీడింగును మళ్ళీ గుర్తించండి.
4. పైన చెప్పిన విధంగా కనీసం ఐదు సార్లు చేసి, ప్రతీసారి అమ్మీటరు, వోల్ట్‌మీటరు రీడింగులను గుర్తించాలి.
5. (ఎ) P_1, P_2 ల మధ్య దూరంను

   (బి) విద్యుత్ విశ్లేష్యం లో ముంచిన పలక వైశాల్యంను

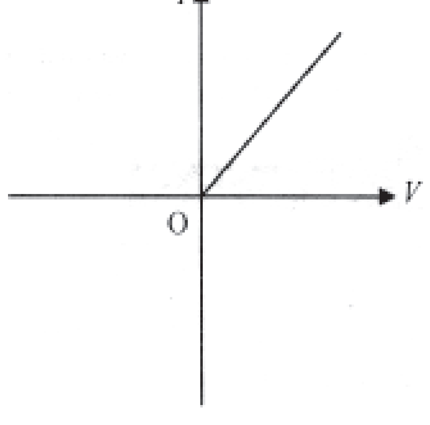
   (సి) విద్యుత్ విశ్లేష్య గాఢత ను

   మారుస్తూ ఈ ప్రయోగాన్ని మరల చేయాలి.
6. ప్రతి సందర్భంలో I - V గ్రాఫ్ ను గీయాలి.

మీరు ఏమి నిర్ధారిస్తారు ?

● పటం 17.5 లో మాదిరిగా I - V గ్రాఫ్ మూలబిందువు నుంచి పోయే ఒక సరళరేఖ రూపంలో ఉంటే, మనం అయానిక్ ద్రావణం ఓమిక్ నిరోధంగా ప్రవర్తిస్తుంది అని చెప్పవచ్చు.

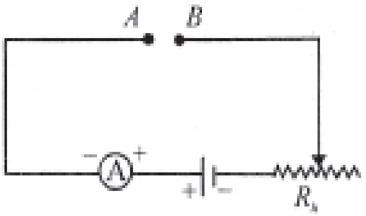
● పలకల మధ్య గల విద్యుత్ విశ్లేష్య ఘనపరిమాణం మారితే, గ్రాఫ్ వాలు నిట్రంగా మారుతుంది. దీన్ని బట్టి విద్యుత్ విశ్లేష్యం నిరోధకత, దాని స్వభావం పైనే కాకుండా ఎలక్ట్రోడుల వైశాల్యం పై, వాటి మధ్య గల దూరం పై కూడ ఆధారపడుతుందని తెలుస్తుంది.



పటం.17.5: అయానిక్ ద్రావణం యొక్క I - V గ్రాఫ్

17.2.1 నిరోధం మరియు నిరోధకత

వాహకం నిరోధంను ప్రభావితం చేసే కారకాల గురించి ఇపుడు తెలుసుకుందాం. రెండు సులభమైన ప్రయోగాలు మీరు చేయవచ్చు. ఈ ప్రయోగాలు చేయటానికి పటం 17.6 లో చూపిన వలయాన్ని ఏర్పరచండి.

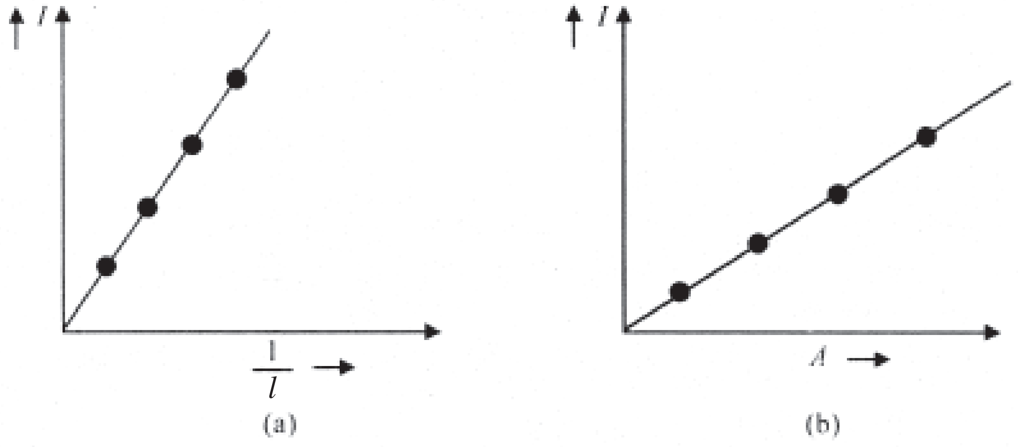


పటం 17.6 : వాహకం నిరోధంను ప్రభావితం చేసే కారకాలను అధ్యయనం చేయడానికి విద్యుద్వలయం.

17.2 కృత్యము (ప్రయోగం)

సమ అడ్డుకోత (మధ్యచ్ఛేదం) గల ఒక పొడవైన వాహకపు తీగను తీసుకొని, దాన్ని వేరు వేరు పొడవులు l_1, l_2, l_3 మొదలగునవి గల తీగ ముక్కలుగా కత్తిరించాలి. ఈ తీగ ముక్కలన్నింటికి అడ్డుకోత వైశాల్యం సమానం. A, B ల మధ్య l_1 ను కలిపి, ఈ తీగ గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ను గుర్తించాలి. ఈ విద్యుత్ ను I_1 అనుకుందాం. ఇదే విధంగా ఈ ప్రయోగాన్ని l_2, l_3 తీగ ముక్కలతో ఒక దాని తరువాత మరొక దానితో చేసినపుడు, తీగ ముక్కల గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ వరుసగా I_2, I_3 అనుకుందాం. l^{-1}, I కి మధ్య గ్రాఫ్ ను గీయండి. ఈ గ్రాఫ్ సరళరేఖ రూపంలో ఉంటుంది. పొడవు తీగలు తమ గుండా అతి తక్కువ విద్యుత్ ను ప్రవహింపచేస్తాయని మీరు తెలుసుకుంటారు. అంటే పొడవు తీగలు ఎక్కువ నిరోధాన్ని కలిగిస్తాయి. (పటం 17.7(a)). గణితంలో దీన్ని ఈ విధంగా తెలుపుతాం.

$$R \alpha l \quad \text{........} \quad (17.6)$$



పటం 17.7 : (a) సమ అడ్డుకోత గల తీగల యొక్క I, 1/l ల మధ్య గ్రాఫ్ (b) సమాన పొడవు గల తీగల యొక్క విద్యుత్ ప్రవాహం మరియు అడ్డుకోత వైశాల్యం ల మధ్య గ్రాఫ్

17.3 కృత్యము (ప్రయోగం)

సమాన పొడవు కలిగి, వేరు వేరు అడ్డుకోత వైశాల్యాలు A_1, A_2, A_3 మొదలగునవి గల ఇచ్చిన పదార్థ తీగలను తీసుకుందాం. A, B ల మధ్య వీటిని ఒకదాని తరువాత ఒకటి కలిపి, ప్రతి సందర్భంలోను విద్యుత్ ప్రవాహాలను I_1, I_2, I_3 గుర్తించాలి. I, A ల మధ్య గ్రాఫ్ సరళరేఖ రూపంలో ఉంటుంది. ఎక్కువ అడ్డుకోత వైశాల్యం కలిగిన తీగలు తమ గుండా ఎక్కువ విద్యుత్తును ప్రవహింపచేస్తాయి. ఎక్కువ అడ్డుకోత వైశాల్యం కలిగిన వాహకం తీగలు తక్కువ నిరోధాన్ని కలిగిస్తాయని మీరు చెప్పవచ్చు (పటం 17.7 (b)). గణితంలో దీన్ని ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$R \alpha \frac{1}{A} \qquad \text{..... (17.7)}$$

సమీకరణాలు (17.6), (17.7) లను కలిపి, ఈ విధంగా మనం రాయవచ్చు.

$$R \alpha \frac{l}{A} \text{ లేదా } R = \rho \frac{l}{A} \qquad \text{..... (17.8)}$$

ఇక్కడ ρ అనేది అనుపాత స్థిరాంకం. స్థిర ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఇది పదార్థానికి స్థిరంగా ఉంటుంది. దీన్ని వాహక పదార్థం యొక్క విశిష్ట నిరోధం లేదా నిరోధకత అంటారు. సమీకరణం (17.8) నుంచి,

$$\rho = \frac{RA}{l} \qquad \text{..... (17.9)}$$

$l = 1m, A = 1\ m^2$ అయితే, $\rho = R$ ఓమ్ – మీటరు.

ఒక పదార్థం యొక్క (విశిష్ట నిరోధం) నిరోధకత ఆ పదార్థం తో తయారైన ఒక మీటరు పొడవు మరియు ఒక చదరపు మీటరు అడ్డుకోత వైశాల్యం కలిగిన తీగ నిరోధానికి సంఖ్యాత్మకంగా సమానం. విశిష్ట నిరోధం ప్రమాణం ఓమ్ – మీటరు (Ω - m). విశిష్ట నిరోధం యొక్క విలోమాన్నే వాహకత్వం (విశిష్ట వాహకత) అంటారు. దీన్ని σ తో సూచిస్తారు.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \qquad \text{..... (17.10)}$$

వాహకత్వం ప్రమాణం ఓమ్$^{-1}$ మీటరు$^{-1}$ లేదా మో – మీటరు$^{-1}$ లేదా Sm^{-1}.

నిరోధకత పదార్థ కొలతల పైన కాకుండా దాని స్వభావం పైన ఆధారపడుతుంది అయితే వాహకం నిరోధం వాహక కొలతలపైన, వాహక పదార్థ స్వభావం పైన కూడ ఆధారపడుతుంది.

ఈ కింది ఉదాహరణలను ఇపుడు మీరు శ్రద్ధగా అధ్యయనం చేయాలి.

ఉదాహరణ 17.1 : మన ఇళ్ళలో విద్యుత్ శక్తిని 220 V వద్ద సరఫరా చేస్తారు. ఒక బల్బ్ గుండా 0.2 A విద్యుత్ ప్రవహిస్తే, దాని నిరోధంను లెక్కించండి.

సాధన: $$R = \frac{V}{I} = \frac{220V}{0.2A} = 1100\,\Omega$$

ఉదాహరణ 17.2 : వాహకపు తీగలో సెకండుకు ఏ మధ్యచ్ఛేదాన్ని అయినా దాటుకొని పోయే మొత్తం ఎలక్ట్రానులు 6.0×10^{16} అయితే తీగలో ప్రవహించే విద్యుత్తును నిర్ధారించండి.

సాధన : 1 సెకండులో మధ్యచ్ఛేదాన్ని దాటిపోయే మొత్తం ఆవేశం, $\Delta Q = ne = 6.0\times10^{16}\times1.6\times10^{-19}\,C$

$$= 9.6\times10^{-3}\,C$$

$$\therefore I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{9.6\times10^{-3}\,C}{1s}$$

$$= 9.6\times10^{-3}\,A$$

$$= 9.6\,mA$$

ఉదాహరణ 17.3 : A, B లు సమాన పొడవు కలిగిన రెండు రాగి తీగలు. A వ్యాసం, B వ్యాసం కంటే రెండు రెట్లు ఎక్కువ. వాటి నిరోధాలను పోల్చండి.

సాధన : సమీకరణం (17.8) నుంచి

$$R_A = \rho\frac{l}{\pi r_A^2} \text{ మరియు } R_B = \rho\frac{l}{\pi r_B^2}$$

$$\therefore \frac{R_A}{R_B} = \frac{r_B^2}{r_A^2}$$

A వ్యాసం = 2 × B వ్యాసం, కాబట్టి $r_A = 2r_B$.

∴ B నిరోధం, A నిరోధానికి నాలుగు రెట్లు ఉంటుంది.

ఉదాహరణ 17.4 : ఒక వాహకపు తీగ పొడవు 60.0 m మరియు దాని వ్యాసార్ధం 0.5 cm. 5.0 V పొటెన్షియల్ తేడా, తీగలో 2.5 A విద్యుత్ ను ప్రవహింపచేస్తుంది. తీగ పదార్థం యొక్క నిరోధకతను కనుక్కోండి.

సాధన : $R = \frac{V}{I} = \frac{5.0V}{2.5A} = 2.0\,\Omega$

తీగ వ్యాసార్ధం = 0.5 cm = 5.0×10^{-3} m

అడ్డుకోత వైశాల్యం, $A = \pi r^2$

$$= 3.14\times(5.0\times10^{-3})^2\,m^2$$

$$= 78.5\times10^{-6}\,m^2$$

$$\rho = \frac{2.0\times78.5\times10^{-6}\,\Omega m^2}{60.0\,m} = 2.6\times10^{-6}\,\Omega m$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 17.1

1. (a) l పొడవు గల రాగి తీగలో I విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. తీగ పొడవును రెట్టింపు చేస్తే అదే ఘటం వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్తును లెక్కించండి.

   ....

   (b) ఒక రాగి తీగ అడ్డుకోత వైశాల్యాన్ని సగానికి తగ్గిస్తే, దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ఏమవుతుంది.

   ....

2. పొడవు l, అడ్డుకోత వైశాల్యం A కలిగిన తీగ నిరోధకత $2 \times 10^{-8} \Omega$ -m. అదే తీగ పొడవు $2l$ మరియు అడ్డుకోత వైశాల్యం 2A అయితే నిరోధకత ఎంత ?

   ....

3. 3 m పొడవు, అడ్డుకోత వైశాల్యం 2 cm^2 కలిగిన వాహక తీగ రెండు చివరల మధ్య 8V పొటెన్షియల్ తేడా అనువర్తించిన 0.15 A విద్యుత్తు తీగలో ప్రవహిస్తుంది. తీగ నిరోధం మరియు నిరోధకతను కనుక్కోండి.

   ....

4. అన్ని వాహకాలు ఓమ్ నియమాన్ని పాటిస్తాయా ? మీ సమాధానాన్ని సమర్థించడానికి ఉదాహరణలు ఇవ్వండి.

   ....

5. ఒక సెకండు కాలంలో ఎడమ నుంచి కుడికి వాహక తీగ అడ్డుకోతను దాటిపోయే ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య 5×10^{17} అయితే తీగ గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ విలువను, దిశను కనుక్కోండి.

   ....

17.3 నిరోధాల సంధానం

విద్యుద్వలయం కలపబడిన అనేక అంశాలను, పరికరాలను కలిగి ఉంటుంది. వాటిలో కొన్ని బ్యాటరీలు, నిరోధకములు, కెపాసిటర్‌లు, డయోడ్‌లు, ట్రాన్సిస్టర్లు మొదలగునవి (వీటిని వలయ మూలకాలు అంటారు). వీటిని చర్యాశీలమైనవిగా, నిరోధకాలు గా విభజించారు. వలయాలలో ఉపయోగించే నిరోధక అంశాలలో ముఖ్యమైనవి నిరోధాలు, కీ లు, రియోస్టాట్‌లు, నిరోధ తీగచుట్టలు, నిరోధాల పెట్టె మరియు అంశాలకు కలిపే తీగలు. చర్యాశీల అంశాలలో కెపాసిటర్‌లు, ప్రేరకములు (ఇండక్టర్), పరివర్తకములు (ట్రాన్స్ ఫార్మర్) ఉంటాయి. ఈ అంశాలన్నీ తమ తమ విధులను నిర్వర్తించడమే కాకుండా, వలయంలో ప్రవహించే విద్యుత్తును నియంత్రిస్తాయి. ముందు పాఠంలో మీరు కెపాసిటర్ల సంధానంను ఉపయోగించి ఆవేశంను, వోల్టేజిని నియంత్రించే విధానం గూర్చి చదువుకున్నారు. ఇపుడు నిరోధాల సంధానంను ఉపయోగించి, విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని, వోల్టేజిని ఏ విధంగా నియంత్రించవచ్చో తెలుసుకుందాం. రెండు రకాల నిరోధాల సంధానంలు వాడుకలో ఉన్నాయి. అవి **శ్రేణి సంధానం మరియు సమాంతర సంధానం.**

17.3.1 శ్రేణీ సంధానం

అనేక నిరోధాలను, మొదటి నిరోధం రెండవ చివర, రెండవ నిరోధం మొదటి చివరకు, ఆ విధంగా అన్ని నిరోధాలను ఒక దాని వెంబడి ఒకటి కలిపితే ఆ నిరోధాలు శ్రేణిలో ఉన్నాయి అంటారు. వాటన్నిటి గుండా ఒకే విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటుంది. పటం 17.8 లో R_1, R_2 అనే రెండు నిరోధాలను శ్రేణీ సంధానం లో కలిపారు. ఈ సంయోగాన్ని బ్యాటరీ కొనలు A, D లకు కలపాలి. V వోల్టేజి గల బ్యాటరీకి శ్రేణీ సంధానాన్ని కలిపితే దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ I అనుకుందాం. R_1, R_2 ల మధ్య వరుసగా V_1, V_2 పొటెన్షియల్ తేడాలు ఏర్పడతాయి. ఓమ్ నియమం ప్రకారం, $V_1 = IR_1$, $V_2 = IR_2$. కాని V_1, V_2 ల మొత్తం V కి సమానం.

$$\Rightarrow V = V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2$$

ఈ శ్రేణీ సంధానం తుల్య నిరోధం R అయితే, అప్పుడు

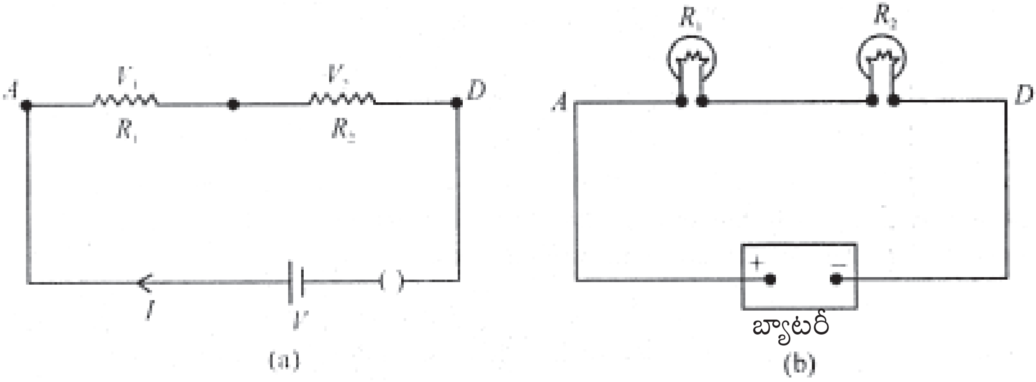
$$V = IR = I(R_1 + R_2)$$

$$\therefore R = R_1 + R_2$$

అనేక నిరోధాలను శ్రేణిలో కలిపినపుడు,

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + ... \quad ...(17.11)$$

అంటే, అనేక నిరోధాలను శ్రేణిలో కలిపినపుడు, ఫలిత లేదా తుల్య నిరోధం వాటి నిరోధాల మొత్తానికి సమానమవుతుంది.



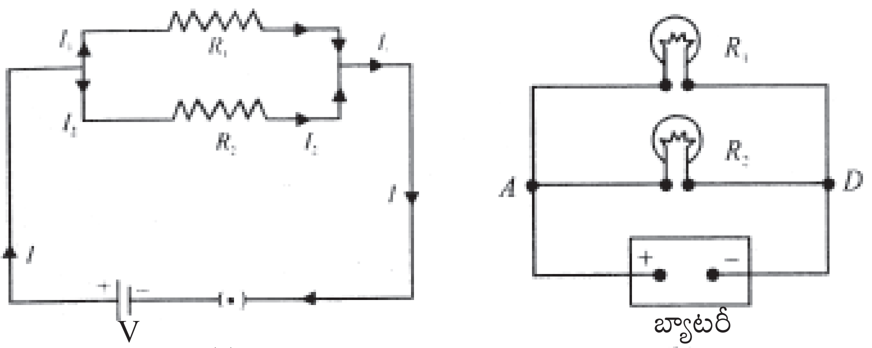
పటం 17.8 : (a) బ్యాటరీకి కలిపిన రెండు నిరోధాల శ్రేణీ సంధానం

(b) ఏక ముఖ విద్యుత్ జనకానికి (dc source) కలిపిన రెండు బల్బుల శ్రేణీ సంధానం.

17.3.2 సమాంతర సంధానం

అనేక నిరోధాల మొదటి చివరలు ఒక బిందువు వద్ద, రెండవ చివరలు మరొక బిందువు వద్ద కలిపితే ఆ నిరోధాలు సమాంతర సంధానంలో ఉన్నాయి అంటారు. సమాంతర సంధానంలో **నిరోధాల అన్నింటి పైన ఒకే పొటెన్షియల్ తేడా ఉంటుంది**. R_1, R_2 నిరోధాల సమాంతర సంధానం పటం 17.9 చూపిస్తుంది. V వోల్టేజి గల బ్యాటరీకి ఈ సంయోగాన్ని కలిపితే ప్రవహించే విద్యుత్తు I. ఈ విద్యుత్తు రెండు భాగాలుగా విభజింపబడుతుంది. R_1, R_2 నిరోధాల గుండా ప్రవహించే విద్యుత్‌లు వరసగా I_1, I_2. అపుడు

$$I_1 = \frac{V}{R_1},\ I_2 = \frac{V}{R_2}$$



పటం 17.9 : (a) సమాంతరంగా కలపబడిన రెండు నిరోధాలు. రెండు నిరోధాల కు ఒకే వోల్టేజిని బ్యాటరీ సరఫరా చేస్తుంది. (b) బ్యాటరీకి కలిపిన బల్బుల సమాంతర సంధానం.

విద్యుత్తులు I_1, I_2 లమొత్తం I కి సమానం.

$$\Rightarrow I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

సంయోగం తుల్య నిరోధం R అయితే, V = IR లేదా $I = \frac{V}{R}$

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

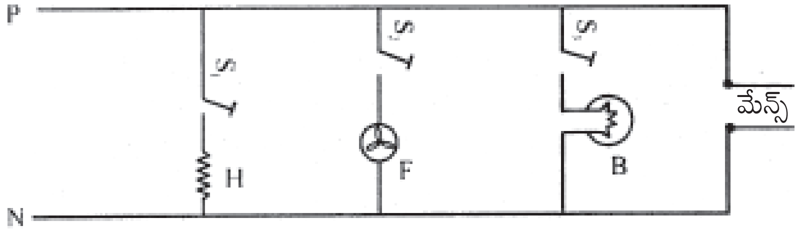
$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad \text{... (17.12 a)}$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad \text{... (17.12 b)}$$

సమీకరణం (17.12 a) నుంచి **నిరోధాల సమాంతర సంధానంలో వేరు వేరు నిరోధాల విలోమాల మొత్తం వాటి తుల్య నిరోధం విలోమానికి సమానం** అని గమనిస్తాము. అనేక నిరోధాలను సమాంతరంగా కలిపినపుడు,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17.13)$$

సమాంతర సంధానం లోని అతి చిన్న నిరోధం విలువ కంటే తుల్య నిరోధం విలువ తక్కువగా ఉంటుందని గమనించండి. 2 Ω నిరోధాన్ని, 2V బ్యాటరీకి కలిపిన విద్యుత్ వలయం నుంచి ఈ విషయాన్ని మీరు సులభంగా గమనించవచ్చు. ఈ వలయంలో విద్యుత్ 1 A. ఈ వలయంలో మరొక 2 Ω నిరోధాన్ని సమాంతరంగా కలిపితే దాని గుండా అంతే విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. అంటే బ్యాటరీ నుంచి ప్రవహించిన మొత్తం విద్యుత్తు 2A. కాబట్టి వలయ నిరోధం సగమైంది. సమాంతరంగా కలిపే నిరోధాల సంఖ్యను పెంచితే, వలయ నిరోధం తగ్గుతుంది, మరియు బ్యాటరీ నుండి ప్రవహించే విద్యుత్తు పెరుగుతుంది. మన ఇళ్ళలో విద్యుత్ ఉపకరణాలైన బల్బులు, ఫ్యాన్స్, హీటర్స్ మొదలగునవి సమాంతరంగా కలపబడి ఉంటాయి. ప్రతిదాని పైన ఒకే పొటెన్షియల్ తేడా ఉంటుంది. మరియు అవి చేసే పనిపై ఇతర ఉపకరణాల ప్రభావం ఉండదు. మనం బల్బులు, ఫ్యాన్స్‌ల స్విచ్‌లు వేయగానే, ఇంటి యొక్క విద్యుత్ వలయ నిరోధం తగ్గుతుంది, మేన్స్ (mains) నుంచి ప్రవహించే విద్యుత్తు పెరుగుతూ పోతుంది (పటం 17.10).



పటం 17.10 : మన ఇళ్లలోని ఉపకరణాల అమరిక. ఇవి అన్నీ సమాంతరంగా కలపబడి ఉన్నాయి. ఈ సమాంతర సంధానాన్ని మేన్స్ సప్లై (mains supply) 220 V కు కలపాలి. మేన్స్ నుంచి ప్రవహించే విద్యుత్ మొత్తం, ప్రతి ఉపకరణం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్‌ల మొత్తానికి సమానం.

ఉదాహరణ 17.5 : పటం 17.11 లో చూపిన వలయం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I_2 ను, నిరోధం R_2 ను లెక్కించండి.

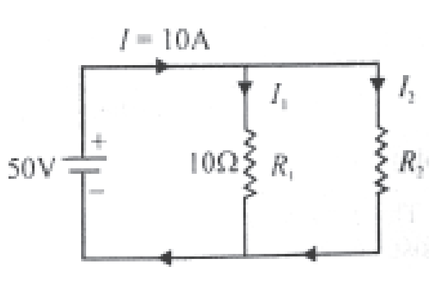
సాధన : R_1, R_2 ల సమాంతర సంధానం

తుల్య నిరోధం R అయితే,

$$R = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} = \frac{10R_2}{10+R_2}$$

ఓమ్ నియమం ప్రకారం,

$$R = \frac{50}{10} = 5\Omega$$



పటం 17.11 : సమాంతర సంధానం లో రెండు నిరోధాలు

$\therefore \dfrac{10R_2}{10+R_2} = 5 \Rightarrow 10R_2 = 50 + 5R_2$ లేదా $R_2 = 10\Omega$

R_1, R_2 లు సమానం కాబట్టి, వాటి మధ్య విద్యుత్తు సమానంగా విభజింపబడుతుంది. $\therefore I_2 = 5$ A

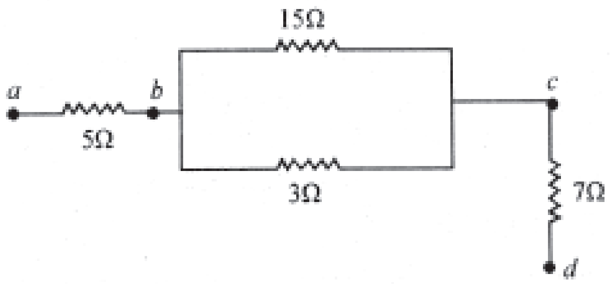
ఉదాహరణ 17.6 : పటం 17.12 లో చూపిన వలయానికి a, d బిందువుల మధ్య ఉన్న తుల్య నిరోధాన్ని లెక్కించండి.

సాధన : $15\ \Omega, 3\Omega$ నిరోధాలను సమాంతరంగా కలిపారు. ఈ సంయోగ తుల్య నిరోధం

$$R_1 = \frac{15\times 3}{15+3}\Omega = \frac{45}{18} = \frac{5}{2} = 2.5\Omega$$

ఇపుడు 5Ω, $R_1 = 2.5\ \Omega$, $7\ \Omega$ నిరోధాలు శ్రేణిలో కలపబడి వున్నాయని అనుకోవచ్చు. కాబట్టి a, d బిందువుల మధ్య ఉన్న తుల్య నిరోధం,

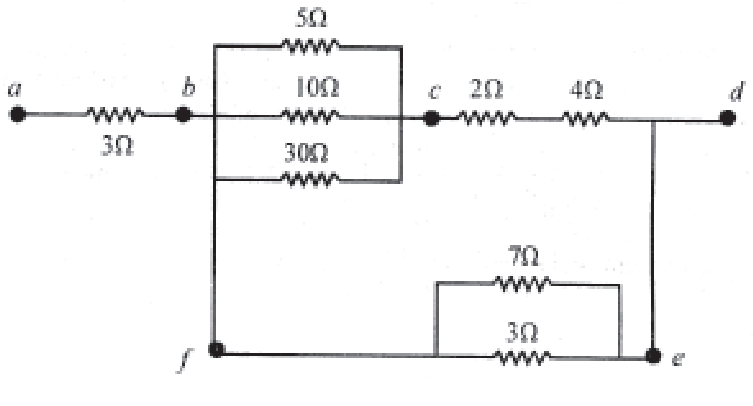
$R = (5 + 2.5 + 7) = 14.5\ \Omega$



పటం 17.12 : శ్రేణీ మరియు సమాంతర సంధానాల సంయోగం.

ఉదాహరణ 17.7 : పటం 17.13 లో చూపిన జాలం (net work) ను గమనించండి.

(i) b మరియు c (ii) c మరియు d (iii) a మరియు c ల మధ్య ఉన్న తుల్య నిరోధాన్ని కనుక్కోండి.



పటం 17.13 : నిరోధాల శ్రేణీ మరియు సమాంతర సంధానాల సంయోగం.

సాధన :

(i) మూడు నిరోధాలను ($5\,\Omega$, $10\,\Omega$, $30\,\Omega$) సమాంతరంగా కలిపారు.

$\therefore$ తుల్య నిరోధం, $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30} = \frac{6+3+1}{30} = \frac{10}{30}\,\Omega$

లేదా $R_1 = 3\,\Omega$

(ii) నిరోధాలు $2\,\Omega, 4\,\Omega$ లను శ్రేణిలో కలిపారు. తుల్య నిరోధం $R_2 = (2+4) = 6\Omega$

(iii) $7\Omega, 3\Omega$ నిరోధాలు సమాంతరంగా ఉన్నాయి, కాబట్టి తుల్య నిరోధం

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{7} + \frac{1}{3} = \frac{3+7}{21} = \frac{10}{21}$$

లేదా $R_3 = \frac{21}{10}\Omega = 2.1\Omega$

ఇపుడు తుల్య నిరోధాలు R_1, R_2 లు శ్రేణిలో ఉన్నాయని అనుకుంటే,

$$R_4 = R_1 + R_2 = (3+6) = 9\Omega$$

ఇపుడు R_4, R_3 లు సమాంతరంగా ఉన్నాయి. కాబట్టి తుల్య నిరోధం

$$\frac{1}{R_5} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{9} + \frac{1}{2.1}$$

$$= \frac{1}{9} + \frac{10}{21} = \frac{37}{63}$$

$$R_5 = \frac{63}{37}\Omega = 1.70\Omega$$

(iv) చివరగా R_5, $3\,\Omega$ నిరోధాలు శ్రేణి లో ఉన్నాయి. కాబట్టి

$$R = (1.7+3)\Omega = 4.70\Omega$$

గమనిక : సరళత్వం కొరకు మీరు ప్రతీ తుల్య నిరోధం లెక్కింపు తరువాత కొత్త ఫలిత వలయాన్ని గీయాలి.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 17.2

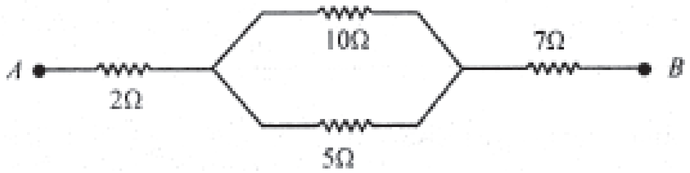
1. మీ పడక గదిలో రెండు బల్బులు, ఒక ఫ్యాన్ ఉన్నాయి. అవి శ్రేణిలో కలిపారా లేక సమాంతరంగా కలపబడి ఉన్నాయా తెలపండి. ఎందుకు ఆ విధంగా కలిపారో తెలపండి.

....

2. సాధారణంగా ఒక పట్టణంలో విద్యుత్ సరఫరా 220 V వద్ద చేస్తారు. ఒక్కోసారి వోల్టేజి 300 V కు పెరిగి మీ T.V. కి మరియు ఇతర విద్యుత్ ఉపకరణాలకు హాని చేస్తుంది. మీ ఉపకరణాలను రక్షించుకోవడానికి ఏ జాగ్రత్తను తీసుకుంటారు.

....

3. ఈ కింది వలయంలో A, B బిందువుల మధ్య ఉన్న తుల్య నిరోధాన్ని కనుక్కోండి.



....

17.4 నిరోధాల రకాలు

నిరోధాలను మనం విద్యుత్ మరియు ఎలక్ట్రానిక్ వలయాలలో విద్యుత్ ప్రవాహ పరిమాణాన్ని నియంత్రించుటకు వాడతాం. నిరోధాలు రెండు రకాలు.

- కార్బన్ నిరోధకాలు
- తీగ చుట్టల నిరోధకాలు

తీగ చుట్టల నిరోధం లో నిర్ధిష్ట పొడవు గల నిరోధపు తీగలను (మాంగనిన్, కాన్స్టన్టన్ లేదా నైక్రోమ్ తో చేసినవి) ఒక బంధక స్తూపం మీద రెండు మడతలుగా చుడతారు. తీగ పొడవు మనకు కావలసిన నిరోధం విలువ పై ఆధారపడుతుంది. కార్బన్ నిరోధాలలో కార్బన్‌ను సరి అయిన బంధన పదార్థంతో కలిపి స్తూపాకారంలో అచ్చు వేస్తారు. స్తూపానికి రెండు తీగలను అతికిస్తారు. ఈ తీగల ద్వారా నిరోధాలను విద్యుత్ వలయంలో కలుపుతారు. నిరోధాలకు (రంగుల) కలర్ కోడ్‌లు ఉంటాయి. ఈ కలర్ (colour) కోడ్‌ల ద్వారా నిరోధం విలువలు తెలుసుకోవచ్చు.

$$R = AB \times 10^{C}\ \Omega, D$$

ఇక్కడ A, B, C లు కలర్ గీతలు. పట్టిక 17.1 లో వేరు వేరు కలర్‌ల విలువలు ఇవ్వబడినాయి. పైన చెప్పినట్లు,

● నిరోధం విలువలోని మొదటి రెండు అంకెలను, మొదటి రెండు కలర్‌లు సూచిస్తాయి.

● మూడవ కలర్ నిరోధం విలువకు గుణిజం అయిన పది యొక్క ఘాతమును ఇస్తుంది.

● నాలుగవ కలర్ (చివరిది) నిరోధం యొక్క సహనమును (tolerance) ఇస్తుంది. ఇది (బంగారు రంగు) గోల్డ్ కలర్‌కు 5%, (వెండి రంగు) సిల్వర్ కలర్‌కు 10%, నిరోధం బాడీ కలర్‌కు 20% గ తీసుకుంటారు.

పట్టిక 17.1 : నిరోధాల కలర్ కోడ్‌లు (colour codes)

కలర్	సంఖ్య	గుణిజం
నలుపు(బ్లాక్)	0	1
బ్రౌన్	1	10^1
ఎరుపు (రెడ్)	2	10^2
ఆరెంజ్	3	10^3
పసుపు పచ్చ(ఎల్లో)	4	10^4
ఆకు పచ్చ (గ్రీన్)	5	10^5
నీలి (బ్లూ)	6	10^6
ఊదం (వైలెట్)	7	10^7
బూడిద (గ్రే)	8	10^8
తెలుపు (వైట్)	9	10^9

నిరోధం పై గల నాలుగు కలర్‌లు – బ్లూ, గ్రే, ఆకుపచ్చ (గ్రీన్) మరియు (వెండి) సిల్వర్‌కలర్‌లు ఉన్నాయని అనుకుందాం. అపుడు

మొదటి అంకె 6 (బ్లూ)

రెండవ అంకె 8 (గ్రే)

మూడవ కలర్ గుణిజం 10^5 ను సూచిస్తుంది. (గ్రీన్)

నాలుగవ కలర్ సహనంను ఇస్తుంది = 10% (సిల్వర్ కలర్‌కు)

కాబట్టి నిరోధం విలువ, $68 \times 10^5 \pm 10\%$

$$= 68 \times 10^5 \pm \left(68 \times 10^5 \times \frac{10}{100} \right)$$

$$= 68 \times 10^5 \pm 68 \times 10^4$$

$$= (6.8 \pm 0.68) M\Omega$$

17.5 నిరోధకత పై ఉష్ణోగ్రత ప్రభావం

వాహకాల నిరోధకత ఉష్ణోగ్రత పై ఆధారపడుతుంది. లోహ వాహకాలు అన్నింటి యొక్క నిరోధకతలు ఉష్ణోగ్రత తో పాటు పెరుగుతాయి. కొంత తక్కువ పరిమితి గల ఉష్ణోగ్రతా వ్యాప్తిలో, ఒక లోహ వాహకం యొక్క నిరోధకత విలువ ఉష్ణోగ్రతతో పాటు రేఖీయంగా పెరుగుతుంది.

$$\rho = \rho_0[1+\alpha(T-T_0)] \qquad \text{...... (17.14)}$$

ఇక్కడ T, T_0 ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పదార్థ నిరోధకతలు వరుసగా ρ, ρ_0. ఉష్ణోగ్రతలను ^0C లో తీసుకున్నారు. α ను పదార్థం యొక్క ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకత గుణకం అంటారు. α యొక్క ప్రమాణాలు $(^0C)^{-1}$ లేదా K^{-1}.

అతివాహకాలు

అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పదార్థాల ప్రవర్తనను శాస్త్రజ్ఞులు అధ్యయనం చేయడానికి ఉష్ణోగ్రత ఆధారిత నిరోధకత్వం దోహదపడింది. ఈ అధ్యయనంలో కొన్ని పదార్థాలు మరియు వాటి మిశ్రమాలు వాటి యొక్క నిరోధకత్వాన్ని ఒకానొక ఉష్ణోగ్రత వద్ద పూర్తిగా కోల్పోవటాన్ని గమనించారు. ఈ ఉష్ణోగ్రతని సంక్రమణ ఉష్ణోగ్రత అంటారు. సంక్రమణ ఉష్ణోగ్రత పదార్థానికి విశిష్ఠంగా ఉంటుంది. ఇటువంటి పదార్థాలలో బాహ్య జనకం అవసరంలేకుండానే ఒకసారి ఉన్న విద్యుత్ ప్రవాహం మారకుండా ఎల్లప్పటికీ అలానే ఉంటుంది. ఈ విధమైన పదార్థాలని "అతి వాహకాలు" అంటారు.

గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద "అతి వాహకాలను" తయారు చేయగలిగితే సాంకేతిక రంగములో విప్లవాత్మక మార్పును తీసుకురావచ్చును. (వీటిని హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత అతి వాహకాలు అంటారు).

ఉదాహరణకు అతి వాహక తీగ చుట్టలతో తయారుచేయబడిన అత్యంత సామర్థ్యం గల విద్యుత్ అయస్కాంతాలు వాహనాలను అయస్కాంత బాట పై అత్యంత వేగంగా నడిచేటట్లు చేయగలుగుతాయి. తద్వారా వేగవంతమైన రవాణ వ్యవస్థ సాధ్యం అవుతుంది.

హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత అతి వాహకాలను తయారుచేయుటకు ప్రయోగాలు జరుగుతున్నాయి. కాపర్ ఆక్సైడ్‌లు, బేరియం మరియు యుట్రియం (ytterium) ఆక్సైడ్‌లతో ఇది సాధ్యమైతుందని ఈ ప్రయోగాలు చూపుతున్నాయి. -153^0 సె ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉన్న అతివాహకాన్ని ($T_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$) తయారుచేసినారు. ఈ అతి వాహకాల పరిశోధనలో భారతదేశము ముందంజలో ఉంది.

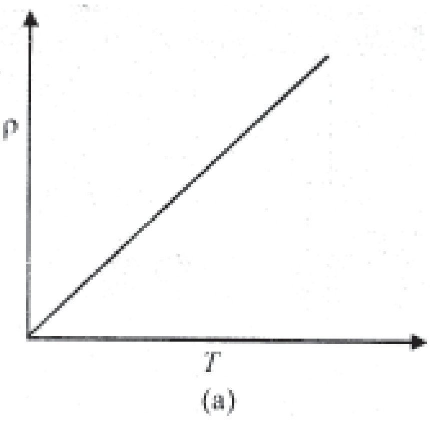
సమీకరణం (17.14) లోని పదాలను సరి చేసి ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకత గుణకం కు సమాసం ను రాబట్టవచ్చు.

$$\rho = \rho_0 + \rho_0\alpha(T-T_0)$$

లేదా $$\alpha = \frac{(\rho-\rho_0)}{\rho_0(T-T_0)} = \frac{1}{\rho}\frac{\Delta\rho}{\Delta t}$$

ఇక్కడ $\Delta\rho = \rho - \rho_0,\ \Delta T = T - T_0$

రాగి వంటి లోహంకు ఉష్ణోగ్రత T తో పాటుగా నిరోధకత మారే విధానాన్ని పటం 17.14 (a) లో చూపించాం. ఎక్కువ పరిమితి గల ఉష్ణోగ్రతా వ్యాప్తిలో ఈ గ్రాఫ్ రేఖీయంగా ఉంటుంది.



పటం 17.14(a) : లోహం యొక్క నిరోధకత - ఉష్ణోగ్రతల గ్రాఫ్

వాహకం నిరోధం, దాని నిరోధకతకు అనులోమానుపాతం లో ఉంటుందని మీరు గుర్తు చేసుకోండి. కాబట్టి నిరోధం, ఉష్ణోగ్రతల మధ్య సంబంధాన్ని ఈ కింది విధంగా తెలియచేయవచ్చు.

$$R = R_0[1+\alpha(T-T_0)] \qquad \dots (17.15)$$

రెండు వేరు వేరు ఉష్ణోగ్రతలు T_1, T_2 లకు సంబంధించిన నిరోధాలను

$$R_1 = R_0[1+\alpha(T_1-T_0)] \qquad \dots (17.16)$$

మరియు $R_2 = R_0[1+\alpha(T_2-T_0)]$ గ ... (17.17)

రాయవచ్చు.

ఈ రెండు సమీకరణాలను కలిపితే, ఉష్ణోగ్రతా నిరోధ గుణకం యొక్క సమాసము వస్తుంది.

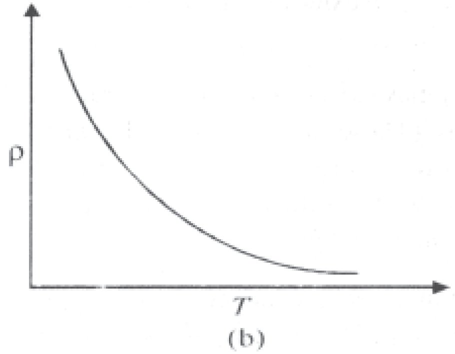
$$\alpha = \frac{(R_2-R_1)}{R_0(T_2-T_1)} = \frac{1}{R_0}\frac{\Delta R}{\Delta T} \qquad \dots (17.18)$$

$R_0 = 1\,\Omega$, $(T_2 - T_1) = 1^0$ C అయితే $\alpha = (R_2 - R_1)$.

ఉష్ణోగ్రతా నిరోధ గుణకం, ఉష్ణోగ్రతలో వచ్చే ఏకాంక పెరుగుదలకు **0^0C వద్ద $1\,\Omega$ నిరోధం కల తీగ యొక్క నిరోధంలో కలిగే మార్పుకి సంఖ్యాత్మకంగా సమానం. లోహాల యొక్క ఈ ధర్మాన్ని నిరోధక ఉష్ణోగ్రతా మాపకాలను తయారు చేయుటకు వాడతరు.**

మిశ్రమ లోహాల నిరోధకతలు కూడ ఉష్ణోగ్రతతో బాటు పెరుగుతాయి. కాని ఈ పెరుగుదల లోహాల నిరోధకత పెరుగుదలతో పోలిస్తే చాలా తక్కువ. **మాంగనీన్, కాన్‌స్టాంటన్, నైక్రోమ్** వంటి మిశ్రమ లోహాల ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకత గుణకం అతి తక్కువగా ($\approx 10^{-6}\ {}^0C^{-1}$) ఉంటుంది. వీటి నిరోధకత చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి ఈ పదార్థాలను నిరోధ తీగ చుట్టలను లేదా ప్రామాణిక నిరోధాలను తయారు చెయ్యడానికి వాడతారు.

జెర్మేనియం, సిలికాన్ వంటి అర్ధ వాహకాల నిరోధకతలు అటు లోహాలు, ఇటు బంధకాల నిరోధకతలకు మధ్యస్థంగా ఉంటాయి. ఉష్ణోగ్రత పెరిగిన కొద్దీ అర్ధవాహకాల నిరోధకత సాధారణంగా తగ్గుతుంది (పటం 17.14 (b)). అందువల్ల వీటికి సంబంధించిన ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకత గుణకం రుణాత్మకం అని అంటారు. అర్ధ వాహకాలు అనే పాఠంలో దీని గురించి వివరంగా తెలుసుకుంటారు.



పటం 17.14 (b) : ఉష్ణోగ్రత తో అర్ధ వాహకాల నిరోధకత తగ్గుతుంది.

17.6 విద్యుత్ చాలక బలం మరియు పొటెన్షియల్ తేడా

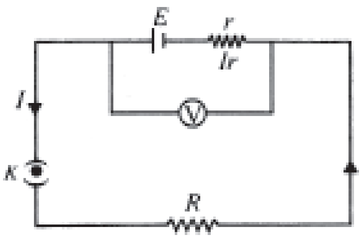
విద్యుత్ చాలక బలంకు సూక్ష్మ రూపం విచాబ. దీనిని ఇంగ్లీషు భాషలో కింది (lower case) అక్షరాల తో emf గా రాస్తాం. ఘటం లేదా బ్యాటరీ విచాబ, స్వేచ్ఛగా ఉన్న వాటి రెండు కొనల మధ్య ఉన్న పొటెన్షియల్ తేడాకు సమానం. ఈ కింది ప్రయోగం ద్వారా మీరు విచాబ, పొటెన్షియల్ తేడా మధ్య గల భేదాలను సులభంగా అర్థం చేసుకుంటారు.

17.4 కృత్యము (ప్రయోగం)

R నిరోధం, ప్లగ్ కీ K గల వలయంలో ఒక ఘటాన్ని కలపాలి. పటం 17.15లో చూపినట్లుగా అధిక నిరోధం గల వోల్టు మీటరును ఘటానికి సమాంతరంగా కలపాలి. కీ (K)ని ప్లగ్ లో పెట్టినపుడు, వోల్టుమీటరు రీడింగు తగ్గుతుంది. వోల్టు మీటరు రీడింగు తగ్గడానికి గల కారణాలు మీరు చెప్పగలరా? కీ(K)ని ప్లగ్ నుంచి తీసినపుడు ఘటం, వోల్టు మీటరు గల వలయం గుండా విద్యుత్ ప్రవహించదు (వలయ నిరోధం అనంతం). ఘటం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం ఏదీ లేనపుడు వలయం తెరచి ఉంది అని అంటారు లేదా వివృత వలయం అంటారు. ఇట్లాంటి వివృత (తెరచిన) వలయంలో, వోల్టు మీటరు చూపించే రీడింగు ఘటం విచాబను (E) ఇస్తుంది. ఈ విలువ ఘటం కొనల మధ్య ఉండే పొటెన్షియల్ తేడాకు సమానం. ప్లగ్ లో కీ (K) ని పెట్టినపుడు ఘటం లోపల, బయట విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. ఇలాంటి వలయాన్ని మూసిన వలయం లేదా సంవృత వలయం అంటారు. ఘటం విద్యుత్ ప్రవాహానికి ఎంత నిరోధం కలుగచేస్తుందో దానినే ఆ ఘటం అంతర్నిరోధం (r) అంటారు. వలయం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు I అనుకుందాం. విద్యుత్ ప్రవాహం కారణంగా అంతర్నిరోధం r చివరల మధ్య పొటెన్షియల్ పాతం Ir ఏర్పడుతుంది. ఇది ఘటం విచాబకు (e.m.f), వ్యతిరేకంగా పని చేస్తుంది. కాబట్టి వోల్టు మీటరు రీడింగ్

$$E - Ir = V$$

లేదా $E = V + Ir$ ...... (17.19)



పటం 17.15

ఒక వలయంలో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలుగచేయడానికి ఒక ఘటాన్ని (బ్యాటరీని) కలిపినపుడు, అంతర్నిరోధం శూన్యం కాకుంటే, ఘటం విచాబ, దాని కొనల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఘటం విచాబ (e.m.f), ఈ కింది వాటి మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

- ఘటంలో వాడిన విద్యుత్ విశ్లేష్యం
- ఎలక్ట్రోడుల పదార్థం
- ఘటం ఉష్ణోగ్రత

ఘటం యొక్క విచాబ (e.m.f.) ఘటం పరిమాణం పైన ఆధారపడదు. అంటే పలకల వైశాల్యం మరియు వాటి మధ్య గల దూరం మీద ఆధారపడదు. అంటే వేరు వేరు పరిమాణాలు గల రెండు ఘటాలు ఒకటి పెద్దది, రెండవది చిన్నది, మీ దగ్గర ఉంటే, వాటి విద్యుత్ విశ్లేష్యం, ఎలక్ట్రోడుల పదార్థం ఒకటే అయినపుడు వాటి విచాబలు సమానంగా ఉంటాయి. ఎక్కువ పరిమాణం గల ఘటాలు విద్యుత్ ప్రవాహానికి ఎక్కువ నిరోధం కల్గిస్తాయి కాని వాటిని ఎక్కువ కాలం వాడవచ్చు.

ఉదాహరణ 17.8 : ఘటం నుంచి పొందగలిగిన విద్యుత్ ప్రవాహం 0.5 A అయితే, ఘటం కొనల వద్ద పొటెన్షియల్ తేడా 20 V. దాని నుంచి పొందగలిగిన విద్యుత్ ప్రవాహం 2.0 A అయినపుడు దాని వోల్టేజి 16 V కు తగ్గింది. ఘటం విచాబను, అంతర్నిరోధాన్ని కనుక్కోండి.

సాధన : E, r లు ఘటం విచాబ, అంతర్నిరోధాలు అనుకుందాం. ఘటం నుంచి పొందగలిగిన విద్యుత్ I అయినపుడు, ఘటం అంతర్నిరోధం గుండా పొటెన్షియల్ పాతం Ir.

అపుడు $V = E - Ir$

$I = 0.5$ A, $V = 20$ V అయితే

$20 = E - 0.5\, r$ .... (i)

$I = 2.0$ A, $V = 16$ V అయితే

$16 = E - 2r$ .... (ii)

(i), (ii) సమీకరణాల నుంచి

2E - r = 40

మరియు E - 2r = 16

వీటిని సాధించగా, E = 21.3 V, r = 2.67 Ω.

17.7 కిర్కాఫ్ నియమాలు

సరళమైన విద్యుద్వలయాలను విశ్లేషించడానికి ఓమ్ నియమం చక్కగా ఉపయోగపడుతుంది. ఈ వలయాలలో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని సులభంగా కనుక్కోవచ్చు. కాని ఒక సంక్లిష్ట వలయంలో వేరు వేరు శాఖలలో ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాలను ఓమ్ నియమం ఉపయోగించి కనుక్కోవడం చాలా కష్టం, కొన్ని సందర్భాలలో అసాధ్యం. అట్లాంటి సంక్లిష్ట వలయంలో వేరు వేరు భాగాలలోని విద్యుత్ ప్రవాహాలను లెక్కించడానికి అనువుగా కిర్కాఫ్ శాస్త్రజ్ఞుడు 1842 లో రెండు నియమాలను ప్రతిపాదించాడు.

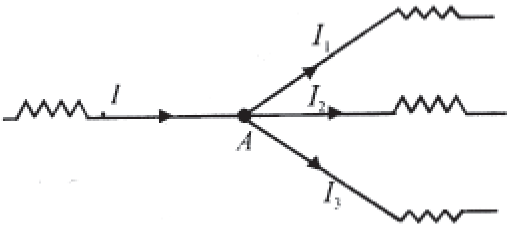
రాబర్ట్ కిర్కాఫ్

(1824 - 1887)

జర్మనీ శాస్త్రజ్ఞుడు. కృష్ణ వస్తువు వికిరణము, వర్ణపట విజ్ఞాన (spectroscopy) రంగాలలో ఈయన కృషి చేశారు. అంతేగాక ఇతర రంగాలలో కూడ కృషి చేశారు. ఈ పాఠంలో మీరు చదివే కిర్కాఫ్ నియమాలు సంక్లిష్ట వలయాలను విశ్లేషించడానికి మీకు ఉపయోగపడతాయి. బున్సెన్ వర్ణపటం విశ్లేషణ సహాయంతో ఇతను రుబిడియం, సీసియం అనే మూలకాలను కనిపెట్టాడు.

(i) **కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం (సంధి సిద్ధాంతం)**

విద్యుద్వలయంలో ఒక సంధి (బిందువు) వైపు ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాల మొత్తం, ఆ సంధి నుంచి దూరంగా పోయే ప్రవాహాల మొత్తానికి సమానం అని కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం తెలుపుతుంది.



పటం 17.16 : కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం : ఒక సంధిలోకి ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాల మొత్తం, ఆ సంధి నుంచి బయటకు పోయే ప్రవాహాల మొత్తానికి సమానం.

పటం 17.16 ను గమనించండి. ఇక్కడ సంప్రదాయం ప్రకారం, సంధిలోకి ప్రవేశించే ప్రవాహాలను ధనాత్మకంగాను, సంధి నుంచి బయటకు పోయే ప్రవాహాలను రుణాత్మకంగాను తీసుకుంటాం. అంటే A బిందువు వైపు ప్రవాహాలను ధనాత్మకంగా, A ను విడిచే ప్రవాహాలను రుణాత్మకంగా తీసుకుంటే,

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

లేదా $$I - (I_1 + I_2 + I_3) = 0 \qquad \text{......... (17.20)}$$

కిర్కాఫ్ మొదటి నియమాన్ని కింది విధంగా కూడా చెప్పవచ్చు. వలయంలో ఏదైనా సంధి వద్ద కలిసే విద్యుత్ ప్రవాహాల బీజీయ మొత్తం శూన్యం లేదా సున్నా.

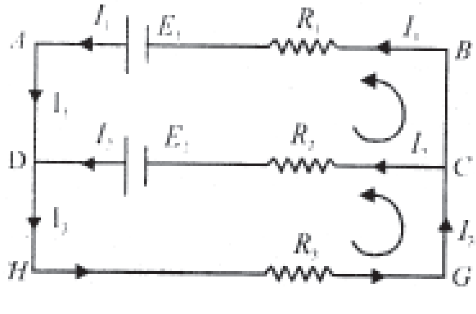
ఒక వలయంలో నిలకడ ప్రవాహం ఉంటే, వలయం లోని ఏ బిందువు వద్దనయినా సరే ఆవేశం పోగుపడి ఉండటం జరగదు అని కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం చెపుతుంది. కొంత కాలంలో ఒక బిందువు వైపు వచ్చే నికర ఆవేశం, అంతే కాలంలో ఆ బిందువును విడిచే నికర ఆవేశానికి సమానం. విద్యుదావేశ నిత్యత్వ నియమం యొక్క ఫలితమే ఈ కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం.

(ii) **కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం (వలయ సిద్ధాంతం)**

కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం అనేది, శక్తి నిత్యత్వ నియమం యొక్క ఫలితము. *విద్యుద్వలయంలో ఏదైనా సంవృత భాగంలో వేరు వేరు శాఖలలో ప్రవాహాలు మరియు నిరోధాల లబ్దముల బీజీయ మొత్తం, ఆ సంవృత భాగంలోని విద్యుత్ చాలక బలాల బీజీయ మొత్తానికి సమానం* అని కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం తెలుపుతుంది.

కిర్కాఫ్ రెండవ నియమాన్ని అనువర్తింపచేసేటపుడు, వలయంలో ఒక బిందువు వద్ద మొదలు పెట్టి, వలయం చుట్టూ సవ్య దిశలో గాని లేదా అపసవ్యదిశలో గాని పోతూ మళ్ళీ అదే బిందువు వద్దకు రావాలి. విద్యుత్ ప్రవాహ దిశలో మనం ప్రయాణిస్తే ప్రవాహాల మరియు నిరోధాల లబ్దము ధనాత్మకంగా తీసుకుంటాం. ఘటం గుండా రుణ ఎలక్ట్రోడు నుంచి ధన ఎలక్ట్రోడు కు మనం ప్రయాణిస్తే, విచాబ (e.m.f.) ను ధనాత్మకంగా తీసుకుంటాం. గణిత శాస్త్ర ప్రకారం, మనం ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$\sum IR = \sum E \qquad \text{...... (17.21)}$$



పటం 17.17 : కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం ను ఉదాహరించుటకు విద్యుత్ జాలము.

పటం 17.17 లో చూపిన విద్యుత్ జాలము (Electrical network) ను తీసుకుందాం. A D C B A సంవృత వలయానికి,

$$I_1R_1 - I_2R_2 = E_1 - E_2$$

D H G C D సంవృత వలయానికి,

$$I_2R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = E_2$$

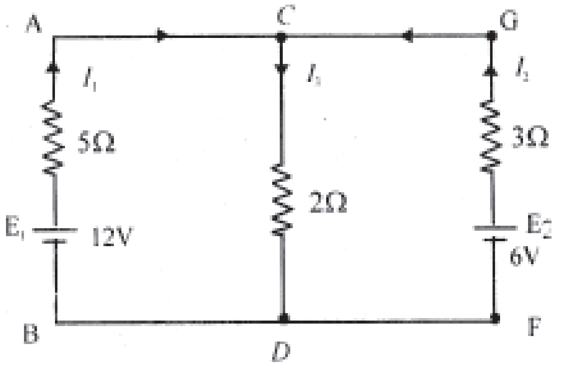
మరియు A H G B A వలయానికి,

$$I_1R_1 + I_3R_3 = E_1$$

D బిందువు వద్ద, $I_1 + I_2 = I_3$.

కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం ను ఈ కింది విధంగా కూడా చెప్పవచ్చు. సంవృత వలయంలో పొటెన్షియల్ తేడాల బీజీయ మొత్తం శూన్యం లేదా సున్నా.

ఉదాహరణ 17.9 : పటం 17.18లో చూపినట్లుగా ఒక విద్యుత్ జాలము తీసుకుందాం. రెండు ఘటాల ద్వారా జాలములో విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. I_1, I_2, I_3 ప్రవాహాల విలువలు కనుక్కోండి. బాణం గుర్తు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను సూచిస్తుంది.



పటం 17.18 : నిరోధాలు, ఘటాలు (బ్యాటరీలు) గల జాలములో విద్యుత్ ప్రవాహాలను కనుగొనుట.

సాధన : సంధి C కి కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం అనువర్తించిన,

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \qquad \text{...... (i)}$$

సంవృత వలయాలు A C D B A మరియు G C D F G లకు కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం అనువర్తించిన,

$$5I_1 + 2I_3 = 12 \qquad \text{..... (ii)}$$

మరియు $3I_2 + 2I_3 = 6$ ...... (iii)

ఈ సమీకరణాలను కలిపితే,

$$5I_1 - 3I_2 = 6 \qquad \text{.......(iv)}$$

(i) ని 2 తో గుణించి, (ii) కి కలిపితే,

$$7I_1 + 2I_2 = 12 \quad ....(v)$$

(iv) ని 2 తో గుణించి, (v) ని 3 తో గుణించి, వాటిని కూడితే,

$$31I_1 = 48$$

లేదా $I_1 = 1.548$ A

పై విలువను సమీకరణం (v) లో ప్రతిక్షేపిస్తే,

$$I_2 = 0.582 \text{ A}$$

సమీకరణం (i) నుంచి, $I_3 = I_1 + I_2 = 2.13$ A

17.7.1 వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి

విద్యుత్ వలయం లోని నిరోధాన్ని వోల్టుమీటరు, అమ్మీటరు లను ఉపయోగించి, ఓమ్ నియమం నుంచి కనుక్కోవచ్చు అని మీరు నేర్చుకొన్నారు. అయితే అతి తక్కువ నిరోధాలను ఈ పద్ధతిలో కొలిచినపుడు వచ్చిన విలువలు నిరోధాల యదార్థమైన విలువలు కావు. అటువంటప్పుడు వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జిను ఉపయోగిస్తాం. వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి అనేది, నిరోధాలను పోల్చడానికి లేదా ఒక తెలియని నిరోధం విలువ లెక్కించడానికి వాడే విద్యుద్వలయం. ఇందులో నాలుగు నిరోధాలు, ఒక బ్యాటరీ మరియు ఒక గాల్వానామీటరు ఉంటాయి.

పటం 17.19లో చూపిన విద్యుత్ వలయంను తీసుకుందాం. ఇక్కడ

(i) P, Q అనే రెండు నిరోధాలను AB, BC భుజాల మధ్య కలపాలి.

(ii) R అనేది ఒక తెలిసిన నిరోధం.

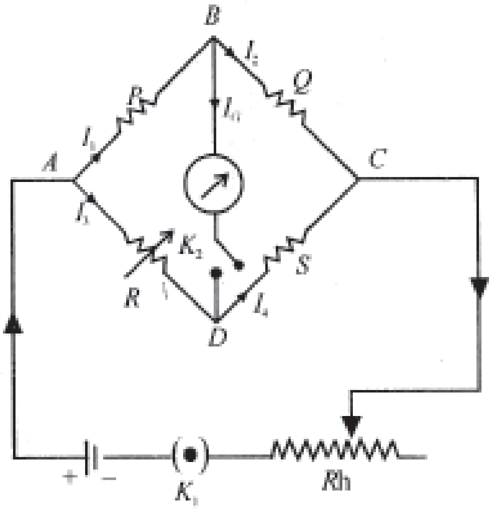
(iii) S, ఒక తెలియని నిరోధం. దీని విలువను కనుక్కోవాలి.

(iv) భుజం BD లో ప్లగ్ కీ (K_2) తో పాటు ఒక గాల్వానామీటరు G ని కలపాలి.

(v) భుజం AC లో ప్లగ్ కీ (K_1) తో పాటు బ్యాటరీ E ని కలపాలి.

సాధారణంగా ప్లగ్‌లలో రెండు కీ లను (K_1, K_2) పెట్టగానే గాల్వానామీటరు G గుండా కొంత విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. దీని వల్ల గాల్వానామీటరు లో అపవర్తనం వస్తుంది. B, D బిందువుల మధ్య కొంత పొటెన్షియల్ తేడా ఉందని ఇది సూచిస్తుంది. ఈ కింది మూడు సాధ్యాలను తీసుకుందాం.

(i) **బిందువు D కంటే, B బిందువు ఎక్కువ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉన్నపుడు :** విద్యుత్ B నుంచి D వైపు ప్రవహిస్తుంది. గాల్వానామీటరు ఏదో ఒక దిశలో అపవర్తనం చూపిస్తుంది, అది కుడి వైపు అనుకుందాం.



పటం 17.19 : వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి

(ii) **D బిందువు కంటే B బిందువు తక్కువ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉన్నపుడు :** విద్యుత్ D బిందువు నుంచి B బిందువు వైపు ప్రవహిస్తుంది, మరియు గాల్వానామీటరు వ్యతిరేక దిశలో అపవర్తనం ను చూపిస్తుంది.

(iii) **B, D రెండు బిందువులు సమ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉన్నపుడు :** ఈ సందర్భంలో గాల్వానామీటరు గుండా ఏ విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు. అపుడు అది శూన్య అపవర్తనాన్ని చూపిస్తుంది. అనగా గాల్వానామీటరు శూన్య పరిస్థితిలో ఉంది అని అర్థం. ఈ పరిస్థితిలో వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి సంతులన స్థితిలో ఉందని అంటారు.

P గుండా పొటెన్షియల్ పాతం, R గుండా పొటెన్షియల్ పాతంకు సమానం అయితే, B, D బిందువులు సమ పొటెన్షియల్ వద్ద ఉంటాయి. కాబట్టి

$$I_1P = I_3R \qquad \text{....... (17.22)}$$

కాని $\quad I_1 = I_2 + I_G$

మరియు $\quad I_4 = I_3 + I_G \qquad \text{...... (17.23)}$

శూన్య పరిస్థితిలో B, D సంధుల వద్ద కిర్కాఫ్ మొదటి నియమంను అనువర్తిస్తే ($I_G = 0$)

$$I_1 = I_2$$

మరియు $\quad I_3 = I_4 \qquad \text{...... (17.24)}$

అలాగే, Q గుండా పొటెన్షియల్ పాతం, S గుండా పొటెన్షియల్ పాతం కు సమానం. కాబట్టి

$$I_2Q = I_4S \qquad \text{....... (17.25)}$$

(17.22) సమీకరణం ను , (17.25) సమీకరణం తో భాగిస్తే,

$$\frac{I_1P}{I_2Q} = \frac{I_3R}{I_4S} \qquad \text{........ (17.26)}$$

సమీకరణం (17.24) నుంచి, మనకు

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \qquad \text{.......} \; (17.27)$$

అని వస్తుంది.

ఇదియే వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి యొక్క సంతులన నియమం. సమీకరణం (17.27) నుంచి, తెలియని నిరోధం S ను ఈ విధంగా రాయవచ్చు.

$$S = \frac{QR}{P}$$

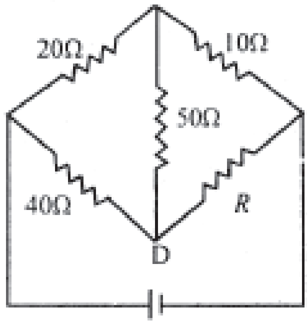
వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి నుపయోగించి, నిరోధాన్ని కొలవడం వల్ల ఈ కింది లాభాలున్నియని మీరు చూస్తారు.

(i) శూన్య స్థానంలో సమీకరణం (17.27) ఇచ్చే సంతులన నియమం, అనువర్తించిన వోల్టేజి V పై ఆధారపడదు. దీన్నే ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే, ఘటం యొక్క విచాబ (e.m.f) ను మార్చిన కూడ, సంతులన నియమం మారదు.

(ii) గాల్వానామీటరు క్రమాంకన ఖచ్చితత్వం పైన కొలచిన నిరోధం ఆధారపడదు. గాల్వానామీటరును శూన్య పరిస్థితిని సూచించడానికి మాత్రమే వాడతాం.

వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జితో, కొలచిన విలువ ఖచ్చితత్వాన్ని ప్రభావితం చేసే ముఖ్యమైన కారకం బ్రిడ్జి సున్నితత్వం. బ్రిడ్జి సున్నితత్వం ద్వారా శూన్య స్థితి లోని మార్పులను కనిపెట్టవచ్చు. భుజాలలో ఉండే నిరోధాలు సుమారుగా సమానంగా వున్నపుడు, బ్రిడ్జి కి ఎక్కువ సున్నితత్వం వుంటుందని కనుగొన్నారు.

ఉదాహరణ 17.9 : 50 Ω నిరోధం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం లేనపుడు, పటం 17.20 లో చూపిన నిరోధం R ను కనుక్కోండి.



పటం 17.20 : 50 Ω నిరోధం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం లేనపుడు, బ్రిడ్జి సంతులనం అయ్యింది

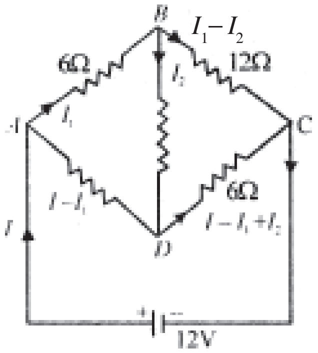
సాధన : ఈ వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జిలో గాల్వానా మీటరు స్థానంలో 50 Ω నిరోధంను ఉంచారు. 50 Ω నిరోధం గుండా విద్యుత్ ప్రవహించడం లేదు కాబట్టి బ్రిడ్జి సంతులన స్థితిలో ఉంటుంది. కావున

$$\frac{20}{10} = \frac{40}{R}$$

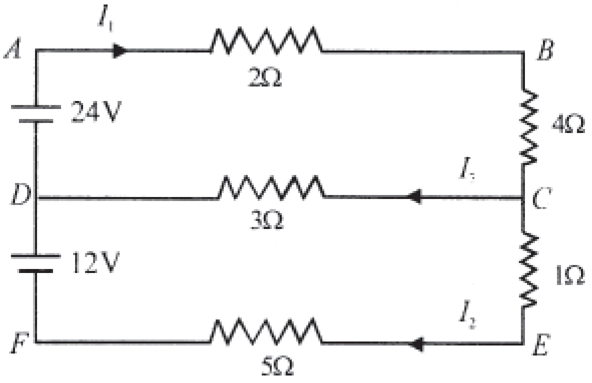
లేదా $$R = \frac{40 \times 10}{20} = 20\,\Omega$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 17.3

1. కింద చూపిన పటం ను గమనించండి. AB, AD, BD భుజాలలో ప్రవహించే విద్యుత్ విలువలను కనుక్కోండి.



2. నిరోధాలు, బ్యాటరీలు గల ఈ కింది వలయాన్ని గమనించండి. I_1, I_2, I_3 విద్యుత్ ప్రవాహాలను కనుక్కోండి.



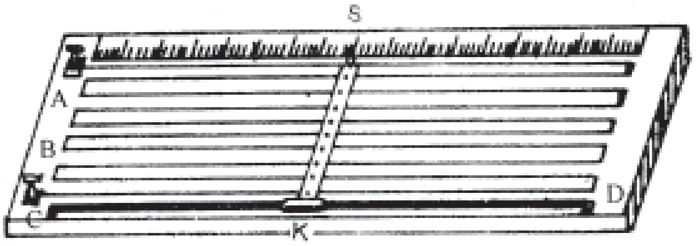
17.8 పొటెన్షియా మీటర్

ఇంత వరకు మీరు, ఒక వోల్టు మీటరు ను ఉపయోగించి, ఒక జనకం యొక్క విచాబను లేదా వలయంలోని ఏదైన ఒక అంశం యొక్క చివరల మధ్యన ఉండే పొటెన్షియల్ తేడాను ఏ విధంగా కొలుస్తారో తెలుసుకున్నారు. (ఒక ఆదర్శ వోల్టుమీటరు అనంతమైన నిరోధాన్ని కలిగి ఉండాలి. ఒక విచాబ జనకానికి అటువంటి దాన్ని సమాంతరంగా కలిపినపుడు, దాని గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదు). ప్రయోగపూర్వకంగా, విద్యుత్ ప్రవాహంను ఏ మాత్రం తీసుకోని వోల్టు మీటరును తయారు చేయడం సాధ్యం కాదు. ఈ ఇబ్బంది అధిగమించడానికి, విద్యుత్ ప్రవాహంను తీసుకోని పొటెన్షియామీటరు ను మనం ఉపయోగిస్తాం. దీనిలో శూన్య పద్ధతిని ఉపయోగిస్తారు. ఘటం యొక్క అంతర్నిరోధం ను కొలవడానికి, వలయంలో ప్రవహించే విద్యుత్ ను కొలవడానికి, నిరోధాలను పోల్చడానికి ఈ పొటెన్షియామీటరును వాడతాం.

17.8.1 పొటెన్షియా మీటరు నిర్మాణం

ఒక చెక్క బల్ల మీద సమాంతరంగా సాగదీసి బిగించిన ఏకరీతి నిరోధపు తీగల (సాధారణంగా పది) ను పొటెన్షియామీటరు కలిగి ఉంటుంది. ఈ తీగ మాంగనీన్ లేదా నైక్రోమ్ తో చేయబడినది. ఈ తీగలన్నింటిని శ్రేణిలో మందమైన రాగి ముక్కలతో కలుపుతారు. అందువల్ల అన్ని తీగలూ కలిసి ఒకే పొడవైన తీగగా పనిచేస్తుంది. ఈ తీగ చివరలకు బైండింగు స్క్రూళ్లు ఉంటాయి.

చెక్క బల్ల మీద ఒక వైపుగా మీటరు స్కేలు తీగలకు సమాంతరంగా బిగించబడి ఉంటుంది. జాకీ సహాయంతో తీగ మీద కావలసిన బిందువు వద్ద తాకవచ్చు. పటం 17.21 లో 10 తీగల పొటెన్షియామీటరును చూపించాం. A, B లు తీగ యొక్క చివరలు. K అనేది జాకి, S స్కేలును సూచిస్తుంది. జాకీ CD కడ్డీ పై జారుతుంది.



పటం 17.21 : పొటెన్షియామీటరు

17.8.2 పొటెన్షియామీటరు తో కొలతలు

పొటెన్షియా మీటరు లోని l పొడవు గల ఏకరీతి తీగ చివరలను, విచాబ E కలిగి, స్థిరమైన విద్యుత్ ప్రవాహాన్నిచ్చే ఒక ప్రామాణిక ఘటం లేదా జనకంతో కలిపాం అనుకుందాం. ఘటం ధన ధ్రువాన్ని A చివరకు (పటం 17.22) కలపాలి. పొటెన్షియామీటరు తీగ గుండా ప్రవహించే స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహం I. AB ల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా

$$V_{AB} = RI$$

పొటెన్షియామీటరు తీగ ప్రమాణ పొడవుకు గల నిరోధం r, తీగ ప్రమాణ పొడవుకి గల పొటెన్షియల్ పాతం k అయితే, అపుడు

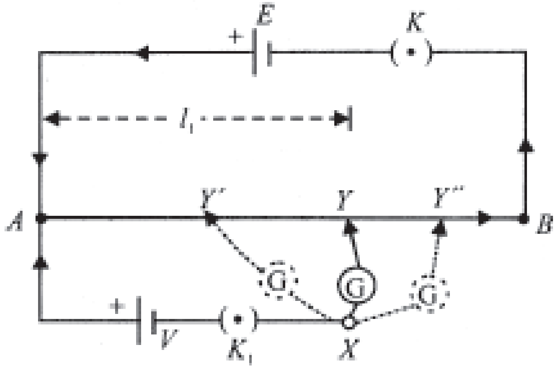
$$R = rl$$

మరియు $E = kl$

లేదా $k = \frac{E}{l}$

l_1 పొడవు గల తీగకు, పొటెన్షియల్ పాతం

$$V_l = kl_1 = \frac{E}{l}l_1 \qquad \ldots (17.28)$$



పటం 17.22 : ఘటం ధృవాల మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడాను కొలచటానికి పొటెన్షియామీటరు వలయం.

ధన నుండి రుణ చివరకు, తీగ వెంబడి పొటెన్షియల్, దూరంతో రేఖీయం గా పడిపోతుంది.

తెలియని ఒక వోల్టేజి V ని మనం కొలవాలనుకుంటున్నాం. A చివరకు ఘటం ధన ధృవాన్ని కలపాలి, రుణ ధృవాన్ని గాల్వానామీటరు ద్వారా జాకీ K కి కలపాలి. V > E కి, శూన్య బిందువు రావడం సాధ్యం కాదు అని గమనించండి. కాబట్టి పటం 17.22లో చూపిన, విచాబ E (>V) గల ప్రామాణిక ఘటాన్ని వాడతాం. దీన్ని సరిచూసుకోవడానికి కీ లు K, K_1 లను ప్లగ్ లలో పెట్టాలి. జాకీ ని A, B చివరల వద్ద నొక్కాలి. గాల్వానామీటరు అపవర్తనంను వ్యతిరేక దిశలలో చూపించాలి. అలా చూపించినపుడు, వలయం సరిగా ఉన్నట్టు అర్థం.

K_1 కీ ని పెట్టి, A నుంచి B వైపు కి జాకీ ని జరుపుతూ పోవాలి. Y^1 స్థానంలో, AY పొడవు గల తీగ పొటెన్షియల్ పాతం వోల్టేజి V కన్నా తక్కువ గా ఉంది అని అనుకుందాం. V వోల్టేజి వల్ల, వలయం AY^1XA లో ప్రవహించే విద్యుత్తు, AY^1 మధ్య గల పొటెన్షియల్ తేడా వల్ల ప్రవహించే విద్యుత్తు కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. అపుడు గాల్వానామీటరు ఒక దిశలో కొంత అపవర్తనాన్ని చూపిస్తుంది. ఇపుడు జాకీ ని జరుపుతూ పోవాలి. AY^{11} మధ్య పొటెన్షియల్ పాతం, వోల్టేజి V కన్నా ఎక్కువగా వుండేట్లు, Y^{11} స్థానం వరకు జాకీ ని జరిపామనుకుందాం. గాల్వానా మీటరు అపవర్తనాన్ని మరొక దిశలో చూపించినట్లయితే AY^{11} మధ్య వోల్టేజి పాతం, AY^1 మధ్య ఉండే దాని కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాబట్టి Y^1, Y^{11} ల మధ్య జాకీ ని నెమ్మదిగా జరపాలి. అలా జరిపినపుడు Y అనే బిందువు వచ్చిందనుకుందాం. ఈ బిందువు దగ్గర AY మధ్య పొటెన్షియల్ పాతం, వోల్టేజి V కి సమానం. అపుడు బిందువులు X, Y లు ఒకే పొటెన్షియల్ వద్ద వుంటాయి. కాబట్టి గాల్వానామీటరు ఎటువంటి అపవర్తనాన్ని చూపించదు, అంటే శూన్య బిందువు ఏర్పడింది అంటారు. A, Y ల మధ్య వుండే తీగ పొడవు l_1 అయితే, అపుడు

$$V = kl_1 = \frac{El_1}{l} \qquad \dots (17.29)$$

ఈ విధంగా విద్యుత్ ప్రవాహం దేనినీ తీసుకోనప్పుడు తెలియని వోల్టేజి V ని కొలుస్తారు. పొటెన్షియామీటరు తో కొలిచినపుడు ఈ కింది లాభాలు ఉంటాయి.

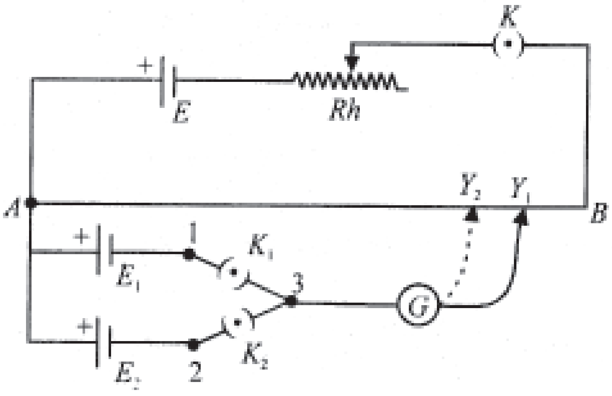
- పొటెన్షియామీటరు సంతులనం అయినపుడు, ఏ వలయం మీద కొలతను తీసుకుంటున్నామో, ఆ వలయం నుంచి విద్యుత్ ప్రవాహం ను తీసుకోదు.
- దాన్ని కలిపిన వలయంలోని పరిస్థితులలో ఎటువంటి మార్పు కలగచేయదు.
- ఇది శూన్య పద్ధతిని ఉపయోగిస్తుంది, ఉపయోగించిన గాల్వానామీటరును క్రమాంకం చేయనవసరం లేదు.

17.8.3 రెండు ఘటాల విచాబలను పోల్చడం

పొటెన్షియామీటరును ఉపయోగించి, ఘటం విచాబను కొలవడం మీరు తెలుసుకున్నారు. ఇపుడు మనం రెండు ఘటాల విచాబలను పోల్చడానికి అదే టెక్నిక్ ను పొడిగిద్దాం. ఉదాహరణకు డేనియల్ ఘటం, లెక్లాన్చ్ ఘటం లను తీసుకుందాం. వీటి విచాబలు వరసగా E_1, E_2 అనుకుందాం.

పటం 17.23 ను గమనించండి. ప్లగ్ కీ K_1, 1 మరియు 3 చివరలకు విచాబ E_1 కలిగిన ఘటంను కలపాలి. ఇంతకు ముందు వివరించినట్లు, జాకీని తీగ వెంబడి జరుపుకుంటూ పోతే సంతులన బిందువు వస్తుంది. ఘటం E యొక్క విచాబ, E_1, E_2 ఘటాల విచాబల కంటే ఎక్కువగా వుండాలని గుర్తించండి. (లేకపోతే సంతులన బిందువు రాదు).

పొటెన్షియామీటరు మీద Y_1 బిందువు వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చిందనుకుంటే, పొడవు $AY_1 = l_1$. వలయంలో ప్లగ్ కీ K_2 2 మరియు 3 చివరలకు విచాబ E_2 కలిగిన ఘటాన్ని కలపాలి. Y_2 వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చిందనుకుంటే, పొడవు $AY_2 = l_2$.



పటం 17.23 : రెండు ఘటాల విచాబలు E_1, E_2 లను పోల్చడానికి వలయం.

పొటెన్షియామీటరు సూత్రాన్ని అనుసరించి,

$E_1 = kl_1$ మరియు $E_2 = kl_2$

ఇక్కడ k అనేది AB తీగ వెంబడి పొటెన్షియల్ నతిక్రమం (Potential grandient)

పై సమీకరణాల నుంచి,

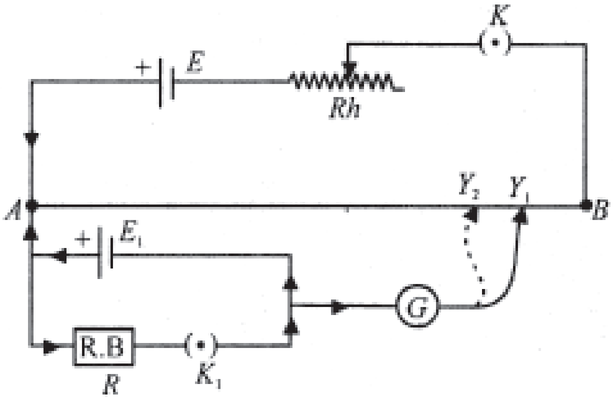
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2} \qquad .... (17.30)$$

17.8.4 ఒక ఘటం అంతర్నిరోధం కనుక్కోవడం

ఘటాలు ఎప్పుడూ విద్యుత్ ప్రవాహానికి నిరోధం కలగచేస్తాయని, ఈ నిరోధం సాధారణంగా అతి స్వల్పంగా వుంటుందని మీరు చదువుకున్నారు. దీనినే ఆ ఘటం అంతర్నిరోధం అంటారు. ఇది ఘటం పరిమాణం పైన ఆధారపడి ఉంటుంది. అనగా ఘటం నిరోధం ద్రవంలో ముంచిన పలకల వైశాల్యం పైన, పలకల మధ్య దూరం మీద, విద్యుద్విశ్లేష్యకం గాఢత మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

ఇపుడు పొటెన్షియామీటరును ఉపయోగించి ఘటం అంతర్నిరోధంను కనుగొనే విధానం తెలుసుకుందాం. విచాబ E_1 కలిగిన ఘటం అంతర్నిరోధం r ను కనుక్కోవడానికి అవసరమైన వలయాన్ని పటం 17.24 లో చూపించాం. ఘటానికి సమాంతరంగా నిరోధాల పెట్టె R ను, ఒక కీ K_1 ను కలపాలి. ప్రాథమిక వలయంలో ప్రామాణిక ఘటం, కీ K, రెయోస్టాట్ లు ఉంటాయి. కీ K ని మూయగానే, తీగ AB గుండా విద్యుత్ I ప్రవహించడం మొదలుపెడుతుంది. కీ K_1 ని తెరచి ఉంచి గాల్వానామీటరు లో సున్నా అపవర్తనం వచ్చేటట్లుగా జాకీ ని సర్దుబాటు చేస్తాము. ఘటం E_1 తో, Y_1 బిందువు వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చిందనుకుంటే, $AY_1 = l_1$. అపుడు

$$E_1 = kl_1 \qquad .... (17.31a)$$



పటం 17.24 : ఘటం అంతర్నిరోధం కనుక్కోవడం

తరువాత K_1 కీ ని మూస్తాము. దీని వల్ల ఘటం లో కొంత నిరోధం ఏర్పడుతుంది. ఘటం E కారణంగా, వలయం E_1 R K_1 E_1 లో I విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందని అనుకుందాం. ఓమ్ నియమం ప్రకారం,

$$I_1 = \frac{E_1}{R + r}$$

ఇక్కడ r ఘటం అంతర్నిరోధం. ఘటం యొక్క టెర్మినల్ పొటెన్షియల్ తేడా V_1,

E_1 కంటే, I_1r అంత తక్కువగా వుంది అని అర్థం. V_1 విలువ

$$V_1 = I_1R = \left(\frac{E_1}{R + r}\right)R$$

అపుడు పొటెన్షియల్ తేడా V_1, పొటెన్షియామీటరు తీగ మీద, విద్యుత్ ప్రవాహం I లో ఎటువంటి మార్పు రాకుండా సంతులనం అవుతుంది. Y_2 బిందువు వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చిందనుకుంటే,

$AY_2 = l_2$. అపుడు

$$V_1 = kl_2 \qquad \text{...... (17.31 b)}$$

సమీకరణాలు (17.31 a, b) లను ఉపయోగించి

$$\frac{E_1}{V_1} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{R + r}{R}$$

లేదా $$r = R\left[\frac{l_1}{l_2} - 1\right] \qquad \text{............. (17.32)}$$

R_1, l_1, l_2 విలువలు తెలిస్తే, r విలువను సులభంగా కనుక్కోవచ్చు.

ఉదాహరణ 17.10 : పొటెన్షియామీటరు తీగ పొడవు 5m. దాన్ని స్థిర విచాబ (e.m.f.) కలిగిన ఒక బ్యాటరీకి కలిపారు. డెనియల్ ఘటానికి శూన్య బిందువు 100 cm వద్ద వచ్చింది. తీగ పొడవు 7m అయితే, శూన్య బిందువు స్థానం ఎక్కడ వుంటుంది.

సాధన : బ్యాటరీ విచాబ E వోల్టు అనుకుందాం. 5m పొడవుకు పొటెన్షియల్ నతిక్రమం,

$$k_1 = \frac{E}{5} Vm^{-1}$$

పొటెన్షియామీటరు తీగ పొడవు 7 m అయితే, పొటెన్షియల్ నతిక్రమం,

$$k_2 = \frac{E}{7} Vm^{-1}$$

ఇపుడు, l_2 పొడవు వద్ద, శూన్య బిందువు వచ్చిందనుకుంటే,

$$E_1 = k_2 l_2 = \frac{E}{7} l_2$$

ఇక్కడ ఒకే ఘటాన్ని రెండు అమరికలలో వాడతాం.

$$\frac{E}{5} = \frac{E}{7} l_2$$

$$\Rightarrow l_2 = \frac{7}{5} = 1.4m$$

17.9 ఎలక్ట్రానుల డ్రిఫ్ట్‌వడి లేదా డ్రిఫ్ వేగం

లోహంలో జరిగే విద్యుత్ వాహనం గురించి ఇపుడు తెలుసుకుందాం. లోహ ఘన పదార్థం లో పరమాణువులు క్రమంగా అమర్చబడి ఉంటాయి. ప్రతి పరమాణువు కూడ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులను కలిగి ఉంటుంది. సేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌లను వహన ఎలక్ట్రాన్‌లని కూడా అంటారు. ఈ స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు, వాయువులలోని పరమాణువులు లేదా అణువులు పాత్రలో స్వేచ్ఛగా కదులుచున్నట్లే అన్ని దిశలలో నియతంగా కదులుతూ ఉంటాయి. ఈ కారణంచేత కొన్నిసార్లు వహన **ఎలక్ట్రాన్లను ఎలక్ట్రాన్ వాయువు(electron gas)** అంటారు. వహన ఎలక్ట్రాన్ల సరాసరి వేగం సుమారుగా 10^6 ms^{-1} ఉంటుంది.

విద్యుత్ క్షేత్రం లేనపుడు, వాహకం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం ఉండదని మనకు తెలుసు. ఎందుకంటే స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల **సరాసరి వేగం** శూన్యం కాబట్టి. ధన X–దిశలో కదిలే ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య, రుణ X–దిశలో కదిలే ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్యకు సమానంగా ఉంటుంది. ఒక నియమిత దిశగా ఎలక్ట్రాన్ల నికర ప్రవాహం ఉండదు.

స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు, ఘన పదార్థం లోని పరమాణువుల తో అభిఘాతాలు జరుపుతూ ఉంటాయి. ఒక వాహకం మీద విద్యుత్ క్షేత్రం అనువర్తితం అయినప్పుడు, ఎలక్ట్రాన్లు క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో నెమ్మది నెమ్మదిగా డ్రిఫ్ట్ చెందుతాయి.

సరాసరి డ్రిఫ్ట్ వేగం, సుమారుగా $10^{-4}ms^{-1}$ ఉంటుంది. రెండు వరస అభిఘాతాలు జరిపిన స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల సరాసరి వేగం (10^6 ms^{-1}) తో దీన్ని పోలిస్తే, ఈ విలువ అతి తక్కువ. విద్యుత్ క్షేత్రం ను అనువర్తించినపుడు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు త్వరణం పొందుతాయి. ఎలక్ట్రాన్లు తాము పొందిన ఎక్కువ శక్తిని పరమాణువులతో అభిఘాతాలు జరిపినపుడు కోల్పోతాయి. పరమాణువులు శక్తిని పొంది, వేగంగా కంపనాలు చేస్తాయి. వాహకం వేడెక్కుతుంది. విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని అనువర్తించినపుడు, ఎలక్ట్రాన్ల చలనం మార్పు చెందిన విధానాన్ని పటం 17.25 చూపిస్తుంది.

ఇపుడు వహన ఎలక్ట్రాన్ల డ్రిఫ్ట్ వేగానికి సమీకరణం రాబట్టుదాం. ఒక ఎలక్ట్రాను ఆవేశం, ద్రవ్యరాశి వరసగా e మరియు m అనుకుందాం. విద్యుత్ క్షేత్రం E అయితే, ఎలక్ట్రాను పై పని చేసే బలం eE. ఎలక్ట్రాను పొందిన త్వరణం,

$$\mathbf{a} = \frac{e\mathbf{E}}{m}$$

అభిఘాతాల మధ్య సరాసరి కాలం τ అయితే, విద్యుత్ క్షేత్రం పదాలలో, ఎలక్ట్రాను డ్రిఫ్ట్ వేగానికి సమీకరణం మనం ఈ కింది విధంగా రాయవచ్చు.

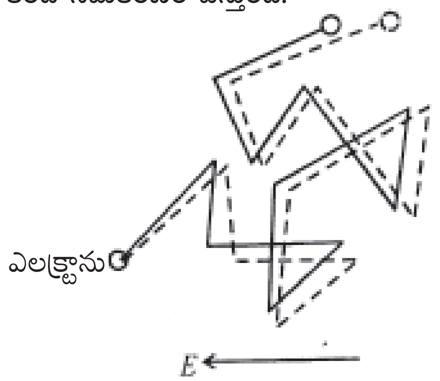
$$\mathbf{v}_d = \frac{e\mathbf{E}}{m}\tau$$

పై ఫలితాన్ని సమీకరణం (17.4) తో కలిపితే, విద్యుత్ ప్రవాహానికి కింది సమీకరణం వస్తుంది.

$$I = -neAv_d$$

$$= -neA\frac{eE}{m}\tau$$

$$= -\frac{Ane^2E}{m}\tau$$



పటం 17.25 : విద్యుత్ క్షేత్రం లో ఉంచిన ఒక వాహకం లోని ఎలక్ట్రానుల యొక్క చలనం

విద్యుత్ క్షేత్రం అనేది పొటెన్షియల్ యొక్క రుణాత్మక

నతిక్రమం $\left(E = -\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial r}\right)$ కాబట్టి,

విద్యుత్ ప్రవాహానికి సమీకరణం ఈ విధంగా కూడా రాయవచ్చు.

$$I = +\frac{ne^2A}{m}\frac{V}{l}\tau \qquad \text{... (17.33)}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{I} = \frac{m}{ne^2\tau}\frac{l}{A} = R \qquad \text{... (17.34)}$$

వహన విద్యుత్తు ఓమ్ నియమాన్ని పాటిస్తుంది అని సమీకరణం (17.34) సూచిస్తుంది.

ఈ ఫలితాన్ని సమీకరణం (17.9) తో కలిపితే, మనకు

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{ne^2\tau} \qquad \text{... (17.35)}$$

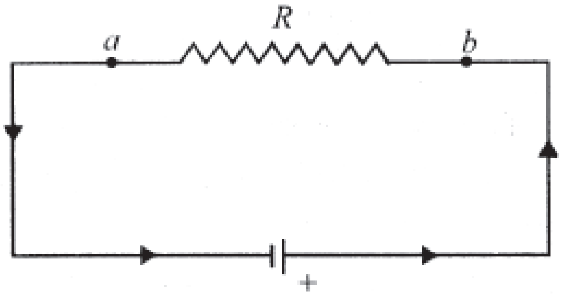
17.10 విద్యుత్ వలయంలో వినియోగించిన సామర్థ్యం

ఒక బ్యాటరీని, నిరోధం R కు కలిపిన వలయాన్ని పటం 17.26 లో చూపించాం. ధన ఆవేశాలు అలా చేసినపుడు నిరోధంలో విద్యుత్ ప్రవాహం దిశలో, బ్యాటరీ లోపల రుణ ధ్రువం నుంచి ధన ధ్రువం వైపు ప్రవహిస్తాయి. రెండు బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా, ఆవేశాలకు గతి శక్తిని ఇస్తుంది. నిరోధంలోని పరమాణువుల (అయానుల)తో ఈ చలించే ఆవేశాలు అభిఘాతం జరిపి, తమ గతిశక్తి లోని కొంత భాగాన్ని కోల్పోతాయి. ఈ శక్తి నిరోధం యొక్క ఉష్ణోగ్రత తో పాటు పెరుగుతుంది.

నిరోధం గుండా పంపిస్తున్నపుడు, చలించే ఆవేశం ΔQ కోల్పోయిన స్థితి శక్తి రేటు

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = V\frac{\Delta Q}{\Delta t} = VI \qquad \text{... (17.36)}$$

ఇక్కడ, I వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహం, V నిరోధకం చివరల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా.



పటం 17.26 : బ్యాటరీ, నిరోధం గల వలయం. a, b బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా పై, నిరోధం గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ పై వినియోగింపబడిన సామర్థ్యం ఆధారపడుతుంది.

సంధాన తీగల యొక్క నిరోధం ను ఉపేక్షించామనుకుందాం. మొత్తం కోల్పోయినది నిరోధం R లో మాత్రమే. కోల్పోయిన లేదా నష్టపోయిన శక్తి రేటునే సామర్థ్యం అని నిర్వచిస్తారు.

$$P = VI$$

$V = IR$ కాబట్టి, మనం $P = I^2R = \frac{V^2}{R}$ .... (17.37) గ రాయవచ్చు.

సామర్థ్యానికి SI ప్రమాణం వాట్ (W).

వాహకంలో ఉష్ణ రూపంలో కోల్పోయిన విద్యుత్ శక్తి ని జౌల్ ఉష్ణం అంటారు. జనించిన ఉష్ణం (i) విద్యుత్ ప్రవాహం వర్గానికి (I), (ii) వాహక నిరోధంకు (R) (iii) విద్యుత్ ప్రవహించిన కాలం (t) కు అనులోమానుపాతం లో ఉంటుంది.

$Q = I^2Rt$ ని జౌల్ నియమం అంటారు.

ఉదాహరణ 17.11 : మీ ఇంటి లో 220 V విద్యుత్ శక్తి జనకానికి 60 W బల్బును కలిపారు. బల్బు వినియోగించిన సామర్థ్యాన్ని, దాని ఫిలమెంట్ నిరోధాన్ని, దాని గుండా ప్రవహించే విద్యుత్ ను కనుక్కోండి.

సాధన : $I = \frac{P}{V}$ అని మనకు తెలుసు.

$$\therefore \frac{60W}{220V} = \frac{3}{11}A \quad = 0.27A$$

బల్బు నిరోధం, $R = \frac{V}{I}$

$$= \frac{220V}{\frac{3}{11}A}$$

$$= \frac{220 \times 11}{3}\Omega = 807\Omega$$

సెకండుకు 60J శక్తిని బల్బు వినియోగించుకుంటుంది. 1 గంటకు వినియోగించుకునే శక్తి 60 Wh. మరియు ఒక రోజుకు వినియోగించుకునే శక్తి 60 × 24 = 1440 Wh.

ఒక రోజుకు వినియోగించుకునే శక్తి = 1.440 KWh.

సామాన్య మానవుని భాషలో చెప్పాలంటే, దీనిని 1.4 యూనిట్ల శక్తి అంటారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 17.4

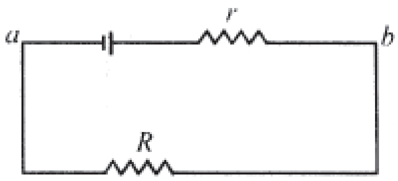
1. ఘటం నుండి ప్రవహించే విద్యుత్ పెరిగినపుడు, దాని ధ్రువాల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా ఎందుకు తగ్గుతుంది.

....

2. ఒక లోహపు తీగ నిరోధం $20^0 C$ వద్ద 30 Ω, $40^0 C$ వద్ద 16 Ω. ఉష్ణోగ్రతా నిరోధ గుణకాన్ని కనుక్కోండి.

....

3. ఒక ఘటం విచాబ 5.0 V, వలయంలో R విలువ 4.5 Ω. a, b బిందువుల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా 3.0 V అయితే, ఘటం అంతర్నిరోధం r ను కనుక్కోండి.



....

4. పొటెన్షియామీటరు వలయంలో ఒక తెలియని విచాబను కొలిచినపుడు, A చివర నుండి 45cm వద్ద సంతులన బిందువు వచ్చింది. 1.02 V ఘటాన్ని వలయంలో పెట్టినపుడు, ఇదే చివర నుండి 30 cm కు సంతులన బిందువు మారింది. ప్రామాణిక ఘటం E ఎపుడూ స్థిర విద్యుత్తును ప్రవహింపచేస్తుంది. తెలియని విచాబను కనుక్కోండి.

....

5. రెండు ఘటాల విచాబలు E_1, E_2 లను పోల్చడానికి పొటెన్షియామీటరు వలయాన్ని ఉపయోగించారు. E_1, E_2 లకు వరసగా 30 cm, 45 cm పొడవుల దగ్గర సంతులన బిందువు వచ్చింది. E_2=3.0 V అయితే, E_1 యొక్క విచాబ ఎంత?

....

6. 500 Ω నిరోధం గుండా ప్రవహించిన విద్యుత్ 0.30 A. నిరోధం లో నష్టపోయిన సామర్థ్యం ఎంత ?

....

7. మీ దగ్గర రెండు విద్యుత్ బల్బులు ఉన్నాయి. వాటి మీద అచ్చు వేసిన అంశాలు (బల్బు రేటింగ్) 40 W, 220 V మరియు 100 W, 220 V. 220 V మెయిన్స్ కు వీటిని కలిపితే, ప్రతి బల్బు గుండా ప్రవహించే విద్యుత్‌ను, నిరోధాన్ని కనుక్కోండి.

....

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- వాహకం లో విద్యుత్ క్షేత్రం ఉన్నప్పుడు, ఎలక్ట్రాన్లు విద్యుత్ క్షేత్రానికి వ్యతిరేక దిశలో సగటు వేగం తో కదులుతాయి. ఈ సగటు వేగాన్నే డ్రిఫ్ట్ వేగం అంటారు.
- ఒక వాహకం యొక్క ఏ మధ్యచ్ఛేదం గుండా అయినా జరిగే విద్యుత్ ఆవేశ ప్రవాహ రేటుగా విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని నిర్వచిస్తారు. విద్యుత్ ప్రవాహం యొక్క ప్రమాణం ఆంపియర్. దీనిని A తో సూచిస్తాం.

- ఉష్ణోగ్రత, పీడనం వంటి భౌతిక పరిస్థితులు మారకుండా స్థిరంగా ఉన్నప్పుడు, ఒక వాహకం లోని విద్యుత్ ప్రవాహం దాని చివరల మధ్య అనువర్తింపచేసిన పొటెన్షియల్ తేడా కి అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది అని ఓమ్ నియమం చెబుతుంది.

- $\frac{V}{I}$ నిష్పత్తిని నిరోధం అంటారు. దీని గుర్తు R. నిరోధంకు ప్రమాణం ఓమ్ (దీని గుర్తు Ω)

- ఒక పదార్థం యొక్క నిరోధకత (విశిష్ట నిరోధం) ఆ పదార్థంతో తయారైన ఒక మీటరు పొడవు మరియు ఒక చదరపు మీటరు అడ్డుకోత వైశాల్యం కలిగిన వాహక నిరోధానికి సంఖ్యాత్మకంగా సమానం.

- నిరోధాల శ్రేణీ సంధానంలో, తుల్య నిరోధం, సంధానంలోని నిరోధాల మొత్తానికి సమానం.

- నిరోధాల సమాంతర సంధానంలో, వేరు వేరు నిరోధాల విలోమాల మొత్తం, వాటి తుల్య నిరోధం విలోమానికి సమానం.

- సంక్లిష్ట విద్యుత్ వలయాలను అధ్యయనం చేయడానికి కిర్కాఫ్ నియమాలు ఉపయోగపడతాయి. కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం, ఒక సంధిలోకి ప్రవహించే విద్యుత్ ప్రవాహాల మొత్తం, ఆ సంధి నుంచి బయటకు పోయే ప్రవాహాల మొత్తానికి సమానం అని చెబుతుంది. కిర్కాఫ్ రెండవ నియమం : సంవృత వలయంలో పొటెన్షియల్ తేడాల బీజీయ మొత్తం శూన్యం.

- తెలియని నిరోధం(S)ను తెలిసిన (P, Q, R) నిరోధాలతో పోలుస్తూ, ఖచ్చితంగా కొలవడానికి, వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జిని వాడతాం.

  వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి సంతులన నియమం $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

- వివృత (తెరచిన) వలయంలో ఘటం ధ్రువాల మధ్య ఉండే పొటెన్షియల్ తేడా విలువ, ఘటం విచాబకి సమానంగా ఉంటుంది.

- విద్యుత్ ప్రవాహం దేనినీ ఏ మాత్రం తీసుకోకుండా, వోల్టేజిలను కొలవడానికి వాడే పరికరం పొటెన్షియామీటరు కాబట్టి దీనిని ఒక జనకం యొక్క విచాబను కొలవడానికి ఉపయోగిస్తారు.

- వాహకంలోని ఎలక్ట్రాన్ల డ్రిఫ్ట్ వేగం $v_d = -\frac{eE}{m}\tau$

- జౌల్ ఉష్ణం ద్వారా విద్యుత్ వలయంలో, వినియోగించిన సామర్థ్యం $P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$

ముగింపు అభ్యాసం

1. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం అనువర్తించినపుడు ఒక లోహ వాహకంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల డ్రిఫ్ట్‌ను గురించి వివరించండి. డ్రిఫ్ట్ వేగానికి సమీకరణం రాబట్టండి.
2. విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని నిర్వచించి, ఓమ్ నియమంను వివరించండి.
3. వాహకం నిరోధకతను నిర్వచించండి. పదార్థం యొక్క నిరోధకతపై, దాని పొడవు మరియు అడ్డుకోత వైశాల్యంపై తీగ యొక్క నిరోధం ఏ విధంగా ఆధారపడుతుంది.
4. విద్యుత్ వాహకత్వాన్ని నిర్వచించండి. దాని ప్రమాణాలు రాయండి. వాహకంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల గాఢత మీద విద్యుత్ వాహకత్వం ఏ విధంగా ఆధారపడుతుందో వివరించండి.
5. ఓమిక్, నాన్ ఓమిక్ నిరోధకాల మధ్య తేడాలను వివరించండి. నాన్ ఓమిక్ నిరోధకాలకు ఉదాహరణలు ఇవ్వండి.
6. పదార్థ నిరోధకతపై ఉష్ణోగ్రతా ప్రభావంను తెలపండి. ఉష్ణోగ్రత పెరిగితే ఒక లోహం యొక్క విద్యుత్ వాహకత్వం ఎందువల్ల తగ్గుతుంది.
7. ఎడమ నుంచి కుడి వైపు ఒక నిరోధం పై గల కలర్‌లు రెడ్, ఆరెంజ్, గ్రీన్ మరియు గోల్డ్ (బంగారు). కలర్ కోడ్ ప్రకారం నిరోధం విలువ ఎంత?
8. R_1, R_2, R_3 మూడు నిరోధాలను ఎ) శ్రేణిలోను బి) సమాంతరంగాను కలిపితే, ఫలిత లేదా తుల్య నిరోధానికి సమాసములు రాబట్టండి.
9. ఘటం ధ్రువాల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడాకు, విచాబకు(e.m.f) మధ్యగల భేదం ఏమిటి. వాటి మధ్య సంబంధాన్ని రాబట్టండి.
10. కిర్కాఫ్ నియమాలు రాసి వివరించండి.
11. నిరోధాలను కొలవడానికి, వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి పద్ధతి యొక్క సిద్ధాంతాన్ని వివరించండి.
12. పొటెన్షియామీటరు గురించి వివరించండి.
13. పొటెన్షియామీటరును ఉపయోగించి తెలియని పొటెన్షియల్ తేడాను మీరు ఏ విధంగా కొలుస్తారు.
14. పొటెన్షియామీటరును ఉపయోగించి రెండు ఘటాల విచాబలను (e.m.f) పోల్చే ప్రయోగాన్ని వర్ణించండి.
15. పొటెన్షియామీటరును ఉపయోగించి ఒక ఘటం అంతర్నిరోధాన్ని ఎట్లా కనుక్కుంటారో వివరించండి. ఘటం అంతర్నిరోధానికి కారణమయిన కారకాలు ఏమిటి?

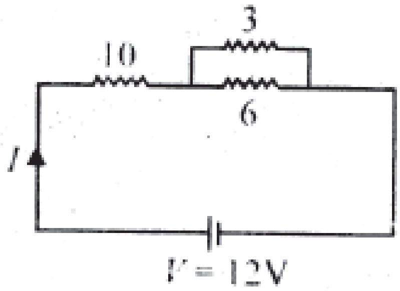
16. 1 m పొడవు, 0.1mm వ్యాసార్థం గల తీగ నిరోధం 100 Ω. పదార్థం నిరోధకతను లెక్కించండి.

17. 4m పొడవు, 1mm^2 మధ్యచ్ఛేద వైశాల్యం కలిగిన తీగలో 2A విద్యుత్ ప్రవహిస్తుందని అనుకుందాం. పదార్థం ప్రతి ఘన మీటరుకు గల స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లు 10^{29}. ఒక ఎలక్ట్రాను ఈ తీగ ఒక చివర నుంచి రెండవ చివరకు ప్రయాణించడానికి పట్టే సగటు కాలాన్ని లెక్కించండి.

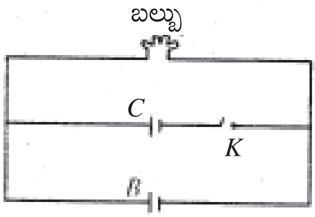
18. మీ దగ్గర మూడు నిరోధాలు ఉన్నాయనుకోండి. ప్రతి నిరోధం విలువ 30 Ω. ఈ నిరోధాలన్నింటిని కలపితే వచ్చే వేరు వేరు నిరోధాల విలువలన్నింటిని తెలపండి.

19. విచాబ 6.0V, అంతర్నిరోధం 1 Ω కలిగిన ఒక ఘటాన్ని బాహ్య నిరోధానికి కలిపినపుడు, ఘటం ధ్రువాల మధ్య పొటెన్షియల్ తేడా 5.8V కు పడిపోయింది. బాహ్య నిరోధకం యొక్క నిరోధంను కనుక్కోండి.

20. పటంలో చూపిన వలయంలో ప్రవహించే విద్యుత్ I ను, ఫలిత నిరోధం R ను కనుక్కోండి.



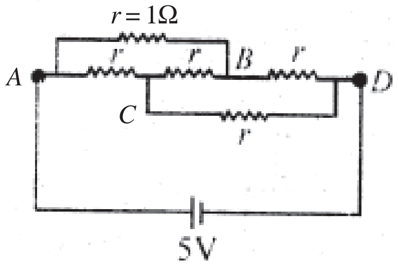
21. బల్బు, కెపాసిటర్, బ్యాటరీ గల ఈ కింది విద్యుత్ వలయంను గమనించండి. బల్బును నేరుగా బ్యాటరీకి కలిపినపుడు, అది వెలుగుతుంది. ఈ వలయంలో స్విచ్‌ను మూసిన, బల్బుకు ఏమవుతుంది.



22. ఈ కింది వీట్‌స్టన్ బ్రిడ్జి సంతులనం అయ్యింది.

a) వలయంలో ఫలిత నిరోధం విలువ R ను కనుక్కోండి.

b) AB, DC భుజాలలో విద్యుత్ ప్రవాహంను కనుక్కోండి.



పాఠంలోని ప్రశ్నలకు జవాబులు

17.1.

1. a) తీగ నిరోధం రెట్టింపయితే, విద్యుత్ ప్రవాహం సగానికి తగ్గుతుంది.

   b) నిరోధం సగమయితే, విద్యుత్ ప్రవాహం రెట్టింపవుతుంది.

2. నిరోధకత అనేది పదార్థానికి సంబంధించిన ఒక విశిష్ట ధర్మం. పొడవు, అడ్డుకోత వైశాల్యం మారిన, నిరోధకత మారదు.

   $\rho = 2\times10^{-8}\,\Omega - m$

3. $R = \frac{V}{I} = \frac{8}{0.15} = \frac{800}{15} = 53.3\Omega$

   $R = \frac{\rho l}{A} \Rightarrow \frac{800}{15} = \rho\frac{3}{2\times10^{-4}}$

   $\Rightarrow \rho = \frac{800\times2\times10^{-4}}{15\times3}$

   $= 35.5\times10^{-4}\ \ \Omega - m$

4. కాదు. లోహ వాహకాలు మాత్రమే కొంత అవధి వరకు ఓమ్ నియమాన్ని పాటిస్తాయి. అర్ధవాహకాలు, విద్యుత్ విశ్లేష్యకాలు ఓమ్ నియమాన్ని పాటించవు.

5. $I = \frac{q}{\tau} = \frac{n|e|}{t} = \frac{5\times10^{17}\times1.6\times10^{-19}}{1}A$

   $= 0.8\times10^{-3}A$

   $= 0.8\,mA$

   ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహ దిశకు, వ్యతిరేక దిశలో విద్యుత్ ప్రవాహం ఉంటుంది, అంటే కుడి నుంచి ఎడమ వైపుకు ఉంటుంది.

17.2.

1. సమాంతరంగా ఉంటాయి. అవి పనిచేయడానికి వేరు వేరు విద్యుత్తులను తీసుకుంటాయి. వాటిని పని చేయించడానికి, వేరు వేరు స్విచ్‌లను వాడతాం.
2. వోల్టేజి స్టెబిలైజర్‌ను (voltage stabilizer) ఉపయోగిస్తాం.

3. $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_4$

$= 2 + \frac{10}{3} + 7$

$= 12.3\Omega$

17.3

1. ABCDA వలయంకు కిర్కాఫ్ రెండవ నియమంను అనువర్తించినపుడు

$2I_1 + 4I_1 + 3I_3 = 24$

$6I_1 + 3I_3 = 24$

$\Rightarrow 2I_1 + I_3 = 8 \quad \ldots(1)$

DCBFD వలయంకు అదే విధంగా మనం రాయవచ్చు

$-3I_3 + 6I_2 = 12$

$\Rightarrow 2I_2 - I_3 = 4 \quad \ldots(2)$

D సంధి వద్ద, కిర్కాఫ్ మొదటి నియమం ను అనువర్తించినపుడు

$I_2 + I_3 = I_1$

(1) లో ప్రతిక్షేపించినపుడు

$2I_2 + 3I_3 = 8$

$2I_2 - I_3 = 4$

$4I_3 = 4$

$I_3 = 1A$

(2) లో ప్రతిక్షేపించినపుడు

$2I_2 = 5 \quad \Rightarrow I_2 = 2.5\,A$

2. $\frac{P}{Q} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$ మరియు $\frac{R}{S} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$

$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

$\therefore$ బ్రిడ్జి సంతులనం అయినది.

$V_B = V_D$ మరియు $I_2 = 0$

$$I_1 = \frac{V}{I} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3}A$$

మరియు

$$I - I_1 = \frac{12}{9} = \frac{4}{3}A$$

17.4.

1. $V = E - Ir$

   I పెరిగితే, V తగ్గుతుంది

2. $R_{20} = R_0(1 + 20\alpha)$

   $R_{40} = R_0(1 + 40\alpha)$

   $$\frac{R_{40}}{R_{20}} = \frac{1 + 40\alpha}{1 + 20\alpha}$$

   $$\frac{1 + 40\alpha}{1 + 20\alpha} = \frac{30.16}{30} = 1 + \frac{0.16}{30}$$

   $$1 + \frac{20\alpha}{1 + 20\alpha} = 1 + \frac{0.16}{30}$$

   $$\frac{20\alpha}{1 + 20\alpha} = \frac{0.16}{30}$$

   $$600\alpha = 0.16 + 3.2\alpha$$

   $$\Rightarrow \alpha = \frac{0.16}{600} = 2.67 \times 10^{-4} K^{-1}$$

3. $I = \frac{V}{R} = \frac{3}{4.5} = \frac{30}{45} = \frac{2}{3}A$

   $V = \sum - Ir$

   $$\Rightarrow 3 = 5 - \frac{2}{3}r$$

   $$\therefore r = \frac{2 \times 3}{3} = 3\Omega$$

4. $\frac{E_2}{E_1} = \frac{l_2}{l_1} \quad \Rightarrow \frac{1.02}{E_1} = \frac{30}{45}$

$\Rightarrow E_1 = 0.51 \times \frac{3}{2} = 1.53\,V$

5. $\frac{E_2}{E_1} = \frac{l_2}{l_1}$

$\frac{E_1}{3} = \frac{2}{3}$

$E_1 = 2\,V$

6. $P = IV$

$= 3 \times 0.3 \times 500$

$= 45$ WaH

7. $I = \frac{P}{V} \quad \Rightarrow I_1 = \frac{40}{220} = \frac{2}{11} A$

మరియు $I_2 = \frac{100}{220} = \frac{5}{11} A$

$R = \frac{V^2}{P} \quad \Rightarrow I_1 = \frac{40}{220} = \frac{2}{11} A \quad \frac{V^2}{P} \quad \Rightarrow R_1 = \frac{220 \times 220}{40} = 1210\,\Omega$

$R_2 = \frac{220 \times 220}{100} = 484\,\Omega$

ముగింపు అభ్యాసంలోని లెక్కలకు జవాబులు

16. $3.14 \times 10^{-6}\,\Omega\,m$

17. 32 ms

18. (i) అన్ని నిరోధాలు శ్రేణిలో ఉన్నపుడు తుల్య నిరోధం $90\,\Omega$

(ii) అన్ని నిరోధాలు సమాంతరంగా ఉన్నపుడు తుల్య నిరోధం $10\,\Omega$

(iii) సమాంతరంగా ఉన్న రెండు నిరోధాలకు ఒక నిరోధం శ్రేణిలో ఉన్నపుడు తుల్య నిరోధం $45\,\Omega$

(iv) శ్రేణిలో ఉన్న రెండు నిరోధాలకు, ఒక నిరోధం సమాంతరంగా ఉన్నపుడు తుల్య నిరోధం $20\,\Omega$

19. $29\,\Omega$

20. $I = 1A, R = 12\Omega$

21. (a) $R = r = 1\Omega$ (b) $I = 2.5\,A$