भौतिकी

अध्याय-3: विद्युत धारा

SHIVOM CLASSES 8696608541

वैद्युत धारा (Electric Current)

किसी पृष्ठ से आवेश के प्रवाह की दर को वैद्युत धारा कहते हैं।

सभी गतिमान आवेशों द्वारा धारा स्थापित नहीं होती है। यदि किसी पृष्ठ के किसी क्षेत्रफल से कुल आवेश q, समयान्तराल t में पृष्ठ लम्बवत् एक ओर से दूसरी ओर स्थानान्तरित होता तो उस क्षेत्रफल से गुजरने वाली औसत वैद्युत धारा

$$I_{AVG} = \frac{q}{t}$$

इस क्षेत्रफल से गुजरने वाली धारा का तात्क्षणिक मान

$$i = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{\Delta t}$$

वैद्युत धारा का SI मात्रक ऐम्पियर (A) है।

$$1 Ampere = \frac{1 coulomb}{1 second}$$

धारा की दिशा

धनात्मक आवेश के प्रवाह की दिशा में

ऋणात्मक आवेश के प्रवाह के विपरीत दिशा में अर्थात इलेक्ट्रॉन की गति के विपरीत दिशा में।

vidyut dhara ka SI matrak

वैद्युत धारा का SI मात्रक = ऐम्पियर (A)

विद्युत् धारा का मात्रक = कुलाम /समय = Cs^{-1}

विद्युत् धारा की विमा = यह मूल राशि है इसलिए इसकी विमा A^1 होती है।

विद्युत धारा का प्रकार

दिष्ट धारा (Direct Current - DC)

जिस धारा का परिमाण एवं दिशा नियत रहती है उसे दिष्ट धारा कहते है।

यदि धारा की दिशा नियत तथा परिमाण परिवर्ती हो, तो उसे परिवों दिष्ट धारा (varying DC) कहते हैं।

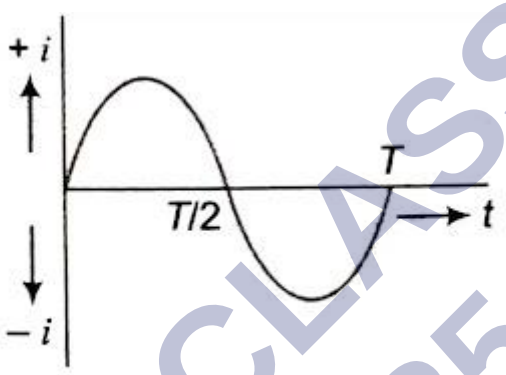
SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उदाहरणार्थ संधारित्र की आवेशन तथा निरावेशन क्रिया में प्रवाहित धारा।

प्रत्यावर्ती धारा (Alternating Current - AC)

वह धारा जिसका परिमाण तथा दिशा समय के साथ परिवर्तनशील होते हैं तथा एक निश्चित समय T (दोलनकाल अथवा आवर्तकाल) के बाद अपनी पूर्व अवस्था में आ जाते हैं प्रत्यावर्ती धारा (AC) कहलाती है। T/2 समय के लिए धारा धनात्मक तथा अगले T/2 समय के लिए धारा ऋणात्मक होती है। धारा तथा समय के बीच वक्र एक ज्या (अथवा कोज्या) वक्र होता है। इसका आयाम नियत रहता है।



वैद्युत धारा के सन्दर्भ में निम्न तथ्य महत्त्वपूर्ण हैं:

1. अन्तर्राष्ट्रीय पद्धति के अनुसार, धारा की दिशा धन आवेशों के चलने की दिशा अर्थात् वैद्युत क्षेत्र की दिशा में तथा ऋण आवेशों के चलने की दिशा के विपरीत होती है।
2. वैद्युत धारा एक अदिश राशि है।
3. किसी चालक में प्रवाहित धारा चालक के अनुप्रस्थ काट में होने वाले परिवर्तन से अप्रभावित रहती है।
4. चालक में धारा प्रवाहित होने पर चालक वैद्युत उदासीन रहता है।
5. विद्युत धारा को एम्पीयर में मापा जाता है। करंट का एक एम्पीयर एक सेकंड में एक विशिष्ट बिंदु से आगे बढ़ने वाले विद्युत आवेश के एक युग्मन का प्रतिनिधित्व करता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

ओम का नियम (Ohm's Law)

जर्मन वैज्ञानिक वैज्ञानिक जॉर्ज साइमन ओम ने प्रयोग द्वारा पता लगाया कि एक चालक के सिरों पर लागू विभवांतर और उसमें बहने वाले विद्युत धारा के बीच एक निश्चित संबंध है, जिसे ओम का नियम कहा जाता है।

"यदि भौतिक जैसे ताप आदि अवस्थायें नियत रखीं जाए तो ओम के नियम (Ohm's Law) के अनुसार किसी प्रतिरोधक (या, अन्य ओमीय युक्ति) के सिरों के बीच उत्पन्न विभवान्तर उससे प्रवाहित विधुत धारा के समानुपाती होता है।"

ओम का नियम सूत्र -Ohm's law formula

$V \propto I$

या,

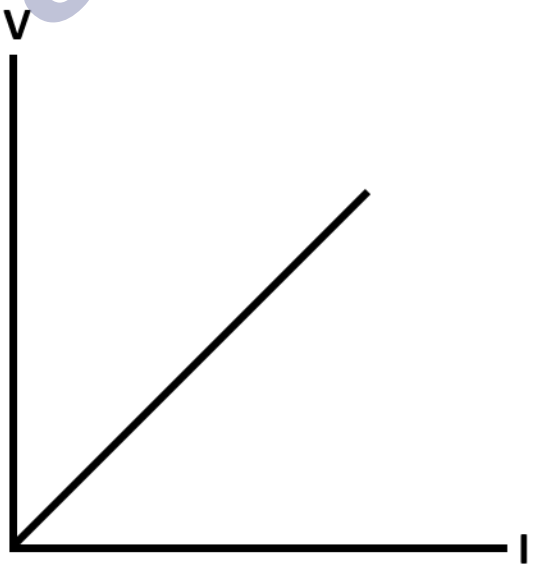
$V = I \times R$

V = वोल्टेज, वोल्ट (V)

I = करंट, विधुत धारा, एम्पीयर (A)

R = प्रतिरोध, ओम (ohm,Ω)

- वोल्टेज या विभवांतर v का मान बढ़ाने पर धारा का मान भी बढ़ता है |
- यदि चालक के विभवांतर (वोल्टेज) और धारा (वर्तमान) के बीच ग्राफ खीचे तो एक सरल रेखा प्राप्त होती है जो बताती है की विभवांतर के बढने पर धारा भी बढ़ेगी और विभवांतर के कम होने पर धारा भी होगी |



SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

- ओम का लॉ मेटल कंडक्टर के लिए ही लागू होता है |
- प्रोफेसर जॉर्ज साइमन ओम ने 1827 में इस नियम का प्रस्ताव रखा था

ओम के नियम की सीमाएं

- यदि तापमान या दबाव जैसी भौतिक स्थितियों को स्थिर नहीं रखा जाता है तो ओम का नियम वांछित परिणाम नहीं दे सकता है।
- ओम का नियम अर्धचालक और एकतरफा उपकरणों जैसे डायोड के व्यवहार की व्याख्या करने में विफल रहता है। डायोड और ट्रांजिस्टर जैसे एकतरफा विद्युत तत्वों के लिए ओम का नियम लागू नहीं है क्योंकि वे करंट को केवल एक दिशा में प्रवाहित करने की अनुमति देते हैं।
- ओम का नियम ज्यादातर परिस्थितियों में केवल धातुओं पर लागू होता है।
- इलेक्ट्रॉनिक सर्किट में ओम का नियम लागू नहीं होता है।
- ओम का नियम ऐसी धातुओं पर लागू नहीं होता है जो विद्युत प्रवाह के प्रवाह से गर्म होती हैं। ऐसा इसलिए है क्योंकि गर्म होते ही धातुओं का प्रतिरोध भी बदल जाता है।
- ऐसे प्रतिरोधक जो रैखिक नहीं हैं जैसे डायोड, ट्रांजिस्टर, वैक्यूम ट्यूब, गैस ट्यूब आदि भी ओम के नियम को लागू नहीं करते हैं।
- ओम का नियम इलेक्ट्रोलाइट्स पर भी लागू नहीं होता है।
- कुछ उपकरणों जैसे कि मेटल रेक्टिफायर्स, क्रिस्टल डिटेक्टरों में, ओम का नियम लागू नहीं होता है।
- आर्क लैंप के लिए ओम का नियम भी सही नहीं है।
- वैसे, सभी सर्किट जिनके विद्युत गुण विद्युत प्रवाह की दिशा पर निर्भर करते हैं, वे ओम के नियम का पालन नहीं करते हैं।

ओम के नियम का उपयोग

- विद्युत सर्किट के वोल्टेज, प्रतिरोध याविधुत धारा का निर्धारण करने के लिए।
- ओम के नियम का उपयोग इलेक्ट्रॉनिक घटकों में वांछित वोल्टेज ड्रॉप को बनाए रखने के लिए किया जाता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

- ohm के नियम का उपयोग dc ammeter और अन्य dc शंट में करंट को मोड़ने के लिए भी किया जाता है।

ओम का नियम का सवाल

उदाहरण 1: यदि विद्युत लोहे का प्रतिरोध 50 ohm है और प्रतिरोध के माध्यम से 3.2 A विधुत धारा प्रवाह होता है। दो बिंदुओं के बीच वोल्टेज का पता लगाएं।

हल :

$V = I \times R$

$V = 3.2\ A \times 50 = 160\ V$

$V = 160V$

उदाहरण 2: 8.0 V का EMF स्रोत विशुद्ध रूप से प्रतिरोधक विद्युत उपकरण (एक प्रकाश बल्ब) से जुड़ा है। 2.0 A का विद्युत प्रवाह इसके माध्यम से बहता है। प्रतिरोध तारों को प्रतिरोध मुक्त मानें। विद्युत उपकरण द्वारा प्रस्तुत प्रतिरोध की गणना करें।

हल : जब हमें वोल्टेज और करंट के मान दिए जाने पर प्रतिरोध का मान ज्ञात करने के लिए कहा है,

$R = V / I$

$R = 8\ V / 2\ A = 4\ \Omega$

$R = 4\Omega$

उदाहरण 3: एक विधुत जनित्र 500 वोल्ट पर विधुत शक्ति उत्पन्न कर रहा है। इस शक्ति को दो तारों के द्वारा 5 किलोमीटर की दूरी पर भेजा जाता है। प्रत्येक तार का प्रतिरोध 0.01 ओम / मी है। तारों के दूसरे सिरों के बीच जुड़े 900 ओम के प्रतिरोध (लोड) के सिरों के बीच कितना विभवान्तर प्राप्त होगा?

हल :

तारा का प्रतिरोध $0.01 \times 5000 \times 2 = 100$ ओम

$I = V/R$

$I = 500 / (100+900)$

$I = 0.5\ A$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$V = IR$

$V = 0.5 \times 900 = 450$ volt

ओम के नियम का उपयोग करके विद्युत शक्ति की गणना करना

$P = VI$

$V = IR$

$P = I^2 R$

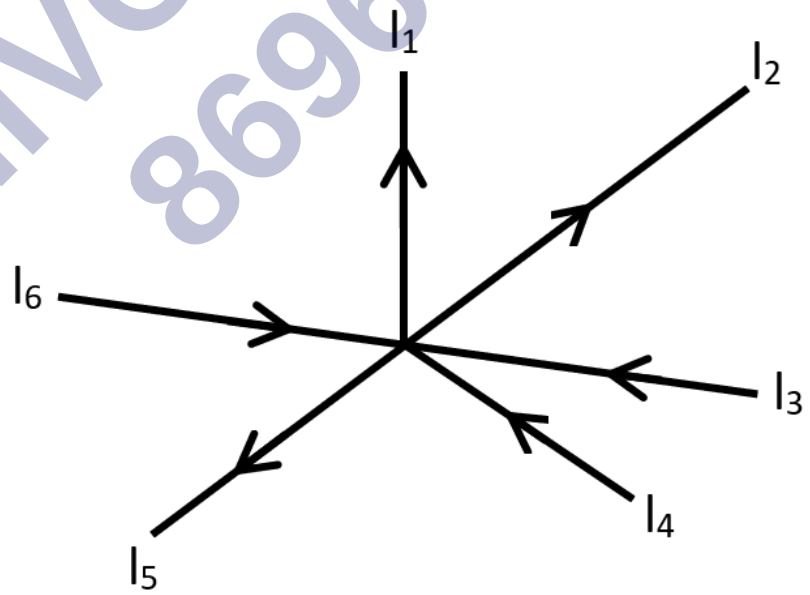
किरचॉफ के परिपथ के नियम

किरचॉफ के परिपथ के नियम का पहला नियम - किरचॉफ का धारा(current) का नियम (Kirchhoff's current law-KCL)

प्रथम नियम किरचॉफ का धारा(current) का नियम (Kirchhoff's current law-KCL) - किसी विद्युत परिपथ में किसी भी बिंदु या जंक्शन पर पाए जाने वाले धाराओं का बीजगणितीय योग शून्य होता है।

या

विद्युत परिपथों में, बिंदु या जंक्शन पर आने वाली धाराओं का योग वहाँ से जाने वाली धाराओं के योग के बराबर होता है।



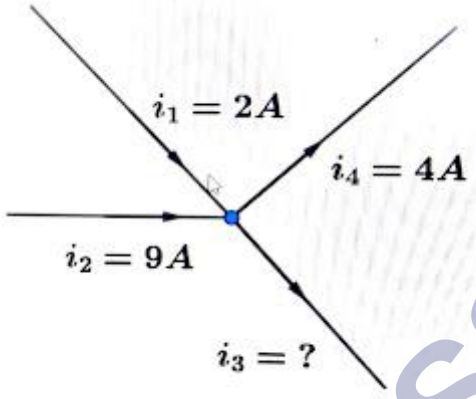
$I_3 + I_4 + I_6 = I_1 + I_2 + I_5$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

इस नियम को किरचॉफ का धारा का नियम (किरचॉफ करंट लॉ (KCL)) भी कहते हैं। यह नियम आवेश के सरंक्षण पर आधारित है।

दिए गए परिपथ में i3 का मान ज्ञात करे -



SOL.

दिए गए नोड पर किरचॉफ का धारा(current) का नियम को लागू करें।

$i_1 + i_2 = i_3 + i_4$ ज्ञात मान को प्रतिस्थापित करें

$2 + 9 = i_3 + 4$ i_3 के लिए हल करें

$i_3 = 7A$

किरचॉफ के परिपथ के नियम का द्वितीय नियम- किरचॉफ का विभवान्तर(voltage) का नियम

(Kirchhoff's voltage law-KVL)

इस नियम के अनुसार किसी विद्युतीय नेटवर्क के किसी बंद परिपथ में सभी स्रोतों के विभवों का बीजगणितीय योग और सभी प्रतिरोधको में होने वाली वोल्टेज ड्रॉप का बीजगणितीय योग शून्य होता है।

या

लूप के भीतर सभी वोल्टेज का बीजगणितीय योग शून्य के बराबर होना चाहिए। किरचॉफ के विचार को ऊर्जा के संरक्षण के रूप में जाना जाता है।

इस नियम को मेश लॉ, किरचॉफ के वोल्ट लॉ, यानी KVL के रूप में भी जाना जाता है।

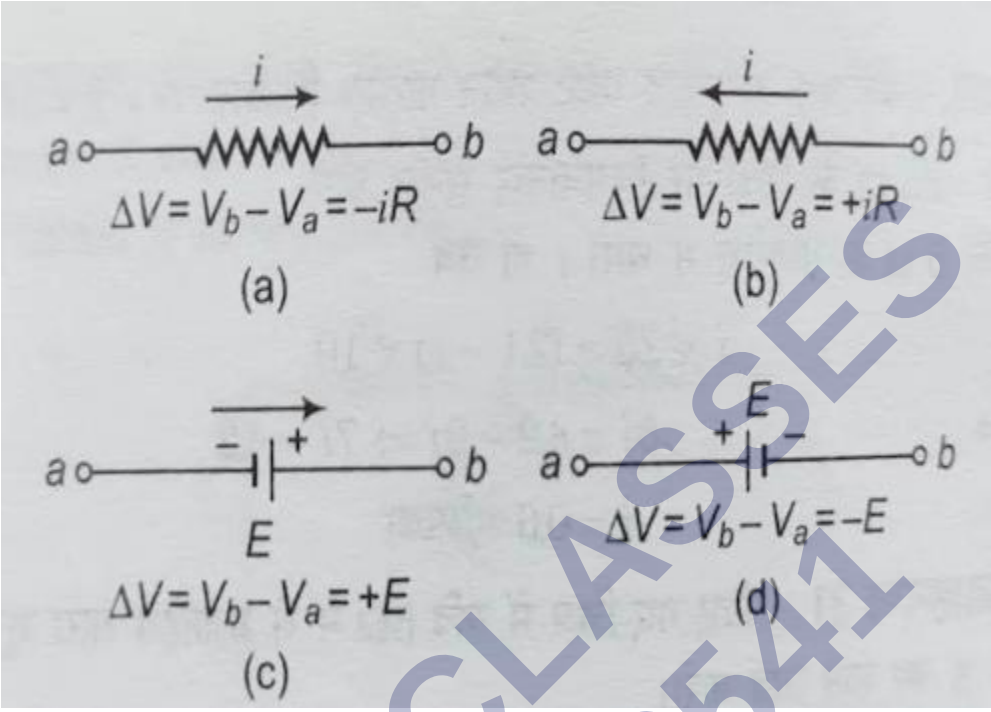
किरचॉफ के नियम का सूत्र क्या है?

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

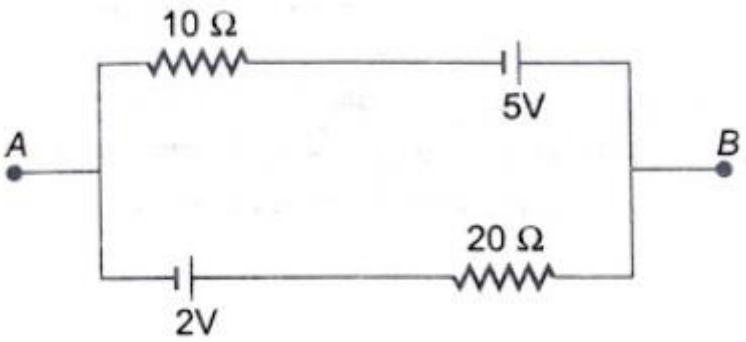
$\Sigma V = 0$

इस नियम का उपयोग करने के लिए निम्न बिन्दुओ का ध्यान रखना होता है



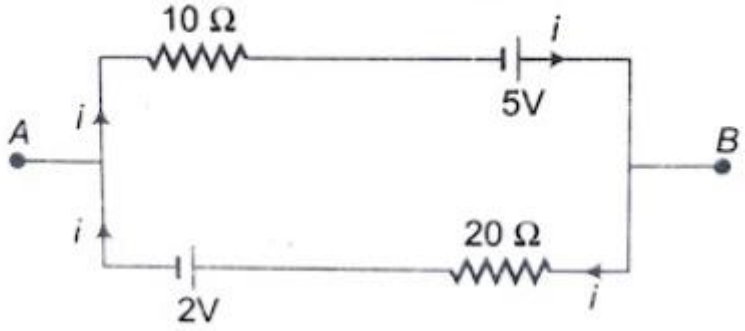
1. किसी प्रतिरोध पर धारा की दिशा में चलते हुए, प्रतिरोध का विभव परिवर्तन ऋणात्मक (-iR) होता है, चित्र (a)
2. किसी प्रतिरोध पर धारा की विपरीत दिशा में चलते हुए, प्रतिरोध पर विभव परिवर्तन धनात्मक (+iR) होता है, चित्र (b)
3. किसी बैटरी अथवा emf स्रोत पर इसके ऋणात्मक इलैक्ट्रोड से धनात्मक इलैक्ट्रोड की ओर चलने पर, विभव में परिवर्तन धनात्मक (+E) होता है। चित्र (c)
4. किसी बैटरी अथवा emf स्रोत पर इसके धनात्मक सिरे से ऋणात्मक सिरे की ओर चलने पर विभव में परिवर्तन ऋणात्मक (- E) होता है, चित्र (d)

दिए गए परिपथ में धारा का मान ज्ञात करे



SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

हल. दिए गए लूप में किरचॉफ वोल्टेज नियम लगाने पर



$-10i + 5 - 20i - 2 = 0$

$i = 0.1$ A

व्हीटस्टोन सेतु (Wheatstone's Bridge)

व्हीटस्टोन ब्रिज एक सरल सर्किट है जिसमें तीन ज्ञात और एक अज्ञात प्रतिरोध, एक गैल्वेनोमीटर और एक विद्युत सेल एक दूसरे से जुड़े होते हैं। इस सर्किट की मदद से, अज्ञात प्रतिरोध का मान निर्धारित किया जाता है।

सर्किट का निर्माण पहली बार 1843 में इंग्लैंड में वैज्ञानिक प्रोफेसर व्हीटस्टोन ने किया था। प्रोफेसर व्हीटस्टोन के सम्मान में, इस सर्किट को व्हीटस्टोन ब्रिज कहा जाता है।

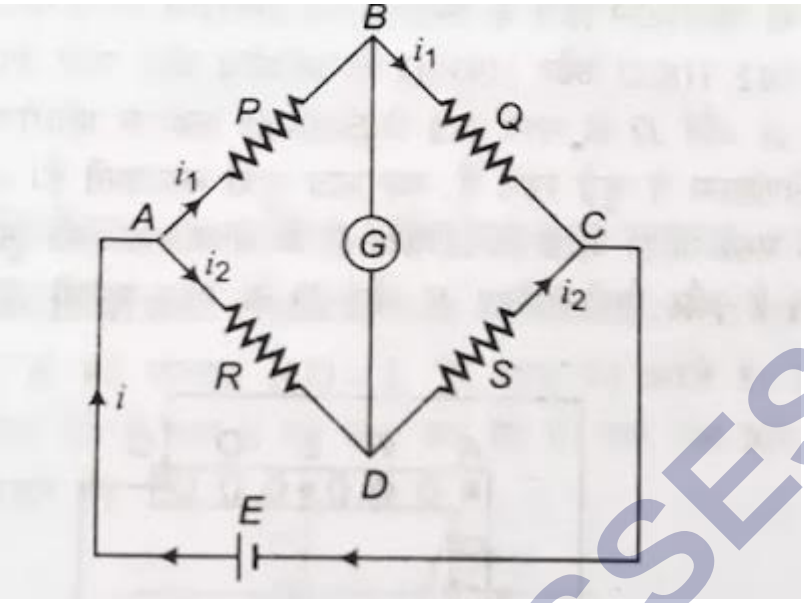
व्हीटस्टोन सेतु सिद्धांत, संरचना

व्हीटस्टोन सेतु (Wheatstone's Bridge) यह चार प्रतिरोधों की एक व्यवस्था है जिनमें से एक प्रतिरोध अज्ञात होता है तथा शेष तीन ज्ञात होते हैं। चित्र में व्हीटस्टोन सेतु दिखाया गया है।

भुजा AB व BC को अनुपातिक भुजा तथा AD a DC संयुग्मी भुजाएँ कहलाती हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



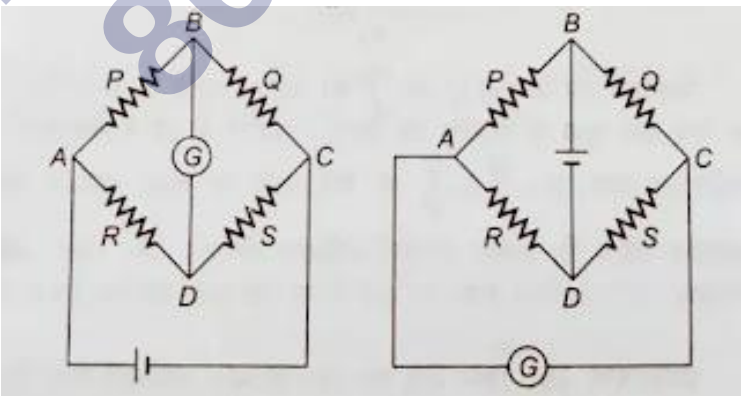
जब प्रदर्शित गैल्वेनोमीटर में कोई विक्षेप नहीं होता अर्थात् Ig = 0 तब सेतु सन्तुलित कहा जाता है। इस स्थिति में बिन्दु B व D मान विभव पर होते हैं।

व्हीटस्टोन ब्रिज फॉर्मूला

`P/Q = R/S`

इस सूत्र में, यदि तीन प्रतिरोधों का मान पहले से ज्ञात है, तो चौथे अज्ञात प्रतिरोध का मान आसानी से निर्धारित किया जा सकता है। इस सूत्र में, यदि किन्हीं दो प्रतिरोधों का अनुपात ज्ञात हो, तो तीसरे प्रतिरोध का मान ज्ञात किया जा सकता है।

व्हीटस्टोन सेत् में बैटरी तथा गैल्वेनोमीटर आपस में बदले जा सकते हैं। दोनों ही स्थितियों में गैल्वेनोमीटर में शून्य विक्षेप स्थिति प्राप्त होती है।



व्हीटस्टोन ब्रिज एप्लीकेशन-व्हीटस्टोन ब्रिज का उपयोग

1. व्हीटस्टोन पुल का उपयोग कम प्रतिरोध के सटीक माप के लिए किया जाता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

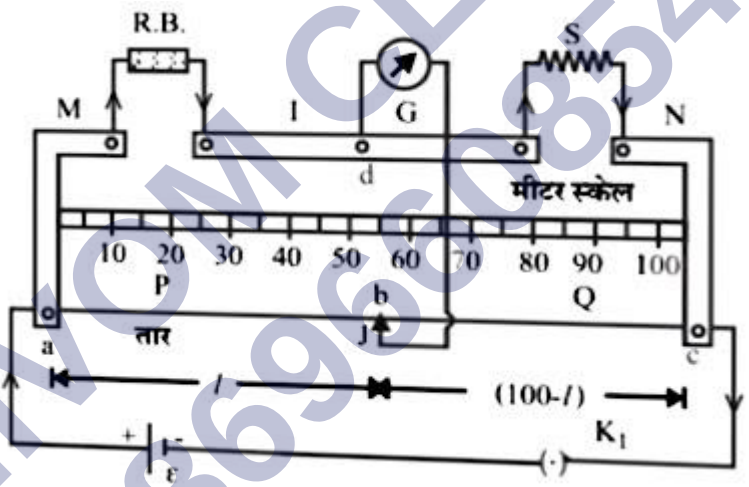
2. Wheatstone Bridge के साथ ऑपरेशनल एम्पलीफायर का उपयोग तापमान, प्रकाश और तनाव जैसे भौतिक मापदंडों को मापने के लिए किया जाता है।
3. व्हीटस्टोन पुल पर विविधताओं का उपयोग करके impedance, inductance, and capacitance जैसी मात्राओं को मापा जा सकता है।

व्हीटस्टोन ब्रिज की सीमाएँ

उच्च प्रतिरोध माप के लिए, पुल द्वारा प्रस्तुत माप इतना बड़ा है कि गैल्वेनोमीटर असंतुलन के लिए असंवेदनशील है।

मीटर सेतु (Meter Bridge)

मीटर सेतु (Meter Bridge) मीटर ब्रिज एक प्रयोगात्मक उपकरण है जो एक समान अनुप्रस्थ काट तार से बना है जो व्हीटस्टोन ब्रिज के सिद्धांत के आधार पर अज्ञात प्रतिरोध के मान को निर्धारित करता है।



मीटर सेतु (Meter Bridge) संरचना -

मीटर सेतु में एक मीटर लम्बा मैंगनीन या कान्सटेन्टन से बना तार एक लकड़ी के आधार पर सम्बन्धक पेचों a तथा c के मध्य, खिंचा हुआ, व्यवस्थित रहता है। तार का अनुप्रस्थ काट एक समान है तार की लंबाई के साथ एक मीटर की लंबाई का पैमाना है।

सम्बन्ध पेचों a तथा c को ताँबें / पीतल से बनी L आकृति की पट्टियों M एवं N से जोड़ देते हैं। J एक कुंजी है जो तार ac पर खिसकाई जा सकती है। कुंजी का तार पर सम्पर्क बिन्दु b अभीष्ट तार को दो भुजाओं ab तथा bc में विभाजित करता है। एक ताँबे की पट्टी I, पट्टियों M एवं N के मध्य लगी होती है। पट्टियों M तथा N एवं I के मध्य रिक्त स्थान

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

होता है। पट्टियों पर सम्बन्ध पेंच लगे होते हैं जिनकी सहायता से प्रतिरोधों को जोड़ा जाता है।

मीटर सेतु (Meter Bridge) कार्यप्रणाली -

मीटर सेतु के खाली स्थानों के मध्य क्रमशः एक प्रतिरोध बॉक्स (RB) तथा अज्ञात प्रतिरोध जिसका मान ज्ञात करना है को सम्बन्धक पेचों की सहायता से जोड़ देते हैं।

बिन्दु a एवं c के मध्य एक लेक्लांशी सेल धारा नियन्त्रक तथा कुंजी K लगा देते हैं। संयोजक पेच d एवं विसी कुंजी के मध्य एक धारामापी (G) जोड़ते हैं। इस स्थिति में मीटर सेतु व्हीटस्टोन सेतु की तरह कार्य करता है।

प्रतिरोध बॉक्स में से कोई प्रतिरोध R निकालते हैं तथा कुंजी को तार के सिरे पर रखकर दबाते हैं इसी प्रकार सिरे पर रखकर दबाते हैं दोनों स्थितियों में धारामापी में विक्षेप की दिशा को प्रेक्षित करते हैं ये विपरीत होनी चाहिए।

यदि दोनों स्थितियों में विक्षेप एक ही दिशा में प्राप्त हो तो प्रतिरोध बॉक्स में से इस प्रकार का प्रतिरोध निकालते हैं कि विक्षेपों की दिशा परस्पर विपरीत हो जाए।

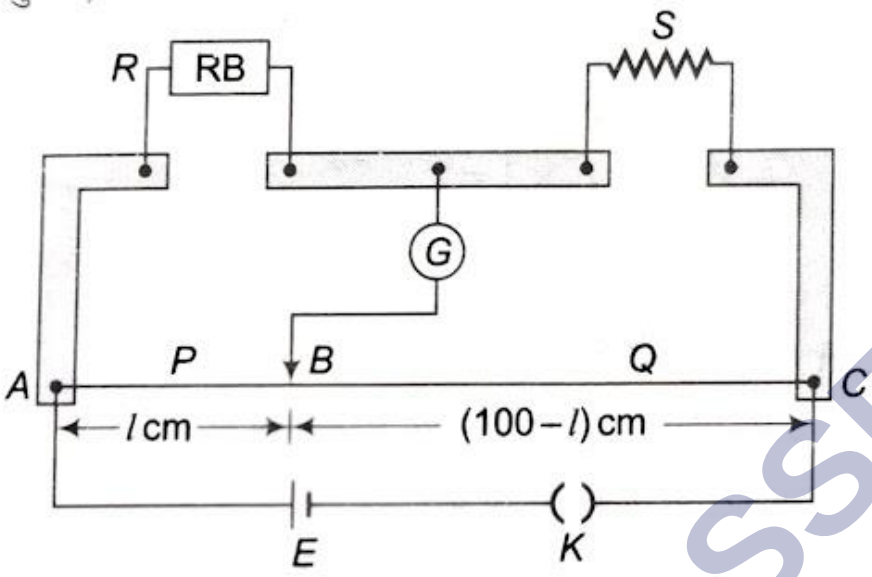
अब प्रतिरोध बॉक्स में से लिए गए ज्ञात प्रतिरोध R तथा अज्ञात प्रतिरोधक को नियत रखकर विसी कुंजी (J) को तार पर आगे पीछे खिसका कर वह स्थिति ज्ञात करते हैं जिस पर धारामापी में शून्य विक्षेप प्राप्त हो जाए।

इस स्थिति में व्हीटस्टोन सेतु संतुलन अवस्था में होता हैं यदि अविक्षेप की स्थिति तार के बिन्दु b पर प्राप्त होती है तो तार का भाग ab प्रतिरोध P की तरह एवं भाग bc प्रतिरोध Q की तरह व्यवहार करते है। संतुलन अवस्था में

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

चित्रानुसार,



यदि गैल्वेनोमीटर में शून्य विक्षेप स्थिति बिन्दु A से l दूरी पर प्राप्त हो तब

$$\frac{P}{Q} = \frac{l}{(100 - l)}$$

सन्तुलन की स्थिति में,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \Rightarrow S = \frac{(100 - l)}{l} R$$

मीटर सेतु (Meter Bridge) की सीमाएँ

- मीटर सेतु के लिए सूत्र की व्युत्पत्ति में ताँबे की पट्टियों के प्रतिरोधों को नगण्य माना गया है। वस्तुतः इनका भी कुछ प्रतिरोध होता है। इससे परिणाम में त्रुटि आ जाती है। इस त्रुटि को दूर करने के लिए प्रतिरोध बॉक्स तथा अज्ञात प्रतिरोध के स्थानों को आपस में बदलकर अज्ञात प्रतिरोध का मान ज्ञात करना चाहिए। इस प्रकार प्राप्त दो पाठयांकों का औसत लेने पर त्रुटि कम हो जाती है।
- मीटर सेतु में अंत्य सिरों (end points) के प्रतिरोधों के कारण इसकी सुग्राहिता प्रभावित होती है। इसलिए अंत्य सिरों के प्रतिरोधों के प्रभाव को लुप्त करने के लिए " कैरी - फॉस्टर सेतु ' का उपयोग किया जाता है।
- तार में अधिक देर तक विद्युत धारा प्रवाहित नहीं करनी चाहिए अन्यथा तार गर्म हो जाएगा, फलस्वरूप तार के प्रतिरोध में परिवर्तन हो जाएगा।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

- कुंजी को तार पर रगड़कर नहीं चलाना चाहिए। ऐसा करने से तार की मोटाई सब स्थानों पर एक समान नहीं रहेगी।

विभवमापी (Potentiometer)

विभुवमापी (Potentiometer) विभवमापी एक ऐसा उपकरण (instruments) है जिसकी सहायता से हम किसी परिपथ का विभवान्तर या विद्युत वाहक बल को शुद्धता से माप कर सकते है। यह परिपथ से कोई धारा न लेकर विभवान्तर को मापता है। परिपथ में बहने वाली धारा वास्तविक मान से कुछ कम होती है जिसके कारण वोल्टमीटर की तुलना में विभवमापी विभवान्तर को अधिक शुद्धता से मापता है

सिद्धान्त तथा कार्यविधि: एक ऐसा उपकरण जिसकी सहायता से किसी विभवान्तर या विद्युत वाहक बल का मापन करते है इसे विभवमापी कहते है, इस युक्ति की सहायता से शुद्धता से विभवान्तर का मापन किया जाता है।

विभवमापी दो बिन्दुओं के बीच विभवान्तर मापने की एक आदर्श युक्ति device) है। इसमें एकसमान अनुप्रस्थ काट का एक लम्बा प्रतिरोधक तार AB होता है। जिसमें एक बैटरी की सहायता से धारा स्थापित होती है।

एक पोटेंशियोमीटर एक विद्युत उपकरण है जिसका उपयोग सर्किट के दो बिंदुओं के बीच वोल्टेज को मापने के लिए किया जाता है।

इसकी सुग्राहिता अत्यधिक होती है। यह केवल विद्युत वाहक बल या विभवान्तर मापता है यह शून्य विक्षेप विधि पर आधारित है।

विभवमापी की संरचना (Construction of Potentiometer)-

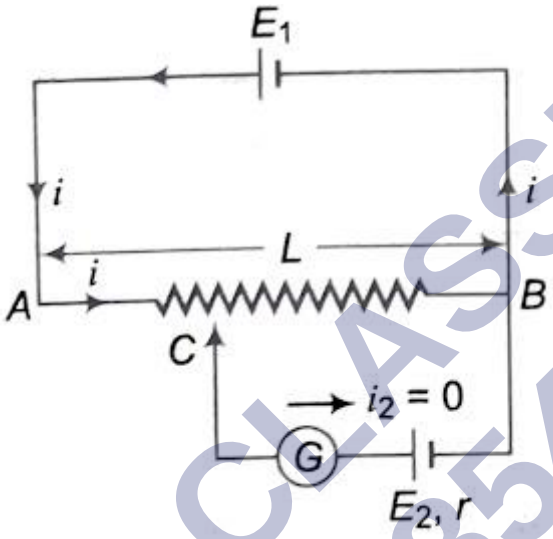
विभवमापी में मुख्यतः उच्च विशिष्ट प्रतिरोध (high specific resistance) व निम्न प्रतिरोध ताप गुणांक (low temperature coefficient) की मिश्र धातु (alloys) (जैसे - कॉन्स्टेन्टन या मैगनिन आदि) का 4 से 12 मीटर लम्बा एक समान व्यास (diameter) का एक तार होता है एक - एक मीटर के फेरों (turns) के रूप में धातु की घिरनियों (pulleys) से होकर गुजरता है। अथवा एक - एक मीटर लम्बे टुकड़े ताँबे की पत्तियों द्वारा सिरों पर जुड़े होते हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रारंभिक एवं अंतिम सिरे A व B संयोजक पेंचों से जोड़ दिये जाते हैं। तारों की लम्बाई के समान्तर एक मीटर पैमाना लगा रहता है। जिसके द्वारा जॉकी की सहायता से पाठ्यांक (reading) लिया जाता है।

संरचना चित्र



विभव प्रवणता, $k = \dfrac{AB \text{ के सिरों पर विभवान्तर}}{\text{कुल प्रतिरोध}}$

$$= \frac{V_{AB}}{R_{AB}}$$

$$= \frac{iR_{AB}}{L} = i\lambda$$

यहाँ $\lambda = \dfrac{R_{AB}}{L}$ = विभवमापी के तार की प्रति एकांक लम्बाई का प्रतिरोध

A तथा C के बीच सन्तुलित स्रोत का वि०वा० बल

$$E_2 = kl = i\frac{R_{CB}}{l} \times l$$

या $$E_2 = i\,R_{CB}$$

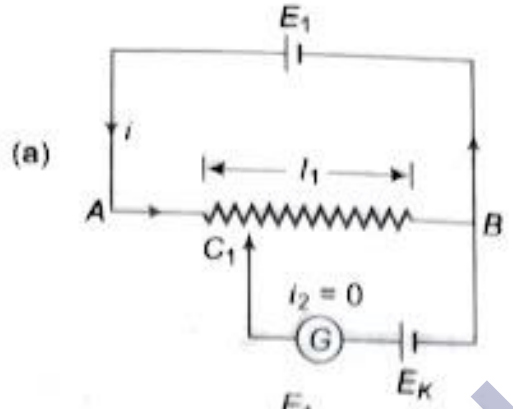
SHIVOM CLASSES 8696608541

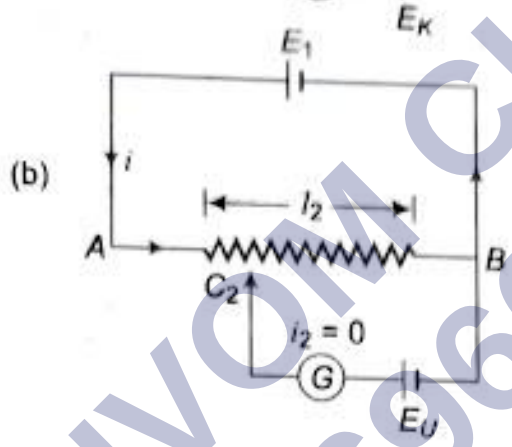
SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

विभवमापी के अनुप्रयोग (Applications of Potentiometer)

(i) अज्ञात बैटरी का विद्युत वाहक बल ज्ञात करना (To find emf of an unknown battery)

निम्न परिपथों (a) तथा (b) में E2, के स्थान पर क्रमश : ज्ञात स्रोत Ek तथा अज्ञात स्रोत Eu लगाए गए हैं।





तब $E_K = i\,(\rho l_1)$

तथा $E_U = i\,(\rho l_2)$

यहाँ ρ = तार AB के प्रति एकांक लम्बाई का प्रतिरोध

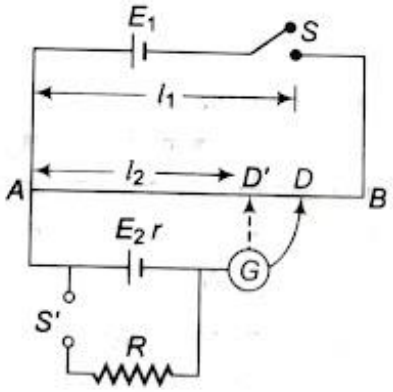
$$\therefore \quad \frac{E_K}{E_U} = \frac{i\,(\rho l_1)}{i\,(\rho l_2)} \text{ या } E_U = \left(\frac{l_2}{l_1}\right) E_K$$

(ii) अज्ञात बैटरी का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात करना (To find internal resistance of unknown battery)

पहले सेल E को लम्बाई AD = l1, पर सन्तुलित करते है। इसके लिए, स्विच S' को खोल देते है तथा S को बन्द कर देते हैं। एक ज्ञात प्रतिरोध R सेल से चित्रानुसार जोड़ते हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



टर्मिनल वोल्टेज V को छोटी लम्बाई $AD' = l_2$ पर सन्तुलित करते है। अब स्विच S खोल देते हैं तथा S' बन्द कर देते हैं। तब

$$\frac{E}{V} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$\because \quad \frac{E}{V} = \frac{R + r}{R}$$

$$\therefore \quad \frac{R + r}{R} = \frac{l_1}{l_2} \quad [\because E = i\,(R + r) \text{ तथा } V = iR]$$

या $$r = \left(\frac{l_1}{l_2} - 1\right) R$$

विभवमापी की सुग्राहिता (Sensitivity of Potentiometer)

किसी विभवमापी को अत्यधिक सुग्राही कहा जाता है यदि यह अत्यन्त सूक्ष्म विभवान्तर को भी अधिक शुद्धता से मापता है।

एक विभवमापी को अत्यधिक संवेदनशील कहा जाता है यदि यह अधिक सूक्ष्मता के साथ सबसे सूक्ष्म वोल्टेज को मापता है।

(i) विभवमापी की सुग्राहिता इसकी विभव प्रवणता द्वारा निर्धारित होती है। सुग्राहिता विभव प्रवणता के व्युत्क्रमानुपाती होती है।

(ii) विभवमापी की सुग्राहिता बढ़ाने के लिए

(a) प्राथमिक परिपथ का प्रतिरोध घटाना होगा।

(b) विभवमापी तार की लम्बाई बढ़ानी होगी ताकि अधिक लम्बाई से अधिक शुद्धता आ सके।

वोल्टमीटर व विभवमापी में अंतर

वोल्टमीटर इसका प्रतिरोध उच्च किन्तु निश्चित होता विद्युत वाहक बल स्रोत से कुछ धारा इसमें से होकर बहती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

इसके द्वारा मापा गया विभवान्तर वास्तविक विभवान्तर से कम होता है। इसकी सुग्राहिता कम होती है। यह एक बहुउपयोगी यत्र है। यह विक्षेप विधि पर आधारित है।

विभवमापी इसका प्रतिरोध उच्च तथा अनन्त होता है। विद्युत वाहक बल स्रोत से कोई धारा इसमें से होकर नहीं बहती। इसके द्वारा गया विभवान्तर वास्तविक विभवान्तर के बराबर होता है।

इसकी सुग्राहिता अत्यधिक होती है। यह केवल विद्युत वाहक बल या विभवान्तर मापता है यह शून्य विक्षेप विधि पर आधारित है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

NCERT SOLUTIONS

अभ्यास (पृष्ठ संख्या 127-128)

प्रश्न 1 किसी कार की संचायक बैटरी का विद्युत वाहक बल 12V है। यदि बैटरी को आन्तरिक प्रतिरोध 0.4Ω हो तो बैटरी से ली जाने वाली अधिकतम धारा का मान क्या है?

उत्तर- E वैद्युत वाहक बल वाली बैटरी से ली जाने वाली धारा,

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

जिसमें R बाह्य प्रतिरोध तथा r आन्तरिक प्रतिरोध है।

अधिकतम धारा के लिए बाह्य प्रतिरोध,

R = 0

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

$$= \frac{12}{0.4}$$

= 30 A

प्रश्न 2 10V विद्युत वाहक बल वाली बैटरी जिसका आन्तरिक प्रतिरोध 3Ω है, किसी प्रतिरोधक से संयोजित है। यदि परिपथ में धारा का मान 0.5A हो तो प्रतिरोधक का प्रतिरोध क्या है? जब परिपथ बन्द है तो सेल की टर्मिनल वोल्टता क्या होगी?

उत्तर- बैटरी का वैद्युत वाहक बल E = 10 वोल्ट

बैटरी का आन्तरिक प्रतिरोध = 3 ओम

परिपथ में धारा I = 0.5 ऐम्पियर

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रतिरोधक का प्रतिरोध R = ?

बन्द परिपथ में बैटरी की टर्मिनल वोल्टता V = ?

सूत्र $I = \frac{E}{R+r}$ से

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

$= \left(\frac{10}{0.5}\right) - 3$

$= 20 - 3 = 17$ ओम

बैटरी की टर्मिनल वोल्टता $V = E - Ir$

$= 10 - 0.5 \times 3$

$= 10 - 1.5$

$= 8.5$ वोल्ट

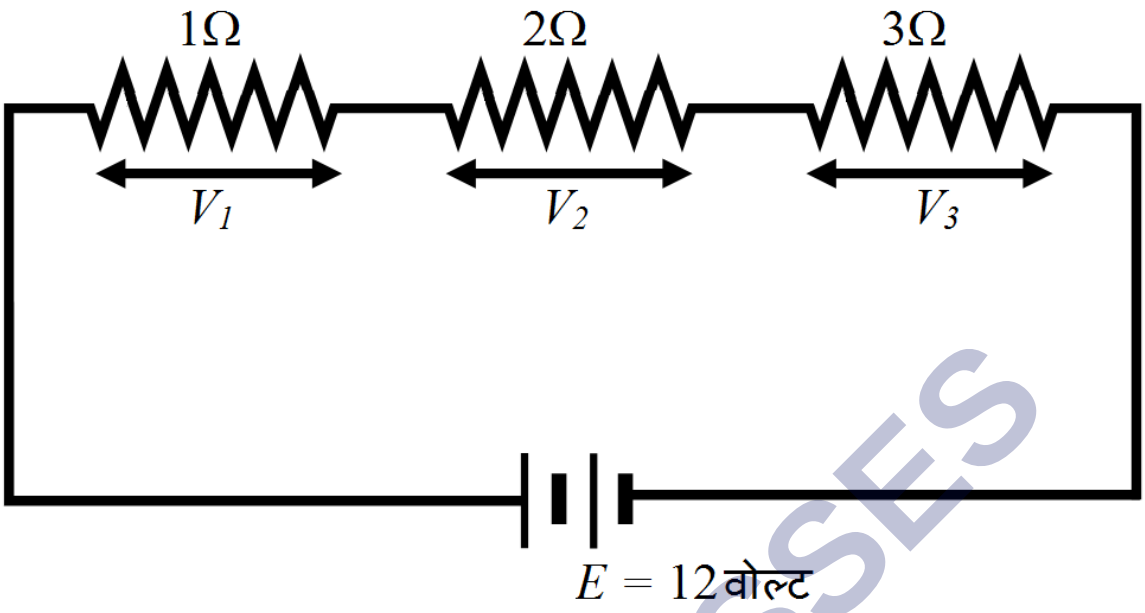
प्रश्न 3 1Ω, 2Ω और 3Ω के तीन प्रतिरोधक श्रेणी में संयोजित हैं। प्रतिरोधकों के संयोजन का कुल प्रतिरोध क्या है?

यदि प्रतिरोधकों का संयोजन किसी 12V की बैटरी जिसका आन्तरिक प्रतिरोध नगण्य है से सम्बद्ध है तो प्रत्येक प्रतिरोधक के सिरों पर वोल्टता पात ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



दिया है,

$R_1 = 1\Omega$

$R_2 = 2\Omega$

$R_3 = 3\Omega$

a. यदि श्रेणी संयोजन में तुल्य प्रतिरोध R हो, तो

$R = R_1 + R_2 + R_3$

$= 1 + 2 + 3$

= 6 ओम

b. दिया है, बैटरी का वै० वा० बल E = 12 वोल्ट

बैटरी का आन्तरिक प्रतिरोध r = 0

तथा बाह्य प्रतिरोध R = 6 ओम

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

यदि संयोजन द्वारा परिपथ में प्रवाहित धारा i हो, तो

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

$$= \frac{12}{6+10} = 2$$

अतः विभव पतन

R_1 पर

$V_1 = iR_1$

$= 2 \times 1$

= 2 वोल्ट

R_2 पर

$V_2 = iR_2$

$= 2 \times 2$

= 4 वोल्ट

R_3 पर

$V_3 = iR_3$

$= 2 \times 3$

= 6 वोल्ट

प्रश्न 4

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

a. 2Ω, 4Ω और 5Ω के तीन प्रतिरोधक पार्श्व में संयोजित हैं। संयोजन का कुल प्रतिरोध क्या होगा?

b. यदि संयोजन को 20V के विद्युत वाहक बल की बैटरी जिसका आन्तरिक प्रतिरोध नगण्य है, से सम्बद्ध किया जाता है तो प्रत्येक प्रतिरोधक से प्रवाहित होने वाली धारा तथा बैटरी से ली गई कुल धारा का मान ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

a. समान्तरक्रम में तुल्य प्रतिरोध R_p के लिए

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{20}{19}\Omega$$

b. समान्तरक्रम में प्रत्येक प्रतिरोध के सिरों के बीच विभवपात समन रहता है

∴ प्रतिरोध R_1 में धारा, $I_1 = \frac{V}{R_1}$

$$I_1 = \frac{20}{2}$$

$$I_1 = 10A$$

प्रतिरोध R_1 में धारा, $I_2 = \frac{V}{R_2}$

$$I_2 = \frac{20}{4}$$

$$I_2 = 5A$$

प्रतिरोध R_1 में धारा, $I_3 = \frac{V}{R_3}$

$$I_3 = \frac{20}{5}$$

$$I_3 = 4A$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

बैटरी से ली गई कुल धारा

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = 10 + 5 + 4$$

$$I = 19A$$

प्रश्न 5 कमरे के ताप (27.0°C) पर किसी तापन-अवयव का प्रतिरोध 100Ω है। यदि तापन-अवयव का प्रतिरोध 117Ω हो तो अवयव का ताप क्या होगा? प्रतिरोधक के पदार्थ का ताप-गुणांक 1.70 × $10^{-4}°C^{-1}$ है।

उत्तर- प्रश्नानुसार

$$R_{27} = 100\Omega$$

$$R_T = 117\Omega$$

$$T = \ ?$$

$$a = 1.70 \times 10^{-4}\ (°C)^{-1}$$

ताप गुणांक, $a = \frac{R_T - R_{27}}{R_{27}(T-27)}$, ताप T अज्ञात है।

$$\Rightarrow T - 27 = \frac{R_T - R_{27}}{R_{27} \times a}$$

$$= \frac{117-100}{100 \times 1.70 \times 10^{-4}}$$

$$= 1000$$

$$\therefore\ T = 1000 + 27$$

$$T = 1027°C$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 6 15 मीटर लम्बे एवं 6.0 × $10^{-7}m^2$ अनुप्रस्थ काट वाले तार से उपेक्षणीय धारा प्रवाहित की गई है और इसका प्रतिरोध 5.0Ω मापा गया है। प्रायोगिक ताप पर तार के पदार्थ की प्रतिरोधकता क्या होगी?

उत्तर- दिया है, तार की लम्बाई l = 15 मीटर

तार की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A = 6.0 × 10^{-7} मीटर

तथा तार का प्रतिरोध R = 5.0 ओम

तार के पदार्थ की प्रतिरोधकता ρ = ?

सूत्र $R = \rho \frac{l}{A}$ से

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

$$\rho = \frac{5.0 \times 6.0 \times 10^{-7}}{15}$$

$$\rho = 2 \times 10^{-7} \text{ ओम-मीटर}$$

प्रश्न 7 सिल्वर के किसी तार का 27.5°C प प्रतिरोध 2.1Ω और 100°C पर प्रतिरोध 2.7Ω है। सिल्वर का प्रतिरोधकता ताप-गुणांक ज्ञात कीजिए।

उत्तर- प्रश्नानुसार,

R_1 = 2.1Ω

t_1 = 27.5°C

R_2 = 2.7Ω

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

t_2 = 100°C

a = ?

सिल्वर की प्रतिरोधकता का ताप-गुणांक

$$a = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

$$= \frac{2.7 - 2.1}{2.1(100 - 27.5)}$$

$$= \frac{0.6}{2.1 \times 72.5}$$

$$= 0.0039(°C)^{-1}$$

प्रश्न 8 नाइक्रोम का एक तापन-अवयव 230V की सप्लाई से संयोजित है और 3.2A की प्रारम्भिक धारा लेता है जो कुछ सेकेण्ड में 2.8A पर स्थायी हो जाती है। यदि कमरे का ताप 27.0°C है तो तापन-अवयव का स्थायी ताप क्या होगा? दिए गए ताप-परिसर में नाइक्रोम का औसत प्रतिरोध का ताप-गुणांक 1.70 × 10 ^{4}°C^{-1} है।

उत्तर- कमरे के ताप t_1 = 27°C पर तापन-अवयव का प्रतिरोध

$$R_1 = \frac{\text{सप्लाई वोल्टता}}{\text{प्रारम्भिक धारा}} = \frac{230 \text{ वोल्ट}}{3.2 \text{ एम्पियर}} = 71.875 \text{ ओम}$$

तापन-अवयव के स्थायी ताप t2°C = ? पर तापन-अवयव का प्रतिरोध

$$R_2 = \frac{\text{सप्लाई वोल्टता}}{\text{स्थायी धारा}} = \frac{230 \text{ वोल्ट}}{2.8 \text{ एम्पियर}} = 82.143 \text{ ओम}$$

तापन परास (t1 से t2) के अंतर्गत प्रतिरोध ताप गुणांक के सूत्र $a = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$

SHIVOM CLASSES 8696608541

$$t_2 - t_2 = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1 a}\right)$$

$$= \left[\frac{82.143 - 71.875}{71.875 \times \left(1.7 \times 10^{-4}\right)}\right]$$

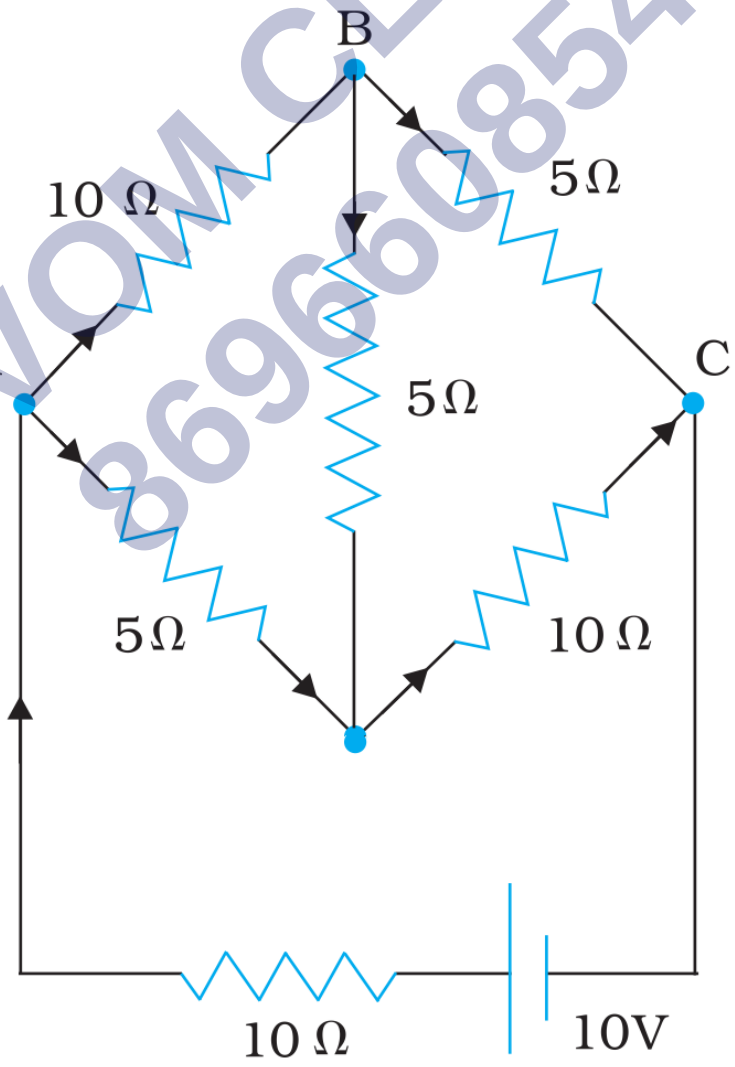
$$= 840.35^\circ C$$

$$\therefore\ t_2 = (840.35 + t_1)^\circ C$$

$$t_2 = (840.35 + 27)^\circ C$$

$$t_2 = 867.35^\circ C$$

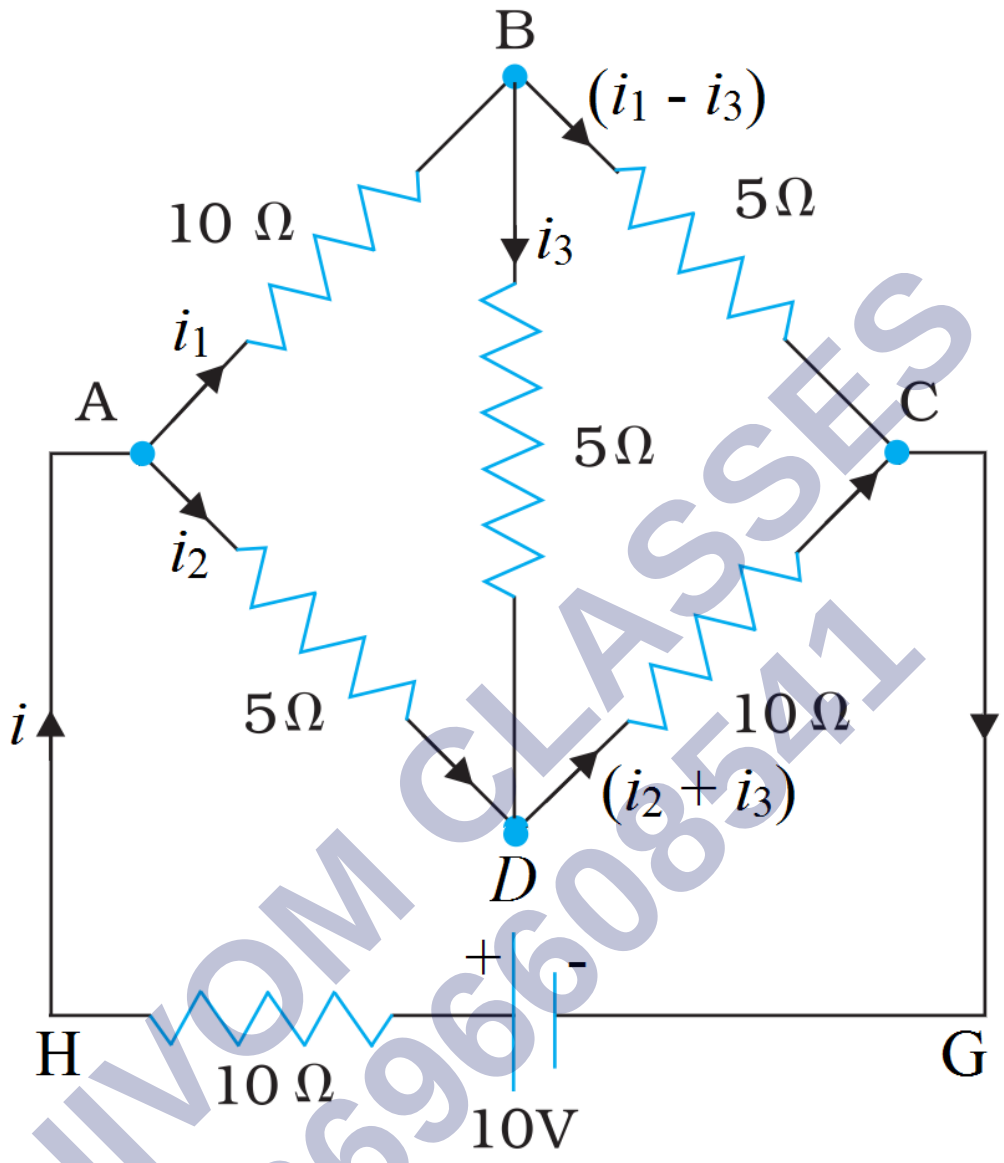
प्रश्न 9 चित्र में दर्शाए नेटवर्क की प्रत्येक शाखा में प्रवाहित धारा ज्ञात कीजिए।



SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर-



SHIVOM CLASSES 8696608541

पॉश ABCD पर किरचॉफ का नियम लगाने पर,

$10i_1 + 5i_3 - 5i_2 = 0$

या $2i_1 - i_2 + i_3 = 0$ .....(1)

तथा पॉश BCDB से,

$5(i_1 - i_3) - 10(i_2 + i_3) - 5i_3 = 0$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

या $5i_1 - 10i_2 - 20i_3 = 0$

या $i_1 - 2i_2 - 4i_3 = 0$ .....(2)

पॉश ABCGHA से,

$10i_1 + 5(i_1 - i_3) + 10i = 10$

या $10i + 15i_1 - 5i_3 = 10$

या 2i + 3i1 - i3 = 2 .....(3)

तथा बिंदु पर सन्धि के नियम से,

$i_1 + i_2 = i$ ....(4)

समी. (4) से i का मान समी. (3) में रखने पर,

$5i_1 + 2i_2 - i_3 = 2$ .....(5)

समी. (5) व (1) को जोड़ने पर,

$7i_1 + i_2 = 2$ .....(6)

समी. (1) को 4 से गुणा करके समी. (2) में जोड़ने पर,

$9i_1 - 6i_2 = 0$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\Rightarrow i_2 = \frac{3}{2} i_1 \quad \text{.....(7)}$$

समी. (6) में मान रखने पर,

$$7i_1 + \frac{3}{2} i_1 = 2$$

$$\Rightarrow i_1 = \frac{2\times2}{17} = \frac{4}{17} A$$

समी. (7) से,

$$i_2 = \frac{3}{2} \times \frac{4}{17}$$

$$i_2 = \frac{6}{17} A$$

समी. (1) से,

$i_3 = i_2 - 2i_1$

$$= \frac{6}{17} - 2 \times \frac{4}{17}$$

$$= -\frac{2}{17} A$$

तथा $i_1 - i_3 = \frac{4}{17} - \left(-\frac{2}{17}\right)$

$$= \frac{6}{17} A$$

तथा $i_2 + i_3 = \frac{6}{17} - \frac{2}{17}$

$$= \frac{4}{17} A$$

तथा $i = i_1 + i_2 = \frac{4}{17} + \frac{6}{17}$

$$= \frac{10}{17} A$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$\therefore$ शाखा AB में धारा $= \frac{4}{17}\,\mathrm{A}$

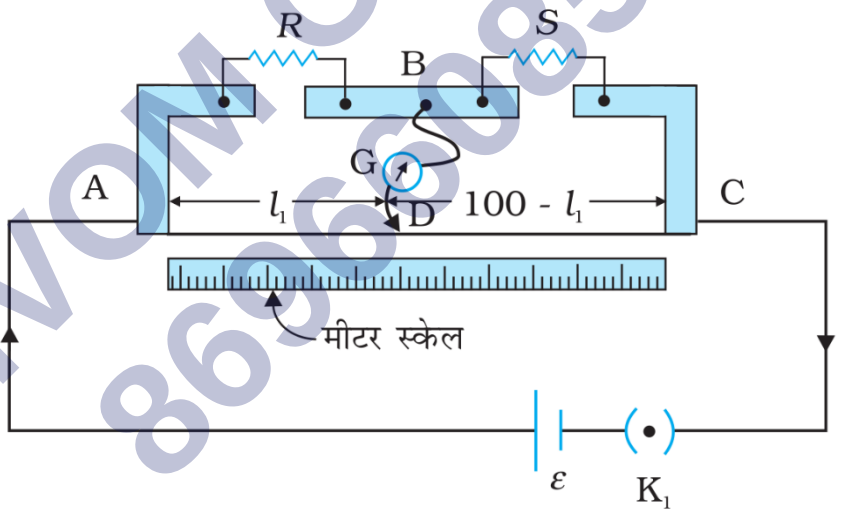
शाखा CD में धारा $= -\frac{4}{17}\,\mathrm{A}$

शाखा AD में धारा = शाखा BC में धारा $= \frac{6}{17}\,\mathrm{A}$

शाखा BD में धारा $= -\frac{2}{17}\,\mathrm{A}$

प्रश्न 10

a. किसी मीटर-सेतु में जब प्रतिरोधक S = 12.5Ω हो तो सन्तुलन बिन्दु, सिरे A से 39.5cm की लम्बाई पर प्राप्त होता है। R का प्रतिरोध ज्ञात कीजिए। व्हीटस्टोन सेतु या मीटर सेतु में प्रतिरोधकों के संयोजन के लिए मोटी कॉपर की पत्तियाँ क्यों प्रयोग में लाते हैं ?



b. R तथा S को अन्तर्बदल करने पर उपर्युक्त सेतु का सन्तुलन बिन्दु ज्ञात कीजिए।

c. यदि सेतु के सन्तुलन की अवस्था में गैल्वेनोमीटर और सेल का अन्तर्बदल कर दिया जाए तब क्या गैल्वेनोमीटर कोई धारा दर्शाएगा?

उत्तर- दिया है

a. l_1 = 39.5 सेमी,

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

R = ?

S = 12.5 ओम

सूत्र $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ से $\frac{l_1}{100-l_1} = \frac{R}{S}$

अथवा

$$R = \left(\frac{l_1}{100 - l_1}\right) S$$

$$= \frac{39.5 \times 12.5}{(100 - 39.5)}$$

$$= \frac{39.5 \times 12.5}{60.5}$$

$$\therefore\ R = 8.16$$

b. ताँबे की मोती पत्तियों का प्रतिरोध नगण्य होता है, अतः इनका उपयोग संयोजित्र के रूप में किया जाता है। जिससे की परिणाम में शुद्धता बढ़ जाती है।

जब R व S को परस्पर बदल दिया जाता है, तब

S = 12.5 ओम,

R = 8.16 ओम

l = ?

अतः $\frac{S}{R} = \frac{l}{100-l}$

अथवा $\frac{l}{100-l} = \frac{12.5}{8.16}$

अथवा 8.16 × l = 12.5 × 100

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

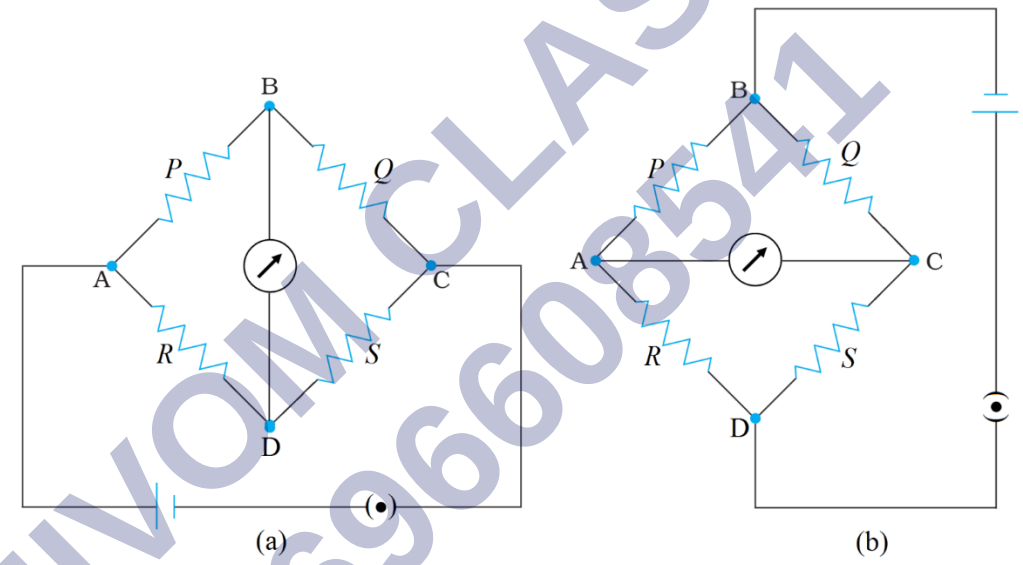
= 12.5 × l

अथवा (8.16 + 12.5) l = 12.5 × 100

$$l = \frac{12.5 \times 100}{20.66}$$

= 60 सेमी

सेतु के सन्तुलन की स्थिति में धारामापी तथा सेल की स्थितियाँ परस्पर बदली जा सकती है, और धारामापी में होकर धारा प्रवाहित नहीं होती।



चित्र (a) में सन्तुलन की स्थिति में

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

चित्र (b) में सन्तुलन की स्थिति में

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

अथवा

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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

प्रश्न 11 8V विद्युत वाहक बल की एक संचायक बैटरी जिसका आन्तरिक प्रतिरोध 0.5Ω है, को श्रेणीक्रम में 15.5Ω के प्रतिरोधक का उपयोग करके 120V के D.C. स्रोत द्वारा चार्ज किया जाता है। चार्ज होते समय बैटरी की टर्मिनल वोल्टता क्या है? चार्जकारी परिपथ में प्रतिरोधक को श्रेणीक्रम में सम्बद्ध करने का क्या उद्देश्य है?

उत्तर- जब बैटरी को 120V की D.C. सप्लाई से आवेशित किया जाता है, तो बैटरी में सामान्य अवस्था की अपेक्षा धारा विपरीत दिशा में होगी। अतः बैटरी की टर्मिनल वोल्टता,

V = E + Ir

यहाँ विद्युत वाहक बल, E = 8V

आन्तरिक प्रतिरोध r = 0.5Ω

परिपथ में धारा,

$$I = \frac{120 - 8}{15.5 + 0.5}$$

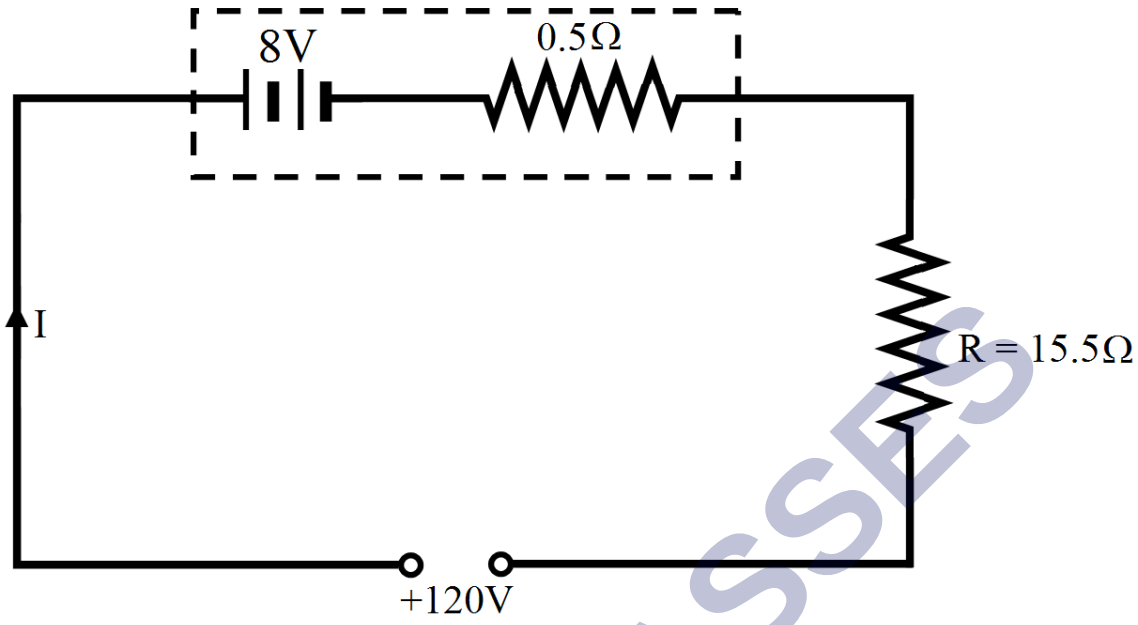
$$= \frac{112}{16} = 7A$$

V = 8 + 7 × 0.5

V = 11.5V

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



श्रेणी-प्रतिरोध बाह्य D.C. सप्लाई से ली गई धारा को सीमित करता है। बाह्य प्रतिरोध की अनुपस्थिति में संचायक बैटरी द्वारा अनुमेय सुरक्षित धारा के मान से अधिक धारा प्रवाहित हो सकती है।

प्रश्न 12 किसी पोटेशियोमीटर व्यवस्था में, 1.25V विद्युत वाहक बल से एक सेल का सन्तुलन बिन्दु तार के 35.0 सेमी लम्बाई पर प्राप्त होता है। यदि इस सेल को किसी अन्य सेल द्वारा प्रतिस्थापित कर दिया जाए तो सन्तुलन बिन्दु 63.0 सेमी पर स्थानान्तरित हो जाता है। दूसरे सेल का विद्युत वाहक बल क्या है?

उत्तर- दिया है सेल E_1 = 1.25V के लिए अविक्षेप बिंदु की दुरी l_1 = 35.0 सेमी

E_2 = ?

जबकि l_2 = 63.0 सेमी

विभवमापी के लिए = $E \propto l$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$\Rightarrow E_2 = \frac{l_2}{l_1} \times E_1$$

$$= \frac{63.0}{35.0} \times 1.25V$$

2.25V

अतः दूसरे सेल का वि. वा. बल E_2 = 2.25V

प्रश्न 13 किसी ताँबे के चालक में मुक्त इलेक्ट्रॉनों का संख्या घनत्व 8.5 × $10^{28}m^3$ आकलित किया गया है। 3m लम्बे तार के एक सिरे से दूसरे सिरे तक अपवाह करने में इलेक्ट्रॉन कितना समय लेता है? तार की अनुप्रस्थ-काट 2.0 × $10^{-6}m^2$ है और इसमें 3.0A धारा प्रवाहित हो रही है।

उत्तर- दिया है, इलेक्ट्रॉन का संख्या घनत्व n = 8.5 × $10^{28}m^3$

तार की लम्बाई l = 3m

तार के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A = 20 × 10-6m^2

तार में धारा i = 3.0A

इलेक्ट्रॉन का आवेश e = 1.6 × $10^{-19}C$

माना तार के एक सिरे से दूसरे सिरे तक प्रवाहित होने में इलेक्ट्रॉन द्वारा लिया गया समय t है,

तब सूत्र, i = neAv_d से,

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$v_d = \frac{i}{neA}$$

$$= \frac{3}{8.5\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}\times2.0\times10^{-6}} ms^{-1}$$

$$= 1.103 \times 10^{-4} ms^{-1}$$

$$t = \frac{l}{v_d}$$

$$= \frac{3}{1.103\times10^{-4}}$$

= 2.72 × 10^4 सेकण्ड

= 7 घंटे 33 मिनट

अतिरिक्त अभ्यास (128-131)

प्रश्न 14 पृथ्वी के पृष्ठ पर ऋणात्मक पृष्ठ-आवेश घनत्व 10^{-9} C cm^{-2} है। वायुमण्डल के ऊपरी भाग और पृथ्वी के पृष्ठ के बीच 400 kV विभवान्तर (नीचे के वायुमण्डल की कम चालकता के कारण) के परिणामतः समूची पृथ्वी पर केवल 1800 A की धारा है। यदि वायुमण्डलीय विद्युत क्षेत्र बनाए रखने हेतु कोई प्रक्रिया न हो तो पृथ्वी के पृष्ठ को उदासीन करने हेतु (लगभग) कितना समय लगेगा? (व्यावहारिक रूप में यह कभी नहीं होता है। क्योंकि विद्युत आवेशों की पुनः पूर्ति की एक प्रक्रिया है यथा पृथ्वी के विभिन्न भागों में लगातार तड़ित झंझा एवं तड़ित का होना)। (पृथ्वी की त्रिज्या = 6.37 x 10^6 m)

उत्तर- पृथ्वी की त्रिज्या, R_E = 6.37 × 10^6 मी.

पृष्ठीय-आवेश घनत्व σ = 10^{-9}C/सेमी.2 = 10^{-5}C/मी.^{2}

वायुमण्डल से पृथ्वी पर धारा i = 1800A

पृथ्वी के निरावेशन में लगा समय t = ?

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

पृथ्वी की सतह पर कुल आवेश q = पृष्ठीय क्षेत्रफल

$= 4\pi R_E^2 \times$

$\therefore$ निरवेशन में लगा समय $t = \frac{q}{i} = \frac{4\pi R_E^2 \sigma}{i}$

$= \frac{4 \times 3.14 \times (6.37 \times 10^6)^2 \times 10^{-5}}{1800}$

= 283s

प्रश्न 15 छह लेड एसिड संचायक सेलों, जिनमें प्रत्येक का विद्युत वाहक बल 2Vतथा आन्तरिक प्रतिरोध 0.015Ω है, के संयोजन से एक बैटरी बनाई जाती है। इस बैटरी का उपयोग 8.5Ω प्रतिरोधक जो इसके साथ श्रेणी सम्बद्ध है, में धारा की आपूर्ति के लिए किया जाता है। बैटरी से कितनी धारा ली गई है एवं इसकी टर्मिनल वोल्टता क्या है?

एक लम्बे समय तक उपयोग में लाए गए संचायक सेल का विद्युत वाहक बल 1.9V और विशाल आन्तरिक प्रतिरोध 380Ω है। सेल से कितनी अधिकतम धारा ली जा सकती है? क्या सेल से प्राप्त यह धारा किसी कार की प्रवर्तक-मोटर को स्टार्ट करने में सक्षम होगी?

उत्तर-

a. दिया है

E = 2.0V

n = 6

r = 0.015Ω

R = 8.5Ω

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

जब सेल श्रेणीक्रम में है, तो

धारा, $I = \frac{nE}{R+nr}$

$= \frac{6\times2.0}{8.5+6\times0.015}$

टर्मिनल वोल्टता, V = IR

$= 1.4 \times 8.5 = 11.9V$

b. सेल से ली गई धारा, $I = \frac{E}{R+r}$

अधिकतम धारा, $R = 0$

अधिकतम धारा, $I_{Max} = \frac{E}{r}$

$= \frac{1.9}{380} A$

$= 0.005A$

कार की प्रवर्तक मोटर को चलाने के लिए बहुत अधिक धारा लगभग 100 A की आवश्यकता होती है, अतः सेल कार की प्रवर्तक मोटर को चलाने में सक्षम नहीं है।

प्रश्न 16 दो समान लम्बाई की तारों में एक ऐलुमिनियम का और दूसरा कॉपर को बना है। इनके प्रतिरोध समान हैं। दोनों तारों में से कौन-सा हल्का है? अतः समझाइए कि ऊपर से जाने वाली बिजली केबिलों में ऐलुमिनियम के तारों को क्यों पसन्द किया जाता है? ($\rho al = 2.63 \times 10^8 \Omega$ मी. $\rho cu = 1.72 \times 10^8 \Omega$ मी. Al का आपेक्षिक घनत्व = 2.7, कॉपर का आपेक्षिक घनत्व = 8.9)

उत्तर- दिया है

($\rho al = 2.63 \times 10^8 \Omega$ मी. $\rho cu = 1.72 \times 10^8 \Omega$ मी.

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

माना इन तारो के अनुप्रस्थ परिच्छेद क्रमशः A_{Al} तथा A_{Cu} है।

∴ तारो के प्रतिरोध समान है; अतः

$$\rho_{Al}\frac{l}{A_{Al}} = \rho_{Cu}\frac{l}{A_{Cu}}$$

$$\Rightarrow \frac{A_{Al}}{A_{Cu}} = \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}}$$

माना Al व Cu के घनत्व क्रमशः dAl व dCu है, तब

द्रव्यमानो का अनुपात $\frac{m_{Al}}{m_{Cu}} = \frac{A_{Al}\times l\times d_{Al}}{A_{Cu}\times l\times d_{Cu}}$

$$= \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}}\times\frac{d_{Al}}{d_{Cu}}$$

$$\frac{m_{Al}}{m_{Cu}} = \frac{2.63\times10^{-8}}{1.72\times10^{-8}}\times\frac{27}{8.9}$$

= 0.46 ≈ 12

स्पष्ट है कि ऐलुमिनियम के तार का द्रव्यमान, कॉपर के तार के द्रव्यमान का आधा है अर्थात् ऐलुमिनियम का तार हल्का है। यही कारण है कि ऊपर से जाने वाले बिजली के केबिलों में ऐलुमिनियम के तारों का प्रयोग किया जाता है। यदि कॉपर के तारों का प्रयोग किया जाए तो खम्भे और अधिक मजबूत बनाने होंगे।

प्रश्न 17 मिश्रधातु मैंगनिन के बने प्रतिरोधक पर लिए गए निम्नलिखित प्रेक्षणों से आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?

धारा A	वोल्टता V	धारा A	वोल्टता V
0.2	3.94	3.0	59.2
0.4	7.87	4.0	78.8

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

0.6	11.8	5.0	98.6
0.8	15.7	6.0	118.5
1.0	19.7	7.0	138.2
2.0	39.4	8.0	158.0

उत्तर- दी गई सारणी के प्रत्येक प्रेक्षण से स्पष्ट है कि

$\frac{V}{i} = 19.7$

इससे स्पष्ट है कि मैंगनिन का प्रतिरोधक लगभग पूरे वोल्टेज परिसर में ओम के नियम का पालन करता है, अर्थात् मैंगनिन की प्रतिरोधकता पर ताप का बहुत कम प्रभाव पड़ता है।

प्रश्न 18 निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए-

a. किसी असमान अनुप्रस्थ काट वाले धात्विक चालक से एकसमान धारा प्रवाहित होती है। निम्नलिखित में से चालक में कौन-सी अचर रहती है - धारा, धारा घनत्व, विद्युत क्षेत्र, अपवाह चाल।
b. क्या सभी परिपथीय अवयवों के लिए ओम का नियम सार्वत्रिक रूप से लागू होता है? यदि नहीं, तो उन अवयवों के उदाहरण दीजिए जो ओम के नियम का पालन नहीं करते।
c. किसी निम्न वोल्टता संभरण जिससे उच्च धारा देनी होती है, का आन्तरिक प्रतिरोध बहुत कम होना चाहिए, क्यों?
d. किसी उच्च विभव (H.T.) संभरण, मान लीजिए 6 kV को आन्तरिक प्रतिरोध अत्यधिक होना चाहिए, क्यों?

उत्तर-

a. केवल धारा अचर रहती है, जैसा कि दिया गया है। अन्य राशियाँ अनुप्रस्थ क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. नहीं, ओम का नियम सभी परिपथीय अवयवों पर लागू नहीं होता। निर्वात् नलिकाएँ, (डायोड वाल्व, ट्रायोड वाल्व) अर्द्धचालक युक्तियाँ (सन्धि डायोड तथा ट्रांजिस्टर) इसी प्रकार की युक्तियाँ हैं।

c. किसी संभरण से प्राप्त महत्तम धारा

$$i_{max} = \frac{E}{r}$$

वि० वा० बल कम है; अतः पर्याप्त धारा प्राप्त करने के लिए आन्तरिक प्रतिरोध का कम होना आवश्यक है। इसके अतिरिक्त आन्तरिक प्रतिरोध के अधिक होने से सेल द्वारा दी गई ऊर्जा का अधिकांश भाग सेल के भीतर ही व्यय हो जाता है।

d. यदि आन्तरिक प्रतिरोध बहुत कम है तो किसी कारणवश लघुपथित होने की दशा में संभरण से अति उच्च धारा प्रवाहित होगी और संभरण के क्षतिग्रस्त होने की संभावना उत्पन्न हो जाएगी।

प्रश्न 19 सही विकल्प छाँटिए-

a. धातुओं की मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता प्रायः उनकी अवयव धातुओं की अपेक्षा (अधिक/ कम) होती है?

b. आमतौर पर मिश्रधातुओं के प्रतिरोध का ताप-गुणांक, शुद्ध धातुओं के प्रतिरोध के ताप-गुणांक से बहुत (कम/अधिक) होता है।

c. मिश्रधातु मैंगनिन की प्रतिरोधकता ताप में वृद्धि के साथ लगभग (स्वतन्त्र है/तेजी से बढ़ती है)।

d. किसी प्रारूपी विद्युतरोधी (उदाहरणार्थ, अम्बर) की प्रतिरोधकता किसी धातु की प्रतिरोधकता की तुलना में (1022/ 1023) कोटि के गुणक से बड़ी होती है?

उत्तर-

a. अधिक।

b. कम।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

c. स्वतन्त्र है।

d. 10^{22}

प्रश्न 20

a. आपको R प्रतिरोध वाले n प्रतिरोधक दिए गए हैं। (i) अधिकतम, (ii) न्यूनतम प्रभावी प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए आप इन्हें किस प्रकार संयोजित करेंगे? अधिकतम और न्यूनतम प्रतिरोधों का अनुपात क्या होगा?

b. यदि 1Ω, 2Ω, 3Ω के तीन प्रतिरोध दिए गए हों तो उनको आप किस प्रकार संयोजित करेंगे कि प्राप्त तुल्य प्रतिरोध हों:-

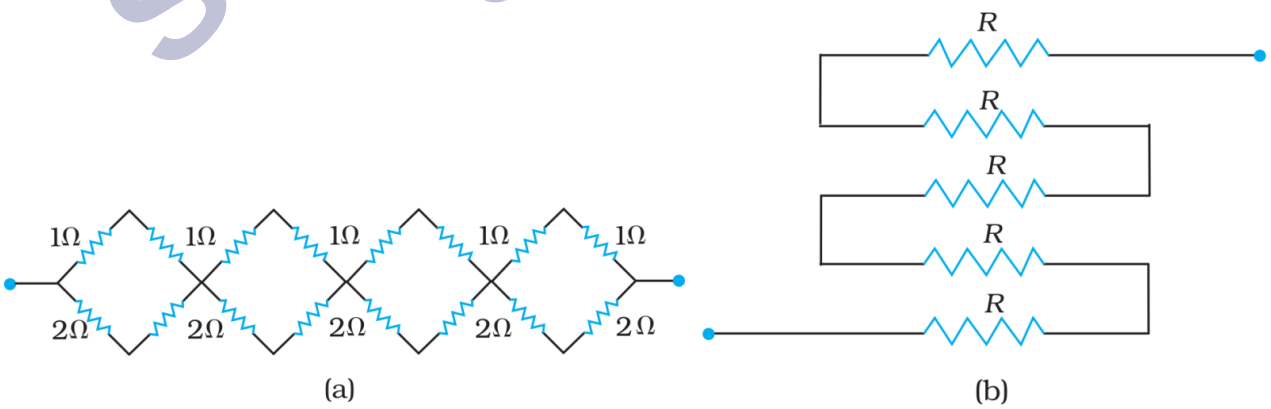
i. $\frac{11}{3}\Omega$

ii. $\frac{11}{5}\Omega$

iii. 6Ω

iv. $\frac{6}{11}\Omega$

c. चित्र में दिखाए गए नेटवर्को का तुल्य प्रतिरोध प्राप्त कीजिए।



(a) (b)

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर-

a.

i. अधिकतम प्रतिरोधी के लिए उन्हें श्रेणीक्रम में जोड़ना होगा।

श्रेणीक्रम में तुल्य प्रतिरोध Rs = R + R + R + ... n पद = nR

ii. न्यूनतम प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए इन्हे पार्श्व क्रम में जोड़ना होगा।

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \cdots \ldots n$$

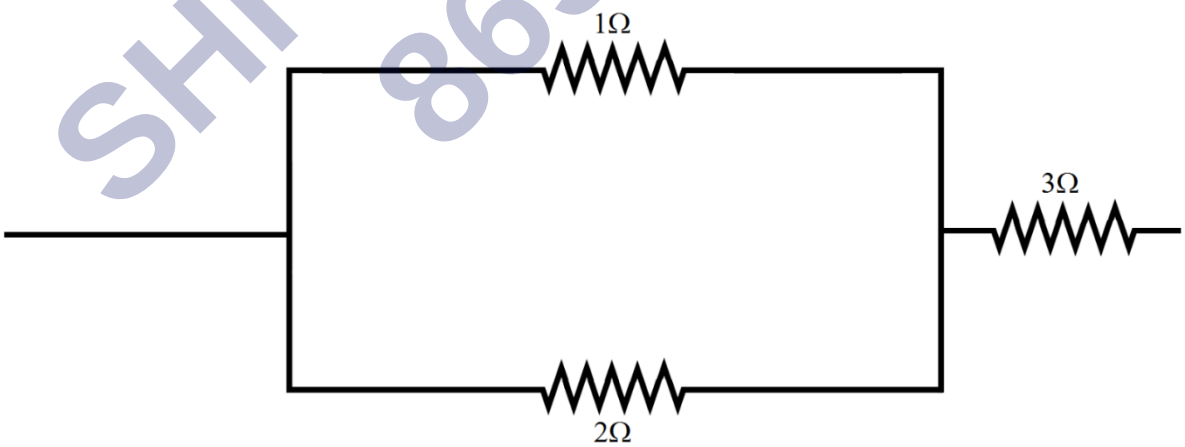
$\therefore$ पार्श्वक्रम में तुलना प्रतिरोध $R_p = \frac{R}{n}$

$\therefore$ अभीष्ट अनुपात $\frac{R_S}{R_P} = \frac{nR}{\frac{R}{n}} = \frac{n^2}{1}$

$\Rightarrow R_S : R_P$

$= n^2 : 1$

b.



i. यहाँ $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$

$\frac{11}{3}\Omega$ का प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए R_1, R_2

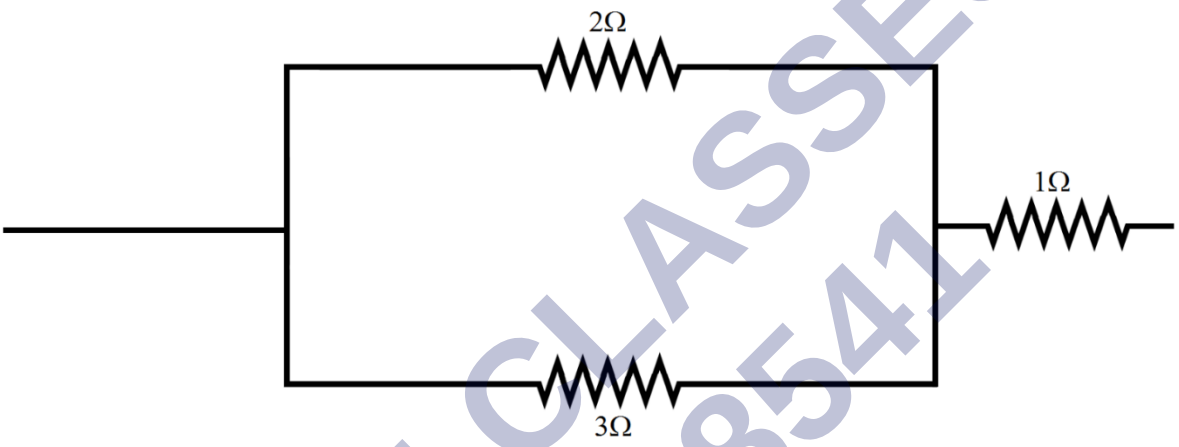
SHIVOM CLASSES 8696608541

को पार्श्वक्रम में व R_3 श्रेणीक्रम में जोड़ना होगा

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

$$= \frac{1 \times 2}{1+2} + 3$$

$$= \frac{11}{3}\Omega$$



ii. $\frac{11}{5}\Omega$ का प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए R_2, R_3

को पार्श्वक्रम में तथा R_1 को श्रेणीक्रम में जोड़ना होगा

$$R_{eq} = \frac{2 \times 3}{2+3} + 1$$

$$= \frac{6}{5} + 1$$

$$= \frac{11}{5}\Omega$$

iii. 6Ω का प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए तीनो को श्रेणीक्रम में जोड़ना होगा।

तब $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$

$= 1 + 2 + 3$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

= 6Ω

iv. $\frac{6}{11}\Omega$ का प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए तीनो को पार्श्वक्रम में जोड़ना है।

c.

i. प्रत्येक पॉश में 1Ω – 1Ω श्रेणी में तथा 2Ω – 2Ω श्रेणीक्रम में है।

इन शाखाओं में अलग अलग प्रतिरोध 1 + 1 = 2Ω व 2 + 2 = 4Ω

अब ये दो शाखाये सामंतर का चुकी है।

∴ प्रत्येक पॉश का प्रतिरोध $\frac{2\times4}{2+4} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$

इस प्रकार के 4 पॉश श्रेणीक्रम में जुडी है।

∴ नेटवर्क का प्रतिरोध $R_{eq} = \frac{4}{3} + \frac{4}{3} + \frac{4}{3} + \frac{4}{3} = \frac{16}{3}$

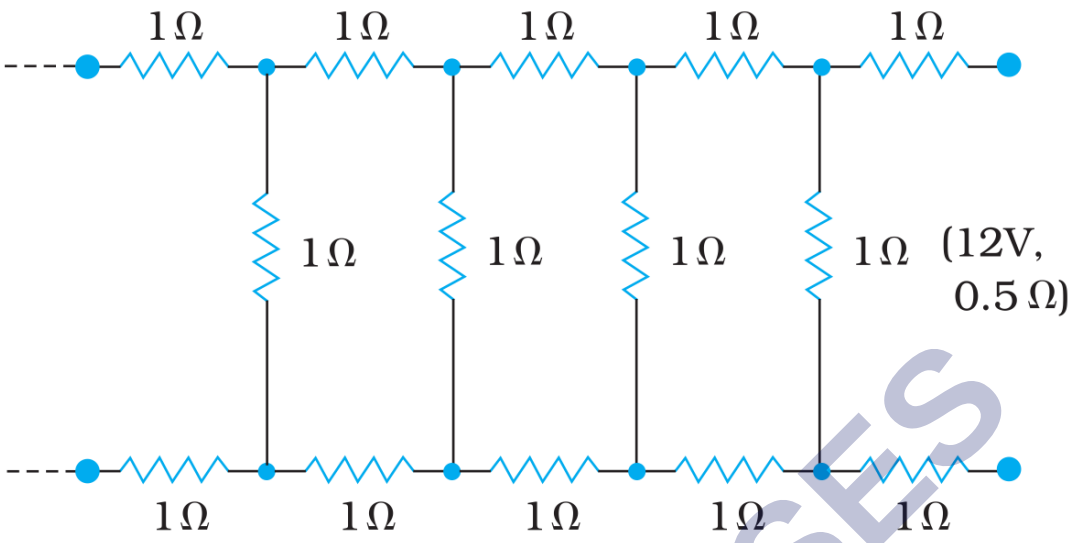
ii. RΩ के 5 प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जुड़े है,

∴ नेटवर्क का प्रतिरोध $R_{eq} = R + R + R + R + R = 5R$

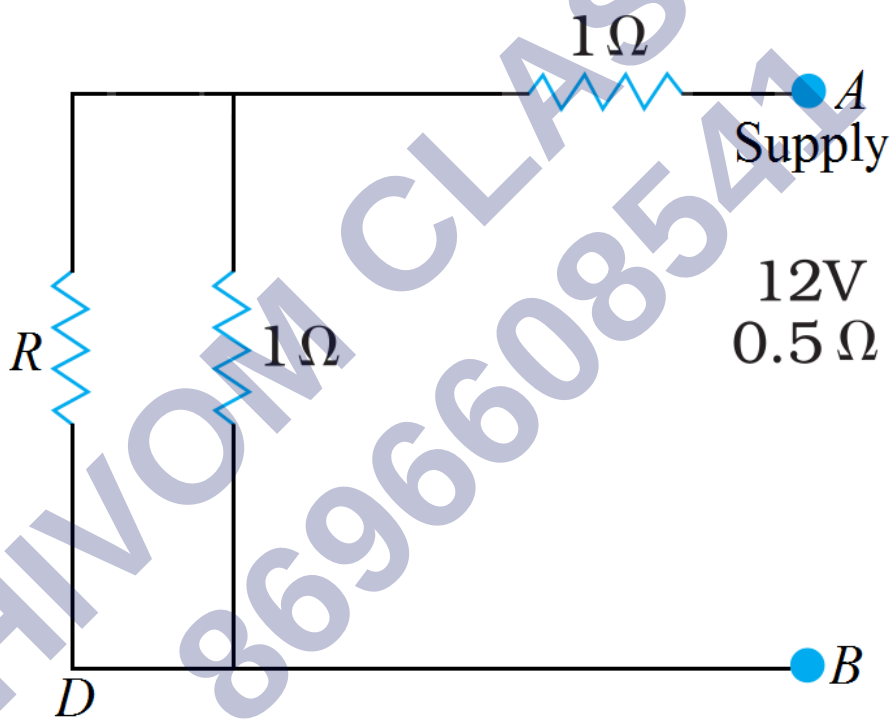
प्रश्न 21 किसी 0.5Ω आन्तरिक प्रतिरोध वाले 12 V के एक संभरण (Supply) से चित्र में दर्शाए गए अनन्त नेटवर्क द्वारा ली गई धारा का मान ज्ञात कीजिए। प्रत्येक प्रतिरोध का मान 1Ω है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



उत्तर-



माना बिन्दुओ A व B के बीच तुल्य प्रतिरोध R है

चूँकि अनन्त ±1 = अनन्त,

अतः बिन्दुओ C व D के बीच प्रतिरोध वही होगा जो बिन्दुओ A व B के बीच है; अतः समान्तरक्रम में जुड़े प्रतिरोध R तथा 1Ω का तुल्य प्रतिरोध,

$$R_1 = \frac{R \times 1}{R + 1}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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

बिंदुओं A व B के बीच तुल्य प्रतिरोध

$R_{AB} = R_1 + 1 + 1$

अतः परिकल्पना से $R_1 + 1 + 1 = R$

$$\Rightarrow \frac{R}{R+1} + 2 = R$$

$$\Rightarrow R + 2(R+1) = R(R+1)$$

$$\Rightarrow 3R + 2 = R^2 + R$$

$$\Rightarrow R^2 - 2R - 2 = 0$$

$$\Rightarrow R = \frac{2 \pm \sqrt{4+4\times2}}{2}$$

$$= \frac{2 \pm \sqrt{12}}{2}$$

$$= 1 \pm \sqrt{3}\Omega$$

चूँकि प्रतिरोध ऋणात्मक नहीं हो सकता

$$\therefore R = (1+\sqrt{3})\Omega$$

$$(1+1.732)\Omega = 2.732\Omega$$

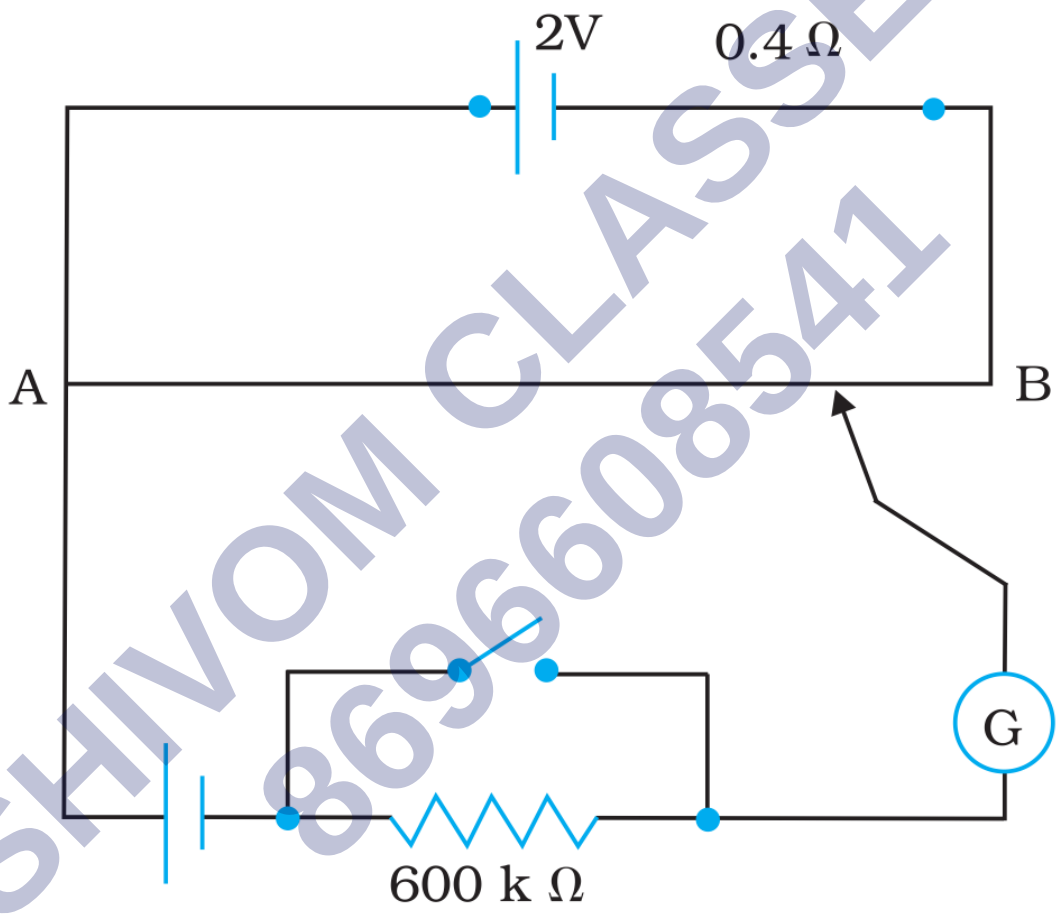
सप्लाई से ली गई धारा, $I = \frac{12}{R+r}$

$$= \frac{12}{2.732+0.5} = \frac{12}{3.232A} = 3.7A$$

प्रश्न 22 चित्र में एक पोटेशियोमीटर दर्शाया गया है। जिसमें एक 2.0V और आन्तरिक प्रतिरोध 0.40Ω का कोई सेल, पोटेशियोमीटर के प्रतिरोधक तार AB पर वोल्टता पात बनाए A रखता है। कोई मानक सेल जो 1.02V का अचर विद्युत वाहक बल बनाए रखता है (कुछ mA की बहुत

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

सामान्य धाराओं के लिए) तार की 67.3cm लम्बाई पर सन्तुलन बिन्दु देता है। मानक सेल से अति न्यून धारा लेना सुनिश्चित करने के लिए । इसके साथ परिपथ में श्रेणी 600KΩ का एक अति उच्च प्रतिरोध इसके साथ सम्बद्ध किया जाता है, जिसे सन्तुलन बिन्दु प्राप्त होने के निकट लघुपथित (shorted) कर दिया जाता है। इसके बाद मानक सेल को किसी अज्ञात विद्युत वाहक बल E के सेल से प्रतिस्थापित कर दिया जाता है जिससे सन्तुलन बिन्द तार की 82.3cm लम्बाई पर प्राप्त होता है।



SHIVOM CLASSES 8696608541

a. E का मान क्या है?

b. 600KΩ के उच्च प्रतिरोध का क्या प्रयोजन है?

c. क्या इस उच्च प्रतिरोध से सन्तुलन बिन्दु प्रभावित होता है?

d. उपर्युक्त स्थिति में यदि पोटेशियोमीटर के परिचालक सेल का विद्युत वाहक बल 2.0V के स्थान पर 1.0V हो तो क्या यह विधि फिर भी सफल रहेगी?

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

e. क्या यह परिपथ कुछ mV की कोटि के अत्यल्प विद्युत वाहक बलों (जैसे कि किसी प्रारूपी तापविद्युत युग्म का विद्युत वाहक बल) के निर्धारण में सफल होगी? यदि नहीं, तो आप इसमें किस प्रकार संशोधन करेंगे?

उत्तर-

a. विभवमापी के तार की समान विभव प्रवणता के लिए, दो सेलों के वै. वा. बलों की तुलना करने का सूत्र निम्न है।

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

$$\Rightarrow \frac{E}{E_s} = \frac{l}{l_s}$$

$$E = \frac{l}{l_s} E_S$$

E_s = प्रमाणिक सेल का वै. वा. बल = 1.02V

l_s = प्रमाणिक सेल संतुलन की लम्बाई = 67.3cm

l = अज्ञात वै. वा. बल के सेल से संतुलन की लम्बाई = 82.3cm

अज्ञात वै.. वा बल,

$$E = \frac{(82.3cm)}{(67.3cm)} \times 1.02V = 1.25V$$

b. उच्च प्रतिरोध का प्रयोजन धारामापी में धारा को कम करना है जबकि जौकी संतुलन बिन्दु से दूर है। इससे प्रमाणिक सेल नुकसान (damage) से बचा रहता है।

c. संतुलन बिन्दु उच्च प्रतिरोध से प्रभावित नहीं होता है, क्योंकि संतुलन की स्थिति में सेल के द्वितीयक परिपथ में धारा नहीं बहती।

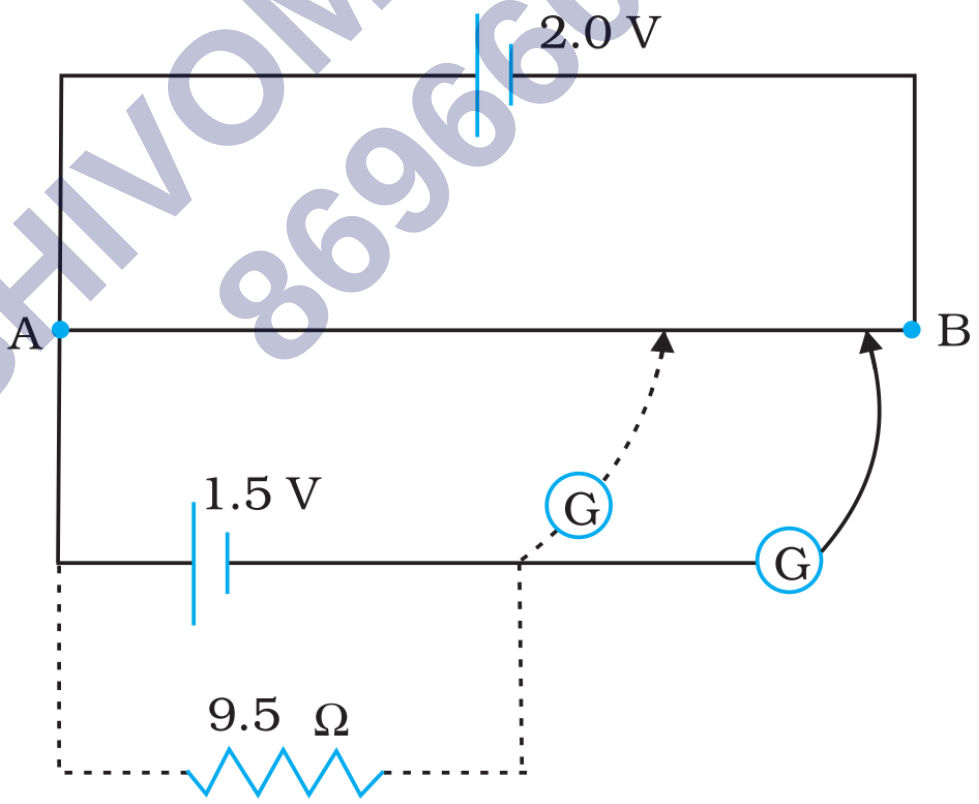
SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

d. नहीं, क्योंकि विभवमापी के कार्य करने के लिए परिचालक सेल का वै० वी० बल, द्वितीयक परिपथ के सेल के वै. वा. बल (E) से अधिक होना चाहिए।

e. क्योकि संतुलन बिन्दु सिरे A के निकट होगा तथा मापन में त्रुटि बहुत अधिक होगी। इसके लिए परिचालक सेल के श्रेणीक्रम में एक परिवर्ती प्रतिरोध (R) जोड़ते हैं तथा इसका मान इस प्रकार व्यवस्थित करते हैं कि तार AB के सिरों के बीच विभवपात द्वितीयक सेल के वै० वा० बल से थोड़ा ही अधिक हो ताकि संतुलन बिन्दु अधिक लम्बाई पर प्राप्त हो, इससे मापन में त्रुटि कम होगी तथा मापने की यथार्थता बढ़ेगी।

प्रश्न 23 चित्र में किसी 1.5V के सेल का आन्तरिक प्रतिरोध मापने के लिए एक 2.0V को पोटेशियोमीटर दर्शाया गया है। खुले परिपथ में सेल का सन्तुलन बिन्दु 76.3cm पर मिलता है। सेल के बाह्य परिपथ में 9.5Ω रतिरोध का एक प्रतिरोधक संयोजित करने पर सन्तुलन बिन्दु पोटेंशियोमीटर के तार की 64.8cm लम्बाई पर पहुँच जाता है। सेल के आन्तरिक प्रतिरोध का मान ज्ञात कीजिए।



SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर- यहाँ वैद्युत वाहक बल E = 1.5 वोल्ट जिसके संगत (जब सेल खुले परिपथ में है) विभवमापी के तार की संगत सन्तुलन लम्बाई l_1 = 76.3 सेमी। सेल के साथ बाह्य प्रतिरोध R = 9.5Ω संयोजित करने पर (अर्थात् जब सेल बन्द परिपथ में है) तो सेल के टर्मिनल विभवान्तर V के संगत लम्बाई l_2 = 64.8 सेमी।

$$\frac{E}{V} = \frac{Kl_1}{Kl_2}$$

[जहाँ k = विभवमापी के तार की विभव-प्रवणता]

$$\therefore \frac{E}{V} = \frac{l_1}{l_2}$$

∴ सेल का आंतरिक प्रतिरोध $r = R\left[\frac{E}{V} - 1\right]$

$$\therefore r = R\left[\frac{l_1}{l_2} - 1\right]$$

$$= \Omega\left[\frac{76.3\text{cm}}{64.8\text{cm}} - 1\right]$$

$$= \left[\frac{9.5(76.3-64.8)}{64.8}\right]\Omega$$

$$= \left[\frac{9.5\times11.5)}{64.8}\right]\Omega$$

$$= 1.68\Omega$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)