CBSE Class 12 Physics Chapter 3 Important Questions
विद्युत धारा

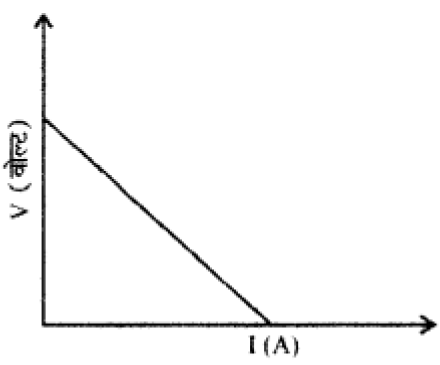
अति लघुत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.
किसी धारावाही चालक में किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र और धारा धनत्व का अनुपात क्या कहलाता है?
उत्तर:
प्रतिरोधकता

प्रश्न 2.
किसी बाह्य प्रतिरोध R से संबोजित आंतरिक प्रतिरोध। का कोई सेल अधिकतम धारा की आपूर्ति कब कर सकता है?
उत्तर:
जब प्रतिरोध R = 0 हो।

प्रश्न 3.
आन्तरिक प्रतिरोध r तथा emf(E) का कोई सेल किसी परिवर्ती बाह्य प्रतिरोध R के सिरो से संयोजित है। R के फलन के रूप में टर्मिनल विभवान्तर V का ग्राफ कैसा होगा?

उत्तर:



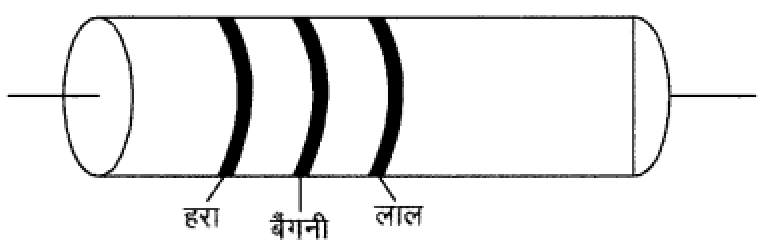
प्रश्न 4.
किसी दिए गए चालक के सिरों पर अनुप्रयुक्त विभवान्तर दुगुना कर दिया जाता है। चालक में इलेक्ट्रानों की गतिशीलता पर क्या प्रभाव होगा?
उत्तर:
गतिशीलाता, μ = $\frac{qz}{m}$ अर्थात् गतिशीलता, विश्रांतिकाल पर निर्भर करती है। अत: विभवान्तर का मान द्गुना करने पर भी गतिशीलता अपरिवर्तित रहती है।

प्रश्न 5.
एक आवेशित कण आवेशित समांतर पट्टिका संधारित्र की पट्टिकाओं के बीच रखा है। यह किसी बल F का अनुभव करता है। यदि किसी एक पट्टिका को हटा दिया जाए तो आवेशित कण पर बल का मान क्या होगा?
उत्तर:
आवेशित समांतर पट्टिका के बीच रखे आवेश q पर आरोपित
बल, $F = E_q = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} q$
दोनों पट्टिकाओं द्वारा आरोपित बल एक ही दिशा में अर्थात +ve प्लेट से - ve की ओर होंगे। कोई एक पट्टिका हटा देने पर बल।

प्रश्न 6.
V वोल्ट की किसी बैटरी से किसी समान्तर पट्टिका संधारित्र को आवेशित किया गया है। इस बैटरी को हटाकर पद्रिकाओं के बीच पृथकन को आधा कर दिया जाता है। इस संधारित्र के सिरों पर नया विभवान्तर क्या होगा?
उत्तर:
पृथकन आधा होने पर विभवान्तर भी आधा हो जाएगा।

प्रश्न 7.
$m^2V^{-1}s^{-1}$ किसका SI मात्रक हैं?
उत्तर:
गतिशीलता।

प्रश्न 8.
आरेख में किसी कार्बन प्रतिरोधक को दर्शाया गया है? वर्ण कोड का उपयोग करके इस प्रतिरोध का मान लिखिए।



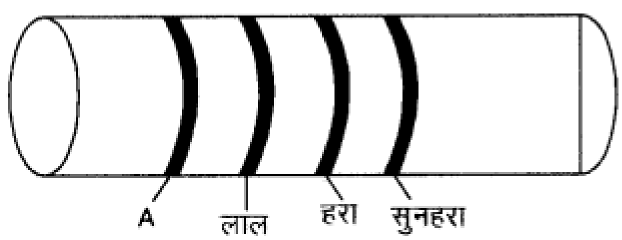
उत्तर:
प्रतिरोध का प्रथम सार्थक अंक - 5 (हरा)
प्रतिरोध का दूसरा सार्थक अंक - 7 (बैगनी)
तथा गुणक - 10^2 (लाल)
अतः प्रतिरोध का मान - 57×10^2 ओम
= 5.7 किलो ओम

https://www.evidyarthi.in/

प्रश्न 9.
समान लम्बाई और समान त्रिज्या के निक्रोम और ताँबे के तार श्रेणीक्रम में संयोजित हैं। इनमें से धारा । प्रवाहित कराई गई है। कौन - सा तार अधिक तप्त होगा? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए।
उत्तर:
समान लम्बाई और समान त्रिज्या के लिए, तार का प्रतिरोध
R ∝ P
जैसा कि ρ नाइक्रोम > ρ ताँया
अत: नाइक्रोम का प्रतिरोध अधिक होगा। श्रेणीक्रम में दोनों भागों में से समान धारा प्रवाहित होती है और उत्पन्न ऊष्मा = I^2Rt होगी। इसीलिए नाइक्रोम भाग के तार में अधिक ऊष्मा उत्पन्न होती है।

प्रश्न 10.
मीटर सेतु में सन्तुलन बिन्दु प्राय: मध्य भाग में क्यों प्राप्त करते हैं?
उत्तर:
शून्य विक्षेप की स्थिति तार के मध्य में होने पर मीटर सेतु की सुग्राहिता अधिकतम होती है।

प्रश्न 11.
चित्र में दशाए कार्बन प्रतिरोध का मान $22 \times 10^5\ \Omega \pm 5\%$ है। प्रथम वलय A का रंग लिखिए।



उत्तर:
प्रतिरोध $22 \times 10^5\ \Omega \pm 5\%$ का प्रथम सार्थक अंक 2 है अतः A का रंग - लाल होगा।

प्रश्न 12.
अति चालकता को परिभाषित कीजिए।

उत्तर:
कम ताप पर किसी पदार्थ की प्रतिरोधकता के शून्य हो जाने की घटना को अति - चालकता कहते हैं। जिन पदार्थों में यह घटना होती है, उन्हें अति - चालक कहते हैं।

प्रश्न 13.
किसी चालक में इलेक्ट्रॉनों के अपवाह वेग को परिभाषित करो।

उत्तर:
किसी चालक में इलेक्ट्रॉनो के विद्युत क्षेत्र के प्रभाव में एक नियम औसत वेग से एक दिशा में प्रवाहित होते हैं। इस नियम औसत एक दिशीय वेग को अनुगमन वेग कहते हैं। इसे v_d से प्रदर्शित करते हैं।

प्रश्न 14.
ऐसे दो पदार्थों के नाम लिखिए, जिनकी प्रतिरोधकता ताप बढ़ाने पर घटती है।
उत्तर:

- सिलिकॉन
- जर्मेनियम

प्रश्न 15.
सेल का विद्युत वाहक बल हमेशा टर्मिनल वोल्टेज से अधिक होता है, क्यों? कारण दीजिए।
उत्तर:
क्योंकि विभव का कुछ भाग सेल के अत्य आन्तरिक प्रतिरोध में व्यय हो जाता है।

प्रश्न 16.
आयनिक गतिशीलता को परिभाषित कीजिए।
उत्तर:
आयनिक गतिशीलता (Ionic Mobility): एकांक विद्युत क्षेत्र आरोपित करने पर आयन का अनुगमन वेग आयनिक गतिशीलता कहलाती है।

प्रश्न 17.
धारा घनत्व का SI मात्रक लिखिए।
उत्तर:
ऐम्पियर/मी^{2}

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.
किसी धारावाही चालक में पद आवेशवाहकों की 'गतिशीलता' की परिभाषा लिखिए। विश्रान्तिकाल के पदों में गतिशीलता के लिए संबंध प्राप्त कीजिए।
उत्तर:
गतिशीलता (Mobility):
हम जानते हैं कि चालकता गतिमान आवेश वाहकों से उत्पन्न होती है। धातुओं में ये गतिमान आवेश वाहक इलेक्ट्रॉन होते हैं, आयनित गैस में ये इलेक्ट्रॉन तथा धनावेशित आवन होते है, विद्युत् अपघट्य में वे धनायन तथा ऋणायन दोनों हो सकते हैं।

https://www.evidyarthi.in/

एक महत्वपूर्ण राशि गतिशीलता (mobility) है जिसे प्रति एकांक विद्युत् क्षेत्र के अनुगमन वेग के परिमाण के रूप में परिभाषित करते हैं।

∴ $\mu = \frac{|\vec{v_d}|}{E} = \frac{v_d}{E}$ ....(1)

∵ $v_d = \frac{e\tau}{m}E$

या $\frac{v_d}{E} = \frac{e\tau}{m}$

∴ $$\boxed{\mu = \frac{e\tau}{m}}$$ ...(2)

∴ इलेक्ट्रॉन को गतिशीलता

$\mu_e = \frac{e\tau_e}{m_e}$

मात्रक - चूँकि $\mu = \frac{v_d}{E}$

∴ μ का मात्रक = $\frac{ms^{-1}}{Vm^{-1}}$ = $m^2s^{-1}V^{-1}$

या μ का मात्रक = $\frac{ms^{-1}}{NC^{-1}}$ = $mCs^{-1}N^{-1}$

विद्युत् धारा एवं गतिशीलता में सम्बन्ध

$I = e_nA\, v_d$

परन्तु $v_d = \mu_eE$

⇒ $$\boxed{I = enA\mu_eE}$$

किसी अर्द्धचालक के लिए विद्युत् धारा एवं गतिशीलता में सम्बन्ध-

अर्द्धचालक में इलेक्ट्रॉन व होल दोनों के कारण चालकता होती है,

अतः

$I = I_e + I_h$

$= en_eAv_e + e.n_hAv_h$

$= en_eA\mu_eE + e.n_hA\mu_hE$

⇒ $$\boxed{i = eAE\,(n_e\mu_e + n_h\mu_h)}$$

प्रश्न 2.

किसी धारावाही चालक में पद इलेक्ट्रॉनों के 'अपवाह वेग' की परिभाषा लिखिए। धारा धनत्व और इलेक्ट्रॉनों के अपवाह वेग के बीच संबंध प्राप्त कीजिए।

उत्तर:

अनुगमन वेग (Drift Velocity)

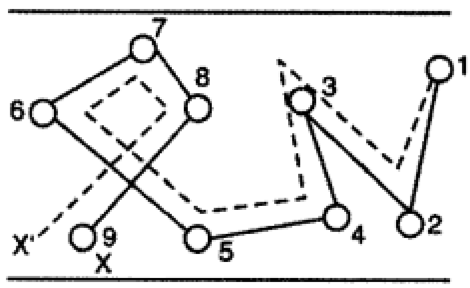
जब किसी चालक के सिरों के मध्य विभवान्तर लगाया जाता है तो चालक के अन्दर एक विद्युत् क्षेत्र (धन सिरे से ऋण सिरे की ओर) $\vec{E}$ उत्पन्न हो जाता है और प्रत्येक मुक्त इलेक्ट्रॉन पर एक वैद्युत बल (F = - E.e) लगने लगता है। इस बल के प्रभाव में इलेक्ट्रॉन त्वरित $\left(a = \frac{F}{m}\right)$ होता है और वह चालक के धनात्मक सिरे की ओर गति करने लगता है। गति के दौरान वह अन्य इलेक्ट्रॉनों एवं चालक के धन आयनों से टकराता हुआ वेग में परिवर्तन करता हुआ चलता है। इलेक्ट्रॉन की इस गति को अनुगमन गति (Drift motion) कहते हैं और दो उत्तरोत्तर टक्करों (Successive

collisions) के मध्य इलेक्ट्रॉन के औसत वेग को अनुगमन वेग (Drift velocity) कहते हैं। इसे से v_d व्यक्त करते हैं।

अर्थात् आरोपित विद्युत् क्षेत्र (imposed electric field) के कारण इलेक्ट्रॉनों द्वारा प्राप्त अधिकतम वेग (drift velocity) जिससे इलेक्ट्रॉन अन्य आयनों से टकराते हैं उसे अनुगमन वेग कहते हैं। टकराने में लगे समय को श्रांतिकाल कहते हैं। अधिकतर चालकों के लिए श्रांतिकाल 10^{-14} s कोटि का होता है।

किसी आयन से टकराने के ठीक पहले इलेक्ट्रॉनों का वेग अधिकतम (maximum) तथा टकराने के ठीक बाद क्षण भर के लिए वेग शून्य हो जाता है। पुनः इलेक्ट्रॉन विद्युत् क्षेत्र में त्वरित होता है और आयनों से टकराने वाली पूर्व स्थिति (previous position) को दोहराता है। "इस प्रकार बैटरी का विभवान्तर इलेक्ट्रॉनों को त्वरित (accelerated) गति प्रदान नहीं कर पाता है बल्कि यह उन्हें चालक की लम्बाई के अनुदिश (along) एक छोटा नियत वेग ही दे पाता है जो कि इलेक्ट्रॉनों की अनियमित गति के ऊपर आरोपित रहता है। इलेक्ट्रॉनों के इस नियत वेग को ही अनुगमन वेग कहते हैं।" अनुगमन वेग का कोटि मान 10^{-4} ms^{-1} होता है।

अनुगमन वेग के कम होने का कारण: चित्र 3.5 में विद्युत् क्षेत्र आरोपित करने पर मुक्त इलेक्ट्रॉनों की अनियमित गति (मोटी रेखा) के साथ उसका अनुगमन (बिन्दुवत्) भी दिखाया गया है। चित्र से स्पष्ट है कि विद्युत् क्षेत्र की अनुपस्थिति में इलेक्ट्रॉन 8 टक्करों के पश्चात् स्थिति 1 से X तक अनियमित गति करता हुआ पहुँचता है, जबकि वैद्युत क्षेत्र आरोपित करने पर इलेक्ट्रॉन की अन्तिम स्थिति X के बजाय X' हो जाती है। इस प्रकार विद्युत् क्षेत्र द्वारा नैट विस्थापन XX' हो जाता है जिसका मान काफी कम होता है। इसीलिए अनुगमन वेग भी कम होता है।



श्रांतिकाल (Relaxation Time): "मुक्त इलेक्ट्रॉन की धातु के परमाणुओं से हुई दो क्रमागत टक्करों के बीच लगे औसत समय को श्रान्तिकाल कहते हैं।" इसे τ से व्यक्त करते हैं। यदि दो उत्तरोत्तर टक्करों के बीच औसत दूरी अर्थात् माध्य मुक्त पथ (mean free path) λ हो तथा उसकी औसत चाल या वर्ग माध्य मूल चाल (root mean square speed) v_r हो तो

$$\tau = \frac{\text{माध्य मुक्त पथ}}{\text{अनियमित गति में वर्ग माध्य मूल चाल}}$$

या $$\tau = \frac{\lambda}{v_r} \quad ...(1)$$

λ का मान 10^{-9} m तथा τ का मान 10^{-14} सेकण्ड की कोटि का होता है।

प्रश्न 3.
(a) 47 kΩ ± 10% कार्बन प्रतिरोधक पर पाए जाने वाले वर्ण बैण्डों का क्रम बताइए।

https://www.evidyarthi.in/

(b) मैंगनिन के वे दो गुणधर्म लिखिए जो इसे मानक प्रतिरोधक बनाने के लिए उपयुक्त पदार्थ बनाते हैं।
उत्तर:
(a) पीला, बैंगनी, नारंगी, चाँदी सा
(b) प्रतिरोधकता अधिक होती है तथा प्रतिरोध ताप गुणांक कम होता है।

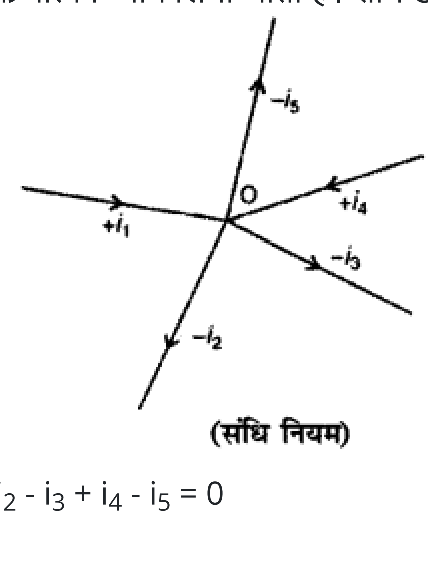
प्रश्न 4.
(अ) किरॉफ का नियम लिखिए।
(ब) विभवमापी की सहायता से दो प्राथमिक सेलों की तुलना करने का परिपथ चित्र बनाइए।
उत्तर:
(अ) किरखोफ के नियम (Kirchhoff's Laws):
ओम का नियम केवल सरल विद्युत परिपर्थों के लिए ही उपयोगी है। ऐसे परिपथ जिनमें एक से अधिक विद्युत वाहक स्रोत जुड़े है, उनमें ओम के नियम के प्रयोग में कठिनाई होती है। सन् 1842 में जटिल वैद्युत परिपथों के लिए दो नियमों का प्रतिपादन गुस्ताव रॉबर्ट किरखोफ ने किया। किरखोफ के नियमों को समझने से पूर्व हम कुछ शब्दावली को परिभाषित करेंगे।

संधि (Juction): किसी विद्युत परिपथ में जिस बिन्दु पर तीन या तीन से अधिक धारावाही शाखाएँ (Branchs) मिलती है, उसे संधि कहते है।

शाखा (Branch): किसी विद्युत परिपथ के जाल (network) का वह भाग जिसमें विद्युत धारा नियत रहती है, शाखा कहलाती है।

लूप या पाश (Loop): विभिन्न चालकों, प्रतिरोधों एवं अन्य अवयवों से मिलकर बना विद्युत परिपथ, लूप या पाश कहलाता है।

किरखॉफ का प्रथम नियम या संधि नियम (Kirchhoff's First Law or Junction Law)
प्रथम नियम - "किसी वैद्युत परिपथ में किसी संधि पर मिलने वाली समस्त धाराओं का बीजगणितीय योग (algebraic sum) शून्य होता है।" अर्थात्
$\Sigma i = 0$ ....(1)
किसी संधि की ओर आने वाली (incoming) धाराओं को धनात्मक एवं संधि से दूर जाने वाली (outgoing) धाराओं को ऋणात्मक मान लिया जाता है। संधि O पर मिलने वाली धाराओं के लिए,

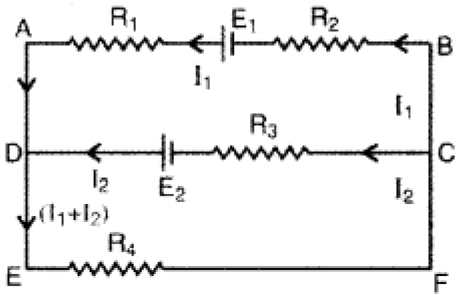


(संधि नियम)

$i_1 - i_2 - i_3 + i_4 - i_5 = 0$

या $i_1 + i_4 = i_2 + i_3 + i_5$
या संधि की ओर आने वाली धाराओं का योग
= संधि से दूर जाने वाली धाराओं का योग इस प्रकार किरखॉफ के प्रथम नियम को इस प्रकार भी कह सकते हैं, "किसी परिपथ में किसी संथि की ओर आने वाली धाराओं का योग संधि से दर जाने वाली धाराओं के योग के बराबर होता है।" किरखॉफ का प्रथम नियम आवेश संरक्षण (law of Conservation of Charge) के सिद्धान्त पर आधारित है।

किरखॉफ का द्वितीय नियम या लूप नियम (Kirchhoff's Second Law or Loop Law)
द्वितीय नियम - "किसी बन्द परिपथ में परिपथ का परिणामी विद्युत वाहक बल परिपथ के विभिन्न अवयवों (elements) के सिरों पर उत्पन्न विभवान्तरों के योग के बराबर होता है।" किरखॉफ का यह नियम ऊर्जा संरक्षण (Law of Conservation of Energy) के सिद्धांत पर आधारित होता है अर्थात्
$\Sigma E = \Sigma V = \Sigma iR$ ....(2)
उदाहरण के लिए, चित्र 3.27 में किरखॉफ के नियम लगाते हैं-

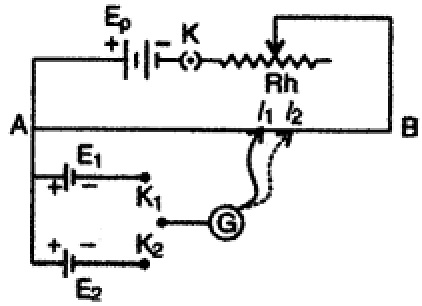


उपर्युक्त नियमों के आधार पर,
A से B की दिशा में $E_1 = -$
B से A की दिशा में $E_1 = +$
D से C की दिशा में $E_2 = -$
C से D की दिशा में $E_2 = +$
बन्द पाश ABCDA में,
$\Sigma E = \Sigma iR$
बन्द पाश का रास्ता A→ B → C →D →A
$-E_1 + E_2 = -i_1R_1 - i_1R_2 + i_2R_3$
$\Rightarrow E_2 - E_1 = i_2R_3 - i_1(R_1 + R_2)$ ....(3)
बन्द पाश DCFED में,
बन्द पाश का रास्ता D → C → F → E →D
$\Sigma E = \Sigma i.R$
$-E_2 = -i_2.R_3 - (i_1 + i_2)R_4$
या $E_2 = i_2R_3 + (i_1 + i_2)R_4$ ....(4)

(ब) विभवमापी के उपयोग (Uses of Potentiometer)
1. दो सेलों के विद्युत् वाहक बलों की तुलना करना: जिन सेलों के विद्युत् वाहक बलों E_1 व E_2 की तुलना करनी है, उन्हें चित्र 3.36 के अनुसार द्विमार्गी कुंजी (two way key) एवं धारामापी के द्वारा विभवमापी से जोड़ देते हैं। प्राथमिक परिपथ में एक बैटरी E_p, एक कुंजी K एवं परिवर्ती प्रतिरोध (variable resistance) Rh भी चित्र की भाँति

https://www.evidyarthi.in/

जोड़ देते है।
एक प्रतिरोधक बॉक्स से (R.B) एक उच्च प्रतिरोध R को लगाया जाता है ताकि धारामापी से होकर उच्च धाराएँ ना जाएँ।



प्रयोग विधि:
(1) पहले कुंजी K को दबाकर विभवमापी तार AB के सिरों के मध्य विभवान्तर स्थापित कर लेते हैं। अब कुंजी K_1 व K_2 को बारी - बारी से लगाकर धारा नियन्त्रक (rheostat) को इस प्रकार व्यवस्थित (adjust) करते है कि जॉकी को तार के सिरों A व B के मध्य स्पर्श (touch) कराने पर धारामापी में विक्षेप दोनों ओर प्राप्त हो जाये। माना इस स्थिति में तार की विभव प्रवणता है।

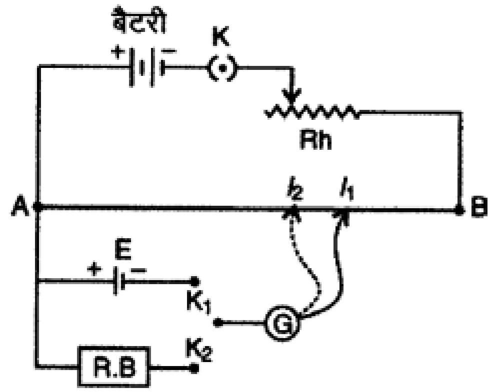
(ii) अव द्विमार्गी कुंजी की कुंजी K_2 को खुला रखकर K_1 को लगाकर सेल E_1 को द्वितीयक परिपथ में जोड़ते हैं और धारामापी में अविक्षेप स्थिति (no deflection position) ज्ञात करके तार की लम्बाई " ज्ञात कर लेते हैं, अतः।
$E_1 = kl_1$ ....(1)
(iii) अब K_1 को खुला रखकर K_2 को लगाकर E_2 को द्वितीयक परिपथ में जोड़ते है और शून्य विक्षेप (zero deflection) की स्थिति में l_2 ज्ञात कर लेते हैं, अतः
$E_2 = kl_2$ ....(2)
समी. (i) व (ii) से,
$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$ ....(3)
यदि दोनों सेलों में कोई एक प्रमाणिक सेल (standard cell) है तो दूसरे सेल का विद्युत् वाहक बल भी ज्ञात कर सकते हैं।

विभवमापी व वोल्टमीटर में अन्तर:
(1) वोल्टमीटर द्वारा विद्युत् बाहक बल नापने के लिए वोल्टमीटर में विक्षेप पढ़ना पड़ता है। विक्षेप के पढ़ने में त्रुटि (error) रह जाती है, जबकि विभवमापी द्वारा विद्युत् वाहक बल अविक्षेप (null) विधि से नापा जाता है, इसे तार पर शून्य विक्षेप स्थिति पढ़ना कहते हैं। अतः विभवमापी को आदर्श वोल्टमीटर (ideal voltmeter) भी कहते हैं।

(2) विभवमापी द्वारा सेल का विद्युत् वाहक बल नापते (measurement) समय शून्य विक्षेप स्थिति में सेल के परिपथ में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है अर्थात् सेल खुले परिपथ (open circuit) पर होता है। अत: सेल के विद्युत् वाहक बल का वास्तविक मान प्राप्त होता है। इस प्रकार विभवमापी अनन्त प्रतिरोध (infinite resistance) के आदर्श (ideal) वोल्टमीटर के समान कार्य करता है।

2. सेल का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात करना - बैटरी, कुंजी एवं धारा नियन्त्रक को संयोजक पेंचों A व B से जोड़कर प्राथमिक परिपथ तैयार कर लेते हैं। अब जिस सेल का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात करना है उसे और एक प्रतिरोध बॉक्स को चित्र 3.37 की तरह पेंच A व द्विमार्गी कुंजी (two way key) से जोड़ते हैं तथा द्विमार्गी कुंजी को धारामापी एवं

जॉकी से जोड़कर द्वितीयक परिपथ (secondary circuit) तैयार करते हैं।



प्रयोग विधि:
(i) कुंजी K को बन्द करके तार AB में विभवान्तर (potential difference) स्थापित कर लेते हैं। अब धारा नियन्त्रक को इस प्रकार व्यवस्थित करते हैं कि जॉकी को तार के सिरों A व B के बीच स्पर्श कराने पर धारामापी में विक्षेप दोनों ओर प्राप्त हो जाये। माना इस स्थिति में तार की विभव प्रवणता में है।

(ii) कुंजी K_2 को खुला (open) रखकर K_1 को बन्द करके सेल को द्वितीयक परिपथ में डालते हैं और जॉकी से शून्य विक्षेप की स्थिति में तार की लम्बाई l_1 ज्ञात कर लेते हैं, अत:
$E = kl_1$ ....(4)

(iii) अब K_1 को बन्द (close) रखते हुए K_2 को बन्द करते हैं और प्रतिरोध बॉक्स में कोई समुचित प्रतिरोध (Proper resistance) R लगाकर पुनः अविक्षेप स्थिति में तार की लम्बाई l_2 ज्ञात कर लेते हैं। यह सेल के टर्मिनल विभवान्तर के सन्तुलन के संगत है, अतः
$V = kl_2$......................(5)
माना सेल का आन्तरिक प्रतिरोध r है यदि सेल को R ओम के प्रतिरोध से शंट करने पर सेल में i धारा बहती है, तो ओम के नियम से
$E = i(R + r)$
एवं $V = iR$
$\Rightarrow 1+\frac{r}{\mathrm{R}}=\frac{l_1}{l_2}$
$\Rightarrow \frac{r}{\mathrm{R}}=\frac{l_1-l_2}{l_2}$
अत: आन्तरिक प्रतिरोध $r = \mathrm{R}\left[\frac{l_1-l_2}{l_2}\right]$ ....(6)

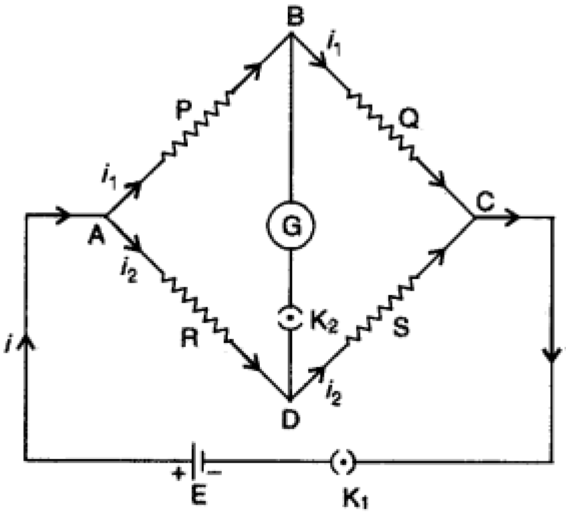
प्रश्न 5.
किरखॉफ के नियम का उपयोग करते हुए व्हीटस्टोन सेतु की सन्तुलन अवस्था के लिए आवश्यक प्रतिबन्ध प्राप्त कीजिए। आवश्यक परिपथ चित्र बनाइये।
उत्तर:
हीटस्टोन सेतु (Wheatstone's Bridge):
इंग्लैण्ड के वैज्ञानिक प्रोफेसर सी. एफ. ह्वीटस्टोन (C.F. Wheatstone) ने चार प्रतिरोधों, एक धारामापी एवं एक सेल

https://www.evidyarthi.in/

को जोड़कर एक विशेष प्रकार का परिपथ तैयार किया जो हीटस्टोन सेतु के नाम से जाना गया। इसकी सहायता से हम अज्ञात (unknown) प्रतिरोध ज्ञात कर सकते हैं।

रचना: ह्वीटस्टोन सेतु की सैद्धान्तिक रचना चित्र 3.28 में दिखाई गई है। चार प्रतिरोधों P, Q, R, S को जोड़कर एक चतुर्भुज ABCD बनाते हैं। बिन्दुओं A व C के मध्य एक सेल जोड़ देते हैं। बिन्दुओं B व D के मध्य एक धारामापी जोड़ दिया जाता है। K_1 बैटरी कुंजी है और K_2 धारामापी कुंजी है। यदि कुंजी K_1 को हम पहले बन्द (close) करें और फिर K_2 को, तब यदि धारामापी में कोई विक्षेप (deflection) न दें तब इस अवस्था में,

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



सिद्धान्त: जब बैटरी कुंजी (battery key) K_1 को दबाते हैं तो परिपथ में मुख्य धारा i बहती है। इस धारा को A बिन्दु पर दो मार्ग मिलने से यह दो भागों i_1 व i_2 में बँट जाती है। i_1 को B बिन्दु पर और i_2 को D बिन्दु पर पुनः दो मार्ग मिलते हैं। B व D पर, i_1 व i_2 के विभाजन की निम्न तीन स्थितियाँ सम्भव हैं-

(i) जब $V_B > B_D$ तो B बिन्दु पर i_1 का एक भाग धारामापी से गुजर कर उसमें एक दिशा में विक्षेप उत्पन्न करता है और शेष भाग (remaining part) प्रतिरोध Q से होकर गुजरता है। बिन्दु D पर धारा का कोई बँटवारा (distribution) नहीं होता है।

(ii) जब $V_B < V_D$ होता है तो B पर धारा का विभाजन नहीं होता है, बल्कि D पर धारा i_2 का एक भाग धारामापी से गुजरकर पहले की विपरीत दिशा में विक्षेप उत्पन्न करेगा और शेष भाग प्रतिरोध से गुजरता है।

(iii) $V_B = B_D$ तो धारामापी वाली भुजा में कोई धारा न बहने से उसमें शून्य विक्षेप (zero deflection) की स्थिति रहती है। यही सेतु के सन्तुलन की स्थिति कहलाती है। स्पष्ट है कि परिपथ में तो धारा बहती है, लेकिन धारामापी वाली भुजा पर इस धारा का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। यह घटना ठीक उसी प्रकार की है कि नदी की धारा का सेतु पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। इसीलिए इसे सेतु परिपथ कहते हैं। इस प्रकार सेतु के सन्तुलन की स्थिति में,

$V_B = V_D$

अतः $V_A - V_B = V_A - V_D$

या $i_1P = i_2R$ ....(1)

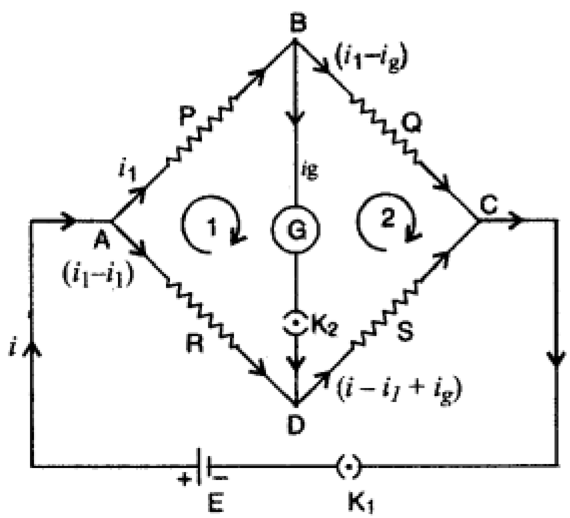
और $V_B - V_C = V_D - V_C$

या $i_1Q = i_2S$

समीकरण (1) व (2) से,

या $\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{Q}}=\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{S}}$ ....(3)
अतः स्पष्ट है कि "जब सेतु सन्तुलित होता है तो चतुर्भुज ABCD की किन्हीं भी दो संलग्न (corresponding) भुजाओं के प्रतिरोधों का अनुपात शेष दो संलग्न भुजाओं के प्रतिरोधों के अनुपात (ratio) के बराबर होता है।"
समी. (3) से, S = $\frac{Q}{P}$ x R
अतः सेतु के सन्तुलन की स्थिति ज्ञात करके हम S का मान उक्त सूत्र से ज्ञात कर सकते है। P और Q वाली भुजाओं को हम अनुपातिक भुजाएँ (ratio arms), R वाली भुजा को प्रामाणिक भुजा (standard arms) और S भुजा को अज्ञात भुजा कहते हैं।

वैकल्पिक विधि (Alternative Method) - किरखॉफ के नियम से, कुंजी K_1 को दबाने पर परिपथ में मुख्य धारा i बिन्दु A पर दो भागों में बँट जाती है। धारा i_1 प्रतिरोध P से होकर और $(i - i_1)$ प्रतिरोध R से होकर गुजरती है। चित्र 3.29 में धाराओं की स्थिति यह मानकर दिखाई गई है कि $V_B > V_D$ धारा ig धारामापी वाली भुजा से गुजरती है और बिन्दु D पर R से होकर आने वाली धारा $(i - i_1)$ के साथ जुड़ जाती है और प्रतिरोध S में होकर निकलती है। बिन्दु C पर पुनः सभी धाराएँ मिल जाती हैं।
जब सेतु सन्तुलित होता है तो धारामापी वाली भुजा से कोई धारा नहीं बहती है अर्थात्
$i_g = 0$



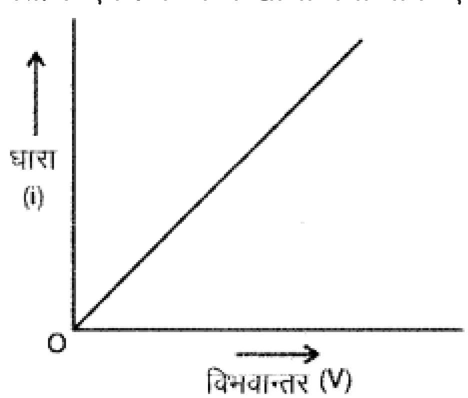
धारामापी का प्रतिरोध G मान लेते हैं।
बन्द पाश ABDA में किरखॉफ के द्वितीय नियम से,
$i_1P + i_g.G - (i - i_1)R = 0$
$\because$ सन्तुलनावस्था में, $i_g = 0$
$\therefore i_1P + 0 - (i - i_1)R = 0$
या $i_1P = (i - i_1)R$
या $\frac{i_1}{(i-i_1)}=\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{P}}$ ....(4)
इसी प्रकार बन्द पाश BCDB में किरखॉफ के द्वितीय नियम से,
$(i_1 - i_g) Q - i_g.G - (i - i_1 + i_g)S = 0$
पुनः सन्तुलनावस्था में,
$i_g = 0$
$\therefore (i_1 - 0)Q - 0 - (i - i_1 + 0)S = 0$

https://www.evidyarthi.in/

या $i_1Q - (i - i_1)S = 0$
या $i_1Q = (i - i_1)S$
या $\frac{i_1}{(i-i_1)} = \frac{S}{Q}$ ....(5)
समी. (4) व (5) से,
$\frac{R}{P} = \frac{S}{Q}$

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

प्रश्न 6.
ओम का नियम क्या है? इस नियम की कोई दो सीमाएँ लिखिए।
उत्तर:
ओम का नियम (Ohm's Law):
सन् 1828 में जर्मन वैज्ञानिक डॉ. जॉर्ज साइमन ओम (George Simon Ohm) ने वैद्युत धारा के सम्बन्ध में एक मूल नियम प्रस्तुत किया जिसे ओम का नियम कहते हैं। इस नियम के अनुसार, "यदि किसी चालक की भौतिक अवस्था (physical conditions) (जैसे- ताप, लम्बाई, क्षेत्रफल आदि) न बदलें तो उसके सिरों पर लगाये गये विभवान्तर एवं उसमें बहने वाली धारा का अनुपात नियत रहता है।" माना यदि चालक के सिरों पर V विभवान्तर लगाने पर उसमें i धारा बहे तो ओम के नियम से,
$\frac{V}{i}$ = नियतांक
इस नियतांक को चालक का वैद्युत प्रतिरोध (Electric Resistance) कहते हैं और इसे R से व्यक्त करते हैं।
अत: $\frac{V}{i} = R$
इस सूत्र से, $V = Ri$ ....(1)
या $V \propto i$ या $i \propto V$
अर्थात् किसी चालक में बहने वाली धारा चालक पर लगाये गये विभवान्तर के समानुपाती (propotional) होती है, यदि चालक की भौतिक अवस्थाएँ न बदली जायें।
चूँकि $V \propto i$ या $i \propto V$
अत: V एवं I के मध्य खींचा गया ग्राफ एक सरल रेखा होगी।



प्रश्न 7.
विभवमापी के मानकीकरण से क्या अभिप्राय है? समझाइए।

उत्तर:
द्वितीयक परिपथ में मानक सेल का प्रयोग कर विभव प्रवणता का मानक प्राप्त करना विभवमापी का मानकीकरण कहलाता है।

प्रश्न 8.
सेल की टर्मिनल वोल्टता और विद्युत वाहक बल में क्या अन्तर है? इनमें आपस में किस तरह से संबंध है?
उत्तर:
सेल का विद्युत् वाहक बल (Electromotive Force or e.m.f.)
"इकाई धनावेश को परिपथ में प्रवाहित करने में सेल द्वारा जितना कार्य किया जाता है अर्थात् एकांक आवेश को परिपथ में बहने के लिए सेल द्वारा जितनी ऊर्जा दी जाती है, उसे ही सेल का विद्युत् वाहक बल कहते हैं। इसे E से व्यक्त करते हैं; अत: सेल का वि. वा. बल
$E = \frac{W}{q}$ ....(1)
जहाँ W सेल द्वारा q आवेश को प्रवाहित करने में किया गया कार्य है।
$\therefore$ E का मात्रक = $\frac{J}{C}$ = वोल्ट
यदि W = 1 J, q = 1C तो E = 1 JC^{-1} या वोस्ट
अर्थात् यदि 1 C आवेश को परिपथ में प्रवाहित करने में सेल द्वारा 1 J कार्य किया जाता है तो सेल का वि. वा. बल 1 JC^{-1} या 1 वोल्ट होगा।
वि. वा. बल का मान एक सेल के लिए नियत होता है और विभिन्न सेलों के लिए भिन्न - भिन्न होता है। उदाहरण के लिए, वोल्टीय सेल का वि. वा. बल 1.08 वोल्ट; डेनियल सेल का वि. वा. बल 1.08 वोल्ट; लेक्लांशी एवं शुष्क सेल के लिए वि. वा. बल 1.5 वोल्ट होता है।

टर्मिनल विभवान्तर (Terminal Potential Difference)
"इकाई धनावेश को एक टर्मिनल से दूसरे टर्मिनल तक बाहरी परिपथ में प्रवाहित करने में सेल द्वारा जितना कार्य किया जाता है अर्थात् सेल जितनी ऊर्जा देता है; वह टर्मिनल विभवान्तर के तुल्य होता है।" यदि बाहा प्रतिरोध (R) में q आवेश प्रवाहित करने में सेल West कार्य करता है तो टर्मिनल विभवान्तर
$V = \frac{W_{ext}}{q}$ वोल्ट ....(2)
यदि बाह्य प्रतिरोध में बहने वाली धारा i हो तो
$V = \frac{W_{ext}}{q}$ = IR (ओम के नियम से)
इसी प्रकार आन्तरिक प्रतिरोध (r) के कारण व्यय ऊर्जा अर्थात् विभव - पतन (potential drop)
V= Ir
$\therefore$ विद्युत् वाहक बल की परिभाषानुसार, विद्युत् वाहक बल
E = (बाह्य कार्य + आन्तरिक कार्य)
एकांक आवेश को प्रवाहित करने में
या E = V + v
या E = IR + Ir = I(R+r)

या $$I = \frac{E}{R+r} = \frac{\text{कुल विद्युत् वाहक बल}}{\text{कुल प्रतिरोध}} \quad ...(3)$$

पुनः E = V + Ir

https://www.evidyarthi.in/

∴ टर्मिनल विभवान्तर

V = E - Ir ....(4)

इस समीकरण से यह भी स्पष्ट है कि यदि

I = 0 तो V = E

"खुले परिपथ में किसी सेल का टर्मिनल विभवान्तर ही उसके विद्युत् वाहक बल के तुल्य होता है।"

समी. (4) से स्पष्ट है:

Ir = E - V

∴ r = $\frac{E-V}{I}$...............(5)

∵ V = IR ∴ I = $\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{R}}$

∴ r = $\frac{E-V}{V/R}$ या r = $\frac{(E-V)R}{V}$ ....(5)

समीकरण (5) व (6) की सहायता से सेल का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न 9.

विभव प्रवणता से आप क्या समझते हैं? यह किन कारकों पर निर्भर करती है?

उत्तर:

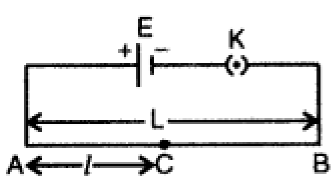
विभवमापी (Potentiometer)

विभवमापी एक ऐसा उपकरण (instrument) है जिसकी सहायता से हम किसी विभवान्तर या विद्युत् वाहक बल की शुद्धता (accurately) से माप कर सकते हैं।

यह यन्त्र 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 मापती है। अतएव हम कह सकते हैं कि विभवमापी विभव मापन का वोल्टमीटर की तुलना में आदर्श उपकरण हैं।

सिद्धान्त: माना L लम्बाई का कोई AB प्रतिरोध तार है जिसके सिरों पर E विद्युत् वाहक बल एवं नगण्य (neglegible) आन्तरिक प्रतिरोध वाला सेल जोड़ा जाता है, अतः तार AB के सिरों पर E विभवान्तर उत्पन्न हो जायेगा क्योंकि आन्तरिक प्रतिरोध नगण्य है। तार की प्रति इकाई लम्बाई में विभव पतन (potential drop) को विभव प्रवणता (potential gradient) कहते हैं। अत: तार में उत्पन्न विभव प्रवणता

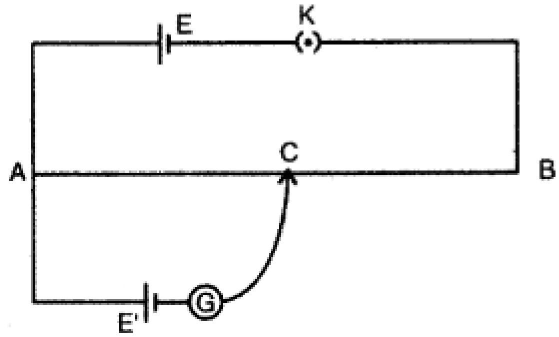
k = $\frac{\mathrm{E}}{\mathrm{L}}$ ....(1)



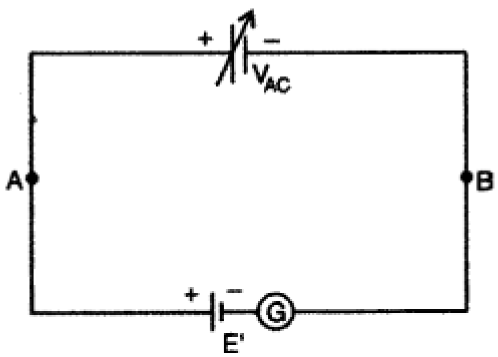
अब यदि तार AB पर कोई बिन्दु C ले लें तो A व C के मध्य विभवान्तर V_{AC}, दूरी AC अर्थात् l पर निर्भर करेगा। बिन्दु C को बिन्दु B की ओर खिसकाने पर V_{AC} का मान बढ़ेगा और A की ओर खिसकाने (sliding) पर घटेगा। यदि A से C की दूरी है तो विभवान्तर

V_{AC} = k.l ....(2)

अब यदि चित्र 3.32 की भाँति A व C के मध्य एक अज्ञात विद्युत् वाहक बल E' की एक सेल एक धारामापी



द्वारा जोड़ दें तो धारामापी में उत्पन्न विक्षेप इस बात पर निर्भर करेगा कि V_{AC} व E' में कौन बड़ा है। सुविधा के लिए (for convenient) A व C के मध्य तुल्य परिपथ चित्र 3.33 के अनुसार दिखा सकते हैं। चित्र में V_{AC} को परिवर्तनशील (variable) दिखाया गया है क्योंकि इसका मान बिन्दु C की स्थिति पर निर्भर करता है। चित्र के अनुसार E' व V_{AC} इस प्रकार जुड़े (combined) है कि वे एक - दूसरे को प्रतिरोध करते हैं। इस परिपथ का परिणामी विद्युत् वाहक बल (E' ~ V_{AC}) होगा, अतः स्पष्ट है कि जब V_{AC} = E' होगा तो परिणामी विद्युत् वाहक बल (resultant electro - motive force) शून्य होगा और परिपथ में कोई धारा नहीं बहेगी, फलस्वरूप धारामापी में अविक्षेप (no deflection) की स्थिति होगी।



उक्त विवेचना से स्पष्ट है कि यदि किसी अज्ञात विद्युत् वाहक बल E' को धारामापी द्वारा चित्र 3.33 की भाँति जोड़कर C की स्थिति तार AB पर इस प्रकार ज्ञात कर लें कि धारामापी शून्य विक्षेप (zero deflection) की स्थिति प्रदर्शित करे तो अज्ञात विद्युत् वाहक बल E' का मान V_{AC} के बराबर होगा, अतः

$E' = V_{AC} = kl$ ....(3)

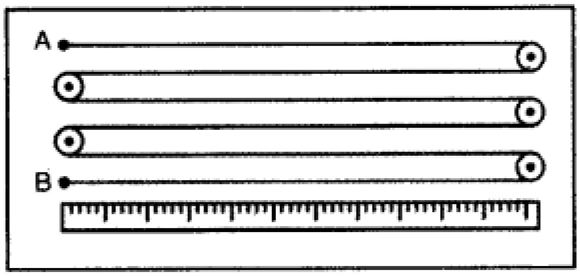
इस प्रकार सूत्र (3) की सहायता से l का मान ज्ञात करके अज्ञात विद्युत् वाहक बल E' की माप की जा सकती है। यही विभवमापी का सिद्धान्त है।

विभव प्रवणता पैदा करने वाले सेल E एवं AB से बना परिपथ प्राथमिक परिपथ (primary circuit) और अज्ञात विद्युत् वाहक बल E' वाले सेल तथा धारामापी से AC के मध्य तैयार परिपथ को द्वितीयक परिपथ (secondary circuit) कहते हैं।

विभवमापी की रचना: 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 जो चित्र 3.34 की भाँति एक - एक मीटर के फेरों (turms) के रूप में धातु की पिरनियों (pulleys) से होकर गुजरता है अथवा एक - एक मीटर लम्बे टुकड़े ताँबे की पत्तियों द्वारा सिरों पर जुड़े होते हैं। 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

https://www.evidyarthi.in/

जाता है।



प्रश्न 10.
विभवमापी के तार में लम्बे समय तक विद्युत धारा क्यों नहीं प्रवाहित की जानी चाहिए।
उत्तर:
क्योंकि अधिक समय तक धारा प्रवाहित करने पर जूल के तापन नियम के अनुसार ताप बढ़ने पर प्रतिरोध बढ़ जाता है जिससे विभव प्रवणता प्रभावित हो जाती है।

प्रश्न 11.
किसी सेल का वि. वा. बल या किसी प्रतिरोधक पर विभवान्तर का यथार्थ मान बोल्टमीटर से ज्ञात नहीं किया जा सकता क्यों? विभवमापी से यथार्थ मापन कैसे सम्भव है?
उत्तर:
वोल्टमीटर से यथार्थ मापन ज्ञात नहीं किया जा सकता क्योंकि विद्युत धारा वास्तविक मान से कम प्रवाहित होती है। जबकि विभवमापी परिपथ से बिना धारा लिये लम्बाई के अनुसार विभवान्तर का मापन करता है।

प्रश्न 12.
व्हीटस्टोन सेतु, के प्रयोगों में पहले बैटरी कुंजी तथा फिर धारामापी कुंजी को क्यों दबाया जाता है?
उत्तर:
प्रेरण प्रभाव (Induction effect) से बचने के लिए हमेशा बैटरी कुन्जी (K_1) पहले दबाई जाती है फिर धारामापी कुन्जी (K_2) दबाई जाती है।