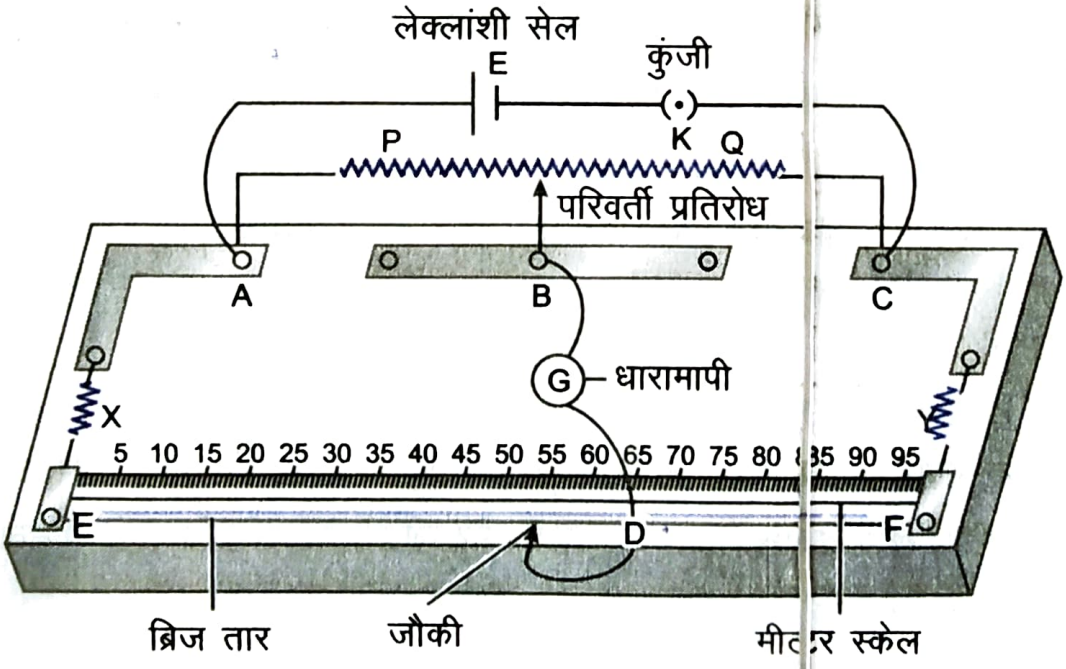
प्रयोग संख्या # 14

उद्देश्य (Object)—*कैरी-फॉस्टर सेतु का उपयोग कर दिए गए प्रतिरोध का तापीय गुणांक ज्ञात करना।*

आवश्यक उपकरण (Apparatus Required)— कैरी-फॉस्टर ब्रिज, प्लैटिनम प्रतिरोध तापमापी, दशमलव-प्रतिरोध बॉक्स, ऊर्ध्वाधर स्टैण्ड, लेक्लांशी सेल, धारामापी, कुंजी, ऊष्मक (हीटर), बीकर, पारे का तापमापी परिवर्ती प्रतिरोध तथा संयोजक तार।

उपकरण का वर्णन (Description of Apparatus)—

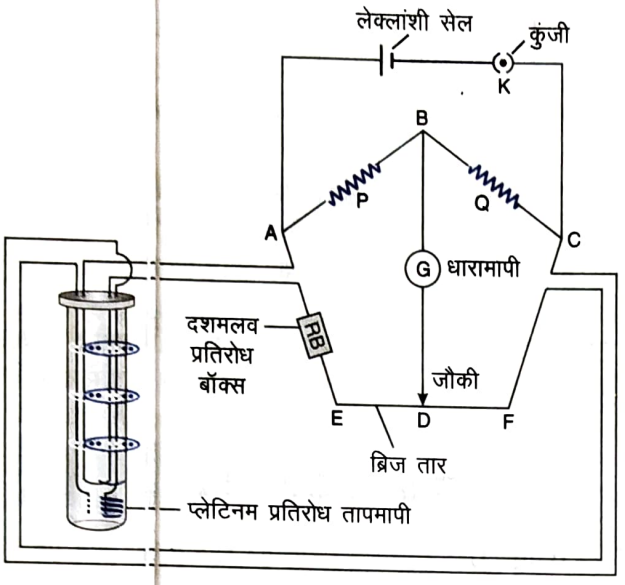
(1) कैरी-फॉस्टर ब्रिज—कैरी-फॉस्टर ब्रिज चित्र 24 में प्रदर्शित है जिसमें एक 1 मीटर लम्बा, एकसमान अनुप्रस्थ परिच्छेद का मैंगनिन या कान्सटेण्टन का तार EF तनी हुई अवस्था में एक मीटर स्केल के सहारे लगा रहता है। यह तार दोनों सिरों पर पीतल की मोटी पत्तियों से जुड़ा रहता है। इन दोनों पत्तियों के अतिरिक्त चित्रानुसार एक लम्बी पीतल की पत्ती स्केल के समान्तर तथा दो L आकार की पत्तियाँ किनारों पर लगी रहती हैं। इन पत्तियों के बीच में चार खाली स्थान होते हैं। चित्रानुसार इन खाली स्थानों में प्रतिरोध लगा दिये जाते हैं तथा एक लेक्लांशी सेल L आकार की पत्तियों से जोड़ दिया जाता है व एक धारामापी जिसका एक सिरा स्केल के समान्तर लगी पीतल की पत्ती पर बिन्दु B से जोड़ दिया जाता है और दूसरा सिरा जौकी से जोड़ दिया जाता है। जौकी को ब्रिज पर इधर-उधर चलाया जा सकता है।



चित्र 24

(2) प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी—*प्रयोग संख्या 3 के अनुसार।*

प्रयोग में कैरी-फॉस्टर ब्रिज में प्रतिरोध X के स्थान पर प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के प्रतिकारी तारों को उनके साथ श्रेणीक्रम में दशमलव प्रतिरोध बॉक्स जोड़कर, जोड़ दिया जाता है तथा प्रतिरोध Y के स्थान पर प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के संयोजक तारों को जोड़ दिया जाता है (चित्र 25)।



चित्र 25

सिद्धान्त (Principle)—कैरी-फॉस्टर ब्रिज, ह्वीटस्टोन ब्रिज के सिद्धान्त पर कार्य करता है। चित्र 25 में यदि जौकी को ब्रिज तार पर बिन्दु D पर सम्पर्क करने से ब्रिज सन्तुलित अवस्था (धारामापी में विक्षेप शून्य होता है) में होता है, तो

$$\frac{P}{Q} = \frac{\text{A व D के बीच का प्रतिरोध}}{\text{D व C के बीच का प्रतिरोध}}$$

माना ब्रिज के तार की एकांक लम्बाई का प्रतिरोध ρ, प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के प्रतिकारी तारों का प्रतिरोध r, बायीं ओर की ब्रिज के तार से जुड़ी एवं L आकार की पत्तियों का कुल प्रतिरोध α है तथा ब्रिज के सन्तुलन की अवस्था में प्रतिरोध बॉक्स से निकाला गया प्रतिरोध X व ब्रिज के तार पर बायें से, सन्तुलन बिन्दु की दूरी l_1 है। तब

A व D के बीच का प्रतिरोध $= X + \alpha + r + l_1\rho$

अब माना प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के प्लेटिनम तार का प्रतिरोध R, इसको सम्बन्धक पेचों से जोड़ने वाले संयोजक तारों का प्रतिरोध r तथा दायीं ओर की ब्रिज के तार से जुड़ी व L आकार की पत्तियों का कुल प्रतिरोध β है। तब

D व C के बीच का प्रतिरोध $= R + \beta + r + (100 - l_1)\rho$

अत: $$\frac{P}{Q} = \frac{X + \alpha + r + l_1\rho}{R + \beta + r + (100 - l_1)\rho} \quad ...(i)$$

अब प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के संयोजक तारों को बायीं ओर तथा प्रतिकारी तारों व प्रतिरोध बॉक्स को दायीं ओर जोड़ने पर यदि ब्रिज के सन्तुलन की स्थिति में ब्रिज के तार पर, बायें से सन्तुलन बिन्दु की दूरी l_2 है। तब

$$\frac{P}{Q} = \frac{R + \alpha + r + l_2\rho}{X + \beta + r + (100 - l_2)\rho} \quad ...(ii)$$

समी. (i) व (ii) से,

$$\frac{X + \alpha + r + l_1\rho}{R + \beta + r + (100 - l_1)\rho} = \frac{R + \alpha + r + l_2\rho}{X + \beta + r + (100 - l_2)\rho}$$

दोनों ओर 1 जोड़ने पर,

$$\frac{X + \alpha + 2r + R + \beta + 100\rho}{R + \beta + r + (100 - l_1)\rho} = \frac{R + \alpha + 2r + X + \beta + 100\rho}{X + \beta + r + (100 - l_2)\rho}$$

$$\Rightarrow \quad R = X - (l_2 - l_1)\,\rho \quad ...(iii)$$

यदि $\quad l_2 - l_1 = 0 \quad$ तो $R = X$

अब यदि कमरे के ताप t_1 पर प्लेटिनम तार का प्रतिरोध R_1 तथा अन्य उच्च ताप t_2 पर R_2 हो, तो प्लेटिनम का ताप गुणांक

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \text{ प्रति }^\circ C$$

उपर्युक्त सूत्र से प्रतिरोध ताप गुणांक α की गणना की जा सकती है।

प्रयोग विधि (Procedure)—

(1) सबसे पहले चित्रानुसार परिपथ तैयार करते हैं जिसके लिए प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के संयोजक तारों तथा प्रतिकारी तारों को उनके साथ दशमलव प्रतिरोध बॉक्स को श्रेणीक्रम में जोड़कर, यथास्थानों पर जोड़ते हैं। (चित्र 25) । परिवर्ती प्रतिरोध के दोनों निचले सिरों को A व C के बीच जोड़ते हैं व इसके परिवर्ती सिरे को B से जोड़कर इसे ठीक बीचोंबीच में समंजित करते हैं जिससे प्रतिरोध P व Q लगभग समान हो जाएँ (चित्र 24)। अब लेक्लांशी सेल को A व C के बीच जोड़ते हैं तथा धारामापी के एक सिरे को B से जोड़ते हैं व दूसरे सिरे को जौकी से जोड़ देते हैं।

(2) अब कमरे के ताप t_1 पर प्लेटिनम के तार का प्रतिरोध R_1 ज्ञात करने के लिए प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी को कमरे के ताप पर रखे जल के बर्तन में रख देते हैं तथा कुछ समय के लिए प्रतीक्षा करते हैं ताकि प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी का प्लेटिनम तार जल का ताप ग्रहण कर ले। जल का ताप (कमरे का ताप) पारे के तापमापी द्वारा ज्ञात कर लेते हैं। इसके बाद प्रतिरोध बॉक्स से कुछ प्रतिरोध निकालते हैं तथा ब्रिज तार पर जौकी को चलाकर धारामापी में शून्य विक्षेप की स्थिति ज्ञात करते हैं। इस स्थिति के संगत बायें सिरे से जौकी तक की ब्रिज तार की लम्बाई l_1 नोट कर लेते हैं।

(3) तत्पश्चात् प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के संयोजक तारों को बायीं ओर तथा प्रतिकारी तारों व प्रतिरोध बॉक्स को दायीं ओर लगाते हैं। अब प्रतिरोध बॉक्स से निकाले गये उसी प्रतिरोध जो पहली स्थिति में है, के लिए ब्रिज तार पर जौकी चलाकर धारामापी में शून्य विक्षेप की स्थिति ज्ञात करते हैं। इस स्थिति के संगत बायें सिरे से जौकी तक की ब्रिज तार की लम्बाई l_2 नोट कर लेते हैं।

(4) अब प्रतिरोध बॉक्स में से निकाले गये प्रतिरोध का मान परिवर्तित करते जाते हैं तथा प्रत्येक मान के लिए l_1 व l_2 के मान नोट करते जाते हैं।

(5) अब प्लेटिनम के तार का किसी उच्च ताप t_2 पर प्रतिरोध R_2 ज्ञात करने के लिए प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी को उबलते हुए जल के बर्तन में रखते हैं तथा कुछ समय के लिए प्रतीक्षा करते हैं ताकि प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी का प्लेटिनम तार उबलते जल का ताप ग्रहण कर ले। पारे के तापमापी द्वारा उबलते हुए जल का ताप नोट कर लेते हैं तथा इसके संगत प्लेटिनम तार का प्रतिरोध ज्ञात करने के लिए विधि (2), (3) तथा (4) की पुनरावृत्ति करके प्रतिरोध बॉक्स में से निकाले गये प्रतिरोध के प्रत्येक मान के लिए l_1' व l_2' के मान नोट करते जाते हैं।

प्रेक्षण (Observations)—

(1) कमरे के ताप t_1 पर प्लैटिनम तार का प्रतिरोध R_1 ज्ञात करने के लिए सारणी—

कमरे का ताप t_1 = ... °C

क्रमांक	प्रतिरोध बॉक्स में से निकाला गया प्रतिरोध X (ओम में)	धारामापी में शून्य विक्षेप की स्थिति में बायें सिरे से जौकी तक ब्रिज तार की लम्बाई		$(l_2 - l_1)$ (सेमी में)
		जब प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के संयोजक तार दायीं ओर हैं, l_1 (सेमी में)	जब प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के संयोजक तार बायीं ओर हैं, l_2 (सेमी में)	
1.	...	...	...	...
2.	...	...	...	...
3.	...	...	...	...
4.	...	...	...	...
5.	...	...	...	...
6.	...	...	...	...
7.	...	...	...	...

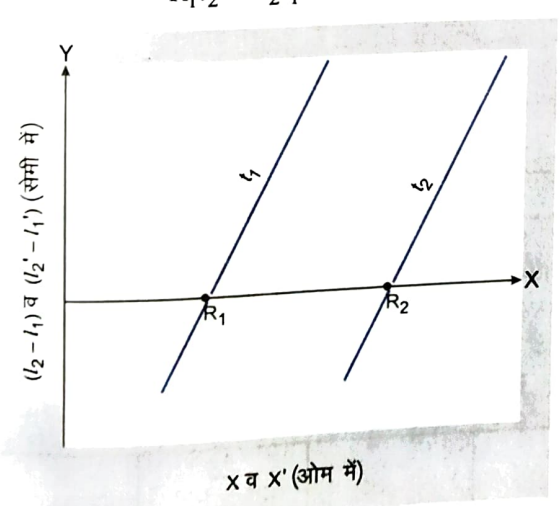
(2) उबलते जल का ताप t_2 पर प्लेटिनम तार का प्रतिरोध R_2 ज्ञात करने के लिए सारणी—

उबलते जल का ताप t_2 = ...°C

क्रमांक	प्रतिरोध बॉक्स में से निकाला गया प्रतिरोध X' (ओम में)	धारामापी में शून्य विक्षेप की स्थिति में बायें सिरे से जौकी तक ब्रिज तार की लम्बाई		$(l_2' - l_1')$ (सेमी में)
		जब प्लेटिनम प्रतिरोधी तापमापी के संयोजक तार दायीं ओर है, l_1' (सेमी में)	जब प्लेटिनम प्रतिरोधी तापमापी के संयोजक तार बायीं ओर है, l_2' (सेमी में)	
1.	...	...	...	...
2.	...	...	...	...
3.	...	...	...	...
4.	...	...	...	...
5.	...	...	...	...
6.	...	...	...	...
7.	...	...	...	...

गणना (Calculations)—प्रेक्षणों से प्राप्त $(l_2 - l_1)$ व $(l_2' - l_1')$ को Y-अक्ष पर तथा प्रतिरोध X व X' को X-अक्ष पर लेकर एक ही ग्राफ पेपर पर ग्राफ खींचते हैं जो चित्र 26 की भाँति दो सरल रेखाओं में प्राप्त होता है। इस ग्राफ से $(l_2 - l_1)$ के शून्य मान के संगत प्रतिरोध X का मान व $(l_2' - l_1')$ के शून्य मान के संगत प्रतिरोध X' का मान ज्ञात कर लेते हैं जो क्रमशः ताप t_1°C पर प्लेटिनम के तार का प्रतिरोध R_1 व ताप t_2°C पर प्लेटिनम के तार का प्रतिरोध R_2 के बराबर होते हैं। अब R_1 व R_2 के ज्ञात मानों को ओम में तथा t_1 व t_2 को °C में लेकर समीकरण (iv) में रखने पर,

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} = \text{... प्रति °C}$$



चित्र 26

परिणाम (Result)—प्लेटिनम का प्रतिरोध ताप गुणांक α = ... प्रति °C

प्रामाणिक मान α = ... प्रति °C

$$\% \text{ त्रुटि} = \frac{\text{प्रयोगात्मक मान} \sim \text{प्रामाणिक मान}}{\text{प्रामाणिक मान}} \times 100$$

$$= \text{..... \%.}$$

सावधानियाँ (Precautions)—

(1) परिपथ बनाने में ताँबे के मोटे तारों का उपयोग करना चाहिए व इनके सिरों को रेगमाल पेपर से साफ करके परिपथ के सम्बन्धनों को टाइट रखना चाहिए।

(2) ब्रिज की सुग्राहिता अधिक रखने के लिए इसकी चारों भुजाओं का प्रतिरोध लगभग समान होना चाहिए।

(3) परिपथ में धारा अधिक समय तक नहीं बहनी चाहिए इसके लिए सेल परिपथ की कुंजी में प्लग प्रेक्षण लेते समय ही लगाना चाहिए।

(4) दशमलव प्रतिरोध बॉक्स से ऐसे प्रतिरोध को निकालना चाहिए कि शून्य विक्षेप की स्थिति ब्रिज तार के मध्य में रहे ताकि ब्रिज की सुग्राहिता अधिकतम रहे।

(5) जौकी को ब्रिज तार पर रगड़कर नहीं चलाना चाहिए बल्कि उसे ब्रिज तार से हल्के से स्पर्श कराकर ही सन्तुलन बिन्दु ज्ञात करना चाहिए।

(6) प्रारम्भ में धारामापी में शून्य विक्षेप को समंजित करते समय धारामापी के साथ शण्ट का उपयोग करना चाहिए, लेकिन शून्य विक्षेप की स्थिति के पास शण्ट हटा देना चाहिए।

(7) ब्रिज तार पर जौकी लगाने से पूर्व सेल का परिपथ उसमें लगी कुंजी में प्लग लगाकर पूर्ण कर लेना चाहिए।