परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड _____ छात्र का नाम _____

मूल्यांकनकर्ता _____ पंजीकरण _____

प्रयोग 2 एक अर्धचालक पदार्थ से निर्मित तापी प्रतिरोधक का अंशाकन तथा उसका ऊर्जा अंतराल निकालना।

2.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

2.2 उपकरण

2.3 अध्ययन-सामग्री

2.4 पूर्वावधान (सावधानियां)

2.5 प्रयोग

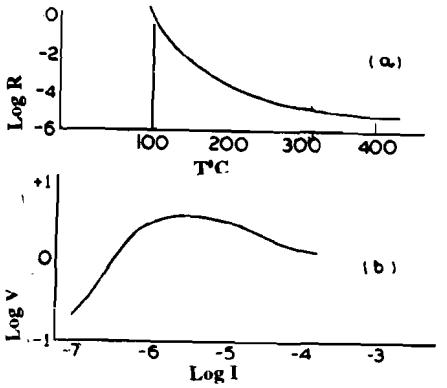
दिए गए तापी प्रतिरोधक का अंशांकन करना

दिए गए तापी प्रतिरोधक का ऊर्जा अंतराल निकालना

2.6 निष्कर्ष

2.1 प्रस्तावना

जब पदार्थो के ताप को सामान्तयतया बढ़ाया जाता है, तब प्राय: इसका विद्युत प्रतिरोध भी बढ़ जाता है। प्रतिरोधक के मान में यह बढ़ोत्तरी अधिकांश बहुत कम होती है (यह बढ़ोतरी 1° C के लिए एक प्रतिशत से कम होती है)। अर्ध-चालक पदार्थो की खोज के बाद और तकनीकी संशोधन करके उन पदार्थो के विद्युत गुण-धर्म के इन परिणामों को इस प्रकार बदल दिया जाता है कि, ताप को बढ़ाने पर विद्युत प्रतिरोध का ताप गुणांक बहुत अधिक बढ़ जाता है। यह तीन से 10 प्रतिशत तक हो सकता है। कुछ ताप प्रतिरोधक में ताप एक डिग्री बढ़ाने से ताप गुणांक कमरे के ताप के लिए प्रतिरोध का पांच प्रतिशत घट जाता है । ताप की इस उच्च संवेदना से तापी प्रतिरोधक इस योग्य बन जाता है कि हम इसे ताप के मापने तथा नियंत्रक आदि के रुप में प्रयोग कर सकते है । तापी प्रतिरोधक को मुख्य रुप से हम 100° C से 300° C के बीच प्रयोग में लाते हैं । साधारणतया तापी प्रतिरोधक के दो मुख्य विशेषता-वक्र होते है (इन्हें चित्र 2.1 में दर्शाया गया है) जिसका उपयोग अधिकतर माप दंड तथा नियंत्रक के रुप में किया जाता है ।



चित्र 2.1

इस प्रयोग के पहले भाग में आप दिए गए तापी प्रतिरोधक का तापीय युग्म की सहायता से अंशाकन करेंगें। क्योंकि 30° C से 150° C तक का ताप हम तापीय युग्म से आसानी से माप सकते हैं।

उद्देश्य

इस प्रयोग करने के बाद आप :

- किसी दीये गये एक अर्धचालक पदार्थ से निर्मित तापी प्रतिरोधक का अंशाकन कर सकेंगे ।
- किसी दीये गये एक अर्धचालक पदार्थ का ऊर्जा अंतराल निकाल सकेंगे ।

2.3 अध्ययन सामग्री

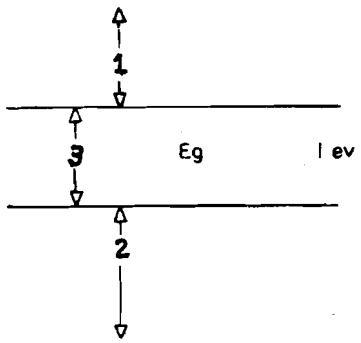
तापी प्रतिरोधक अर्ध चालक पदार्थ से बना हुआ होता है। इसका प्रतिरोध प्राय: ताप को बढ़ाने पर घटता है। प्रतिरोध और ताप के बीच के संबंध को इस प्रकार दिखाया जाता है।

$$R_T = R_0 \exp\left(\frac{E_g}{2kT}\right)$$

यहांR_T = तापमान T के लिए प्रतिरोध है जहां तापमान को केल्विन में मापा गया है ।

R_0 = शून्य डिग्री केल्विन के लिए तापमान है।

E_g = विशे ष अर्ध चालक के पूर्ण रुप से भरे हुए संयोजकता बैंड और खाली चालन बैंड के बीच ऊर्जा का अंतर है । (इसे चित्र 2.2 में दर्शाया गया है।)

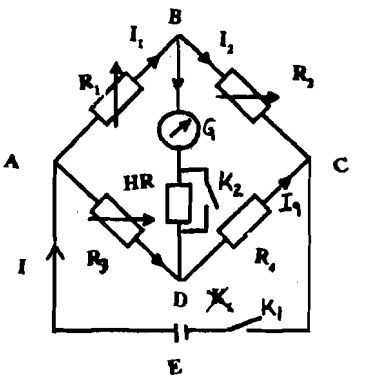


चित्र 2.2

जैसा कि आप जानते हैं कि तापी प्रतिरोधक अर्ध चालक पदार्थो से बनाता हैं । अब हम जिस अर्ध चालक पदार्थ से तापी प्रतिरोधक बना है उसका अंतराल निकालेंगे।

विभिन्न तापमानों पर एक तापी प्रतिरोधक का प्रतिरोध आप ब्रिज परिपथ की सहायता से निकाल सकते हैं । इन परिपथों में हमें एक धारामापी या संतुलन हैडफोन की आवश्यकता होती है, जिसे हम संतुलन सूचक के रुप में प्रयोग में लाते हैं । ये सभी ब्रिज विस्टोन ब्रिज के सिद्धांत पर आधारित हैं । इस परिपथ की व्यवस्था को चित्र 2.3 में दर्शाया गया है ।

विस्टोन ब्रिज में चार प्रतिरोधक R_1 , R_2 , R_3 और R_4 होते हैं, जिन्हें चित्र 2.3 के अनुसार लगाया जाता है । एक बैटरी को दो विपरीत दिशा के सिरों से जोड़ा जाता है । इन दो सिरों को चित्र 2.3 में बिंदु A और C से दर्शाया गया है । एक धारामापी G, जिसका प्रतिरोध R_g है, को संतुलन सूचांक के रुप प्रयोग करते हुए, इसे दूसरे दो संधि युग्मों के बीच में एक अधिक मान वाले प्रतिरोधक के साथ जोड़ा जाता है। इसे चित्र 2.3 में बिंदु B और D के बीच दर्शाया गया है। आप यह जानते हैं कि बैटरी से धारा I परिपथ में बिंदु A से प्रवेश करती है।



चित्र 2.3

प्रतिरोधक R_1 , R_2 , R_3 और R_4 गल्वनोमीटर के प्रतिरोध R_g में क्रमशः I_1 , I_2 , I_3 , I_4 और I_g धारा बह रही है।

किरचौफ के प्रथम नियम को (परिपथ के किसी भी युग्म बिंदु पर मिलने वाली धाराओं का बीजीय योग शून्य होता है)। हम निम्नलिखित संबंधों से दिखा सकते हैं।

बिंदु A पर $\quad I - I_1 = 0$

बिंदु B पर $\quad I - I_2 - I_g = 0$

बिंदु D पर $\quad I_3 + I_g - I_A = 0$

जब ब्रिज संतुलन की अवस्था में होता है, तब बिंदु B और D पर वोल्टता अन्तर बराबर होता है । तब गल्वोनोमीटर के बीच बहने वाली धारा शून्य होती है, इसलिए,

$$I_1 R_1 = I_3 R_3$$

$$I_2 R_2 = I_3 R_3$$

या $$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

यदि तीन प्रतिरोधक R_1 , R_2 और R_3 का मान ज्ञात हो, तब हम चौथे प्रतिरोधक का मान ज्ञात कर सकते हैं ।

विभिन्न तापमान T° केल्विन पर तापी प्रतिरोधक के प्रतिरोध (R_T) के मान को हम ब्रिज परिपथ की सहायता से निकाल सकते हैं।

यदि हम $\frac{1}{T}$ को x-अक्ष पर और $\ln (R_T)$ को y-अक्ष पर रखकर ग्राफ खींचे तो हमें एक सीधी रेखा प्राप्त होती है, जो अगले पेज पर दिए गए समीकरण को प्रदर्शित करती है।

$$\ln (R_T) = \ln (R_0) + \left(\frac{E_g}{2k} \right) \times \left(\frac{1}{\rho} \right)$$

(इस रेखा की प्रवणता $\frac{E_g}{2k}$ के बराबर है)

यदि हम $\frac{1}{T}$ और $\log_{10} R_T$ के बीच, ग्राफ खींचें तो रेखा की प्रवणता को हम इस प्रकार से प्रदर्शित कर सकते हैं।

$$\frac{E_g}{(2k \times 2.303)}$$

रेखा की प्रवणता से हम ऊर्जा अंतराल का मान निकाल सकते हैं।

$$E_g = 4.606 \times k \times \text{रेखा की प्रवणता}$$

यहां पर E_g को e_V में माना गया है।

2.4 पूर्वावधान (सावधानियां)

* प्रयोग करते समय आपको यह ध्यान रखना चाहिये की संतुलन यंत्र यानि गेल्वेनोमीटर खराब न हो जाये । यदि उसमें से बहुत अधिक धारा बह रही हो तो उसके खराब होने का डर होता है। इसलिए उस स्थिति में आप गेल्वेनोमीटर के साथ एक प्रतिरोधक का प्रयोग करे। इसे बचाव प्रतिरोधक कहते हैं। जब ब्रिज संतुलन स्थिति के निकट हो तब आप इस प्रतिरोधक को हटा दें। इसके लिए आप प्रतिरोधक को परिपथ से हटाने की बजाय उसके दोनों सिरों को एक तांबे की तार से जोड़ सकते हैं यानि शार्ट कर सकते हैं।

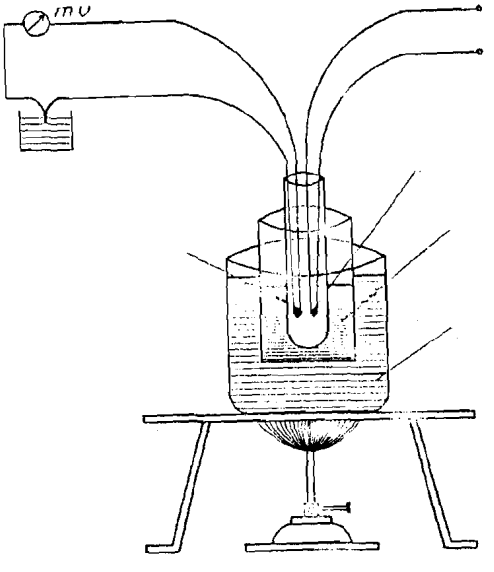
* जब आप थर्मीस्टर का अंशाकन कर रहे हों तब यह ध्यान रखें कि थर्मोकपल और तापी प्रतिरोधक दोनों आपस में जुडे हों।

2.5 प्रयोग

2.5.1 दिए गए तापी प्रतिरोधक का अंशांकन करना ।

विधि

दिए हुए तापी प्रतिरोधक और बहुलमापी की सहायता से कमरे के ताप के लिए आप इसका प्रतिरोध निकालिए। दो लम्बे तार लेकर थर्मीस्टर के दोनों सिरों पर टांका लगा दीजिए । अब इसके दोनों सिरों को ब्रिज के C और D टर्मिनल के बीच में लगा दीजिए। जैसे कि चित्र 2.3 में दिखाया गया है। अन्य तीनों भुजाओं मे ज्ञात मान वाले प्रतिरोधक बॉक्स लगा दीजिए। विभव स्रोत (बैटरी) को इन चार भुजा वाली व्यवस्था के किसी एक पश्चदिशी विकर्ण युग्म से जोड दीजिए जिसकी श्रृंख्ला में, कुंजी को लगाया गया है । एक नाजुक गैल्वनोमीटर या शून्य सूचक या हेडफोन और एक उच्च मान वाला प्रतिरोधक (जिसका मान 5000 ओम हो) को इन चार भुजा वाली व्यवस्था के दूसरे विकर्ण युग्म से जोड दीजिए। इसे चित्र 2.3 में दर्शाया गया है। अब आप थर्मीस्टर के प्रतिरोध को ब्रिज की सहायता से निम्न प्रकार से माप सकते हैं ।



चित्र 2.4

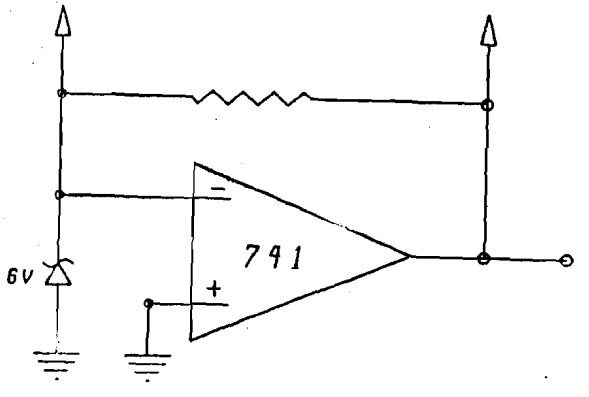
अब आप R_1 और R_2 में प्रत्येक प्रतिरोधक को एक किलो ओम के बराबर लें, व R_3 को शून्य के बराबर लें। पहले कुंजी K_1 फिर K_2 बंद कीजिए और बचाव प्रतिरोधक की कुंजी K_3 को खुला छोडिए। जब गैल्वनोमीटर संतुलन की अवस्था में आ जाए, तब आप बचाव प्रतिरोध की कुंजी को लगा दीजिए और इस प्रकार, गैल्वनोमीटर संतुलन यंत्र की श्रेणी में आ जाएगा, जिससे उसमें बहुत कम धारा प्रवाहित होगी । आप यह ध्यान दीजिए कि कुंजी K_1 को बंद करने के बाद सूचकांक किस दिशा में जाता है। इस विधि को आप तब तक दोहराइए जब तक कि R_3 का मान सबसे अधिक न हो जाए । प्रतिरोधक R_3 का अधिकतम मान $10{,}000$ ओम ले सकते हैं। अब आप सूंचकांक की दिशा को देखिए । आप यह पाएंगे कि के लिए सूचकांक की दिशा विपरीत हो जाएगी और R_3 का मान थर्मीस्टर के प्रतिरोध के मान से कम हो जाएगा । यदि ऐसा होता है तो इसका मतलब यह है कि आपका परिपथ सही रुप से जुड़ा हुआ है। यदि ऐसी नहीं है तो परिपथ के संयोजन को आप पुन: जांच कीजिए ।

अब आप प्रतिरोधक R_1 और R_2 को एक किलो ओम के बराबर लीजिए। प्रतिरोधक R_3 का मान आप तब तक बदलिए जब तक सूचकांक शून्य पर न आ जाए। जब सूचकांक शून्य पर हो, तब आप उच्च मान वाले प्रतिरोधक को कम कर दें। अब आपके माप करने वाले यंत्र की सुग्रहिता बढ़ जाएगी और सूचकांक अधिक झुका हुआ दिखाई देगा। अब आप प्रतिरोधक R_3 को अंतिम मान दीजिए जिससे गैल्वनोमीटर के सूचकांक में गति न हो। ब्रिज पूर्ण रुप से संतुलित है। कमरे के ताप पर प्रतिरोधक R_3 का मान प्रतिरोधक R_4 के मान के बराबर है। इस प्रकार आप एक दिए हुए तापमान पर थर्मीस्टर के प्रतिरोध का मान निकाल सकते हैं । अब आप इस थर्मीस्टर के प्रतिरोध का मान अंकीय बहुलमापी से निकालिए और इसकी तुलना व्हीस्टोन ब्रिज से निकाले हुए मान से कीजिए । क्या इसमें कोई अंतर है? इसका कारण बताइए ।

अब आप एक थर्मोकपल लीजिए, और इसे एक मिलीवोल्टमीटर से जोडिए । इसे आप अंकीय बहुलमापी से भी जोड सकते हैं, जिसे आपने मिलीवोल्ट के परिसर में रखा हुआ है। अब आप तापी प्रतिरोधक को लगाइए और थर्मोकप्ल को भी उसी के पास अचालक टेप लगाकर परखनली के अंदर रखिए। इस परखनली को तेल के बाथ में डुबाईए और स्टैंड पर स्थिर कीजिए। अब इस तेल के बाथ को परखनली सहित, जिसमें थमिस्टर और थर्मोकप्ल लगा हुआ है बड़े पानी के बर्तन में रखिए।

इसे बनसुन बर्नर की सहायता से उबलने तक गर्म कीजिए। अब आप थर्मोकपल के बीच के युग्मों के वोल्टता अंतर को 0.1 वोल्ट के अंतराल पर परिवर्तित कीजिए व उसके साथ साथ ही थर्मीस्टर के प्रतिरोध को भी व्हीस्टोन ब्रिज की सहायता से मापिए, जैसे कि आपको पहले बतलाया गया है।

यदि दिए गए थर्मीस्टर के प्रतिरोध के मान में बहुत कम परिवर्तन होता है, तब आप ओप एम्प को प्रयोग में ला सकते हैं जैसा कि चित्र 2.5 में दर्शाया गया है विस्तार से जानने के लिए ओप एम्प के प्रयोग को पढ़ें।



चित्र 2.5

अपने आंकड़ों का निरीक्षण तालिका 1 में लिखिए ।

निरीक्षण तालिका - 1

कमरे के ताप के लिए थर्मीस्टर का प्रतिरोध = ————

क्रम संख्या	थर्मोकप्ल के सिरों के बीच का विभवांतर		थर्मीस्टर के बीच में विभवांतर	
	जब गर्म किया	जब ठंडा	जब गर्म किया	जब ठंडा

विभिन्न तापमानों पर कापर-कोन्सटन थर्मोकप्ल में थर्मो -emf का मान निरीक्षण तालिका 2 में दिया गया है।

निरीक्षण तालिका 2

कापर-कोन्सटन थर्मोकप्ल का थर्मो - emf तापमान डिग्री सेंटीग्रेट में और emf को मिली वोल्ट में लिया गया है।

तापमान °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
emf mV	0	0.39	0.79	1.19	1.61	2.03	2.47	2.91	3.36	3.81	4.28

निरीक्षण तालिका 2 की सहायता से आप थर्मोकप्ल के बीच विभवांतर और तापमान में ग्राफ खींच सकते हैं । इस ग्राफ से, आप किसी भी वोल्टता के लिए तापमान निकाल सकते हैं। जिसे आप इस ग्राफ से थर्मोपकल की उन वोल्टताओं के लिए भी, जिन्हें आपने तालिका -II में लिखा हुआ है, तापमान निकाल सकते हैं।

अब आप तापमान और प्रतिरोध के आंकड़ों को निरीक्षण तालिका 3 में लिखिए ।

निरीक्षण तालिका-3

क्रम संख्या	तापमान (T)	थर्मीस्टर का तिरोध (R)

तापमान और प्रतिरोध के बीच में नीचे दिए गए स्थान में ग्राफ खींचिए । यह दिए गए तापी प्रतिरोधक का अंशाकन ग्राफ है ।

2.5.2 दिए गए तापी प्रतिरोधक का ऊर्जा अंतराल निकालना।

विधि

अर्धचालक पदार्थ से बने हुए थर्मीस्टर के तापमान और प्रतिरोध के बीच ग्राफ खींचिए । इस समय हम इस प्रयोग के पिछले भाग के आंकडों की सहायता लेंगे । निरीक्षण तालिका -3 के आकड़ों को भी प्रयोग में लाइए। अब आप तापमान के मान को उल्टा करके अर्थात् (1/T) और $\log_{10} R$ को निकालिए । इन आकड़ों को आप निरीक्षण तालिका -4 में लिखिए ।

निरीक्षण तालिका-4

क्रम संख्या	$1/T$	$\log_{10} R$

आप देखेंगें कि यह एक सीधी रेखा है। इस रेखा की प्रवणता निकालिए । प्रवणता के इस मान को आप समीकरण (7) में लिखिए और E_g का मान निकालिए ।

परिणाम

दिए हुए थर्मीस्टर के लिए बेंड अंतराल ऊर्जा E_g का मान _____ है।

2.6 निष्कर्ष

इस प्रयोग में आपने यह अध्ययन किया कि एक थर्मीस्टर को एक तापमान ट्रांसडयूसर के रुप में किस प्रकार से प्रयोग में ला सकते हैं। तथा तापी प्रतिरोधक के पदार्थ के गुणधर्मो के विषय में, जैसे प्रतिरोध और तापमान अभिलक्षण वक्र तथा अर्ध-चालक पदार्थ के ऊर्जा अंतराल को किस प्रकार निकालेंगे।

बोध प्रश्न

व्यावहारिक उपयोग में इस थर्मीस्टर को तापमान मापने के लिए प्रयोग में लाया जाता है इस वि षय में सोचिये और इसका उदाहरण दीजिए ।