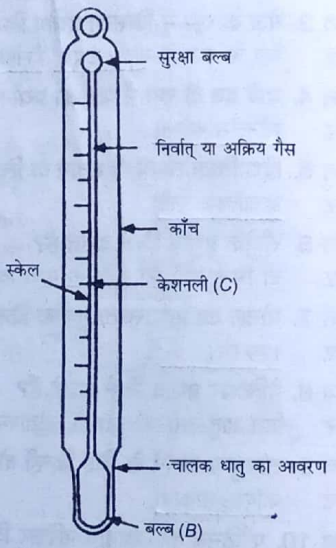
3. **विभेदी प्रसार तापमापी** Differential Expansion Thermometer तापमान बढ़ने पर दो असमान धातुओं की लम्बाई में हुए परिवर्तन का अंतर तापमान परिवर्तन की माप देता है।
4. **विद्युत प्रतिरोध तापमापी** Electrical Resistance Thermometer धातु चालक का प्रतिरोध तापमान बढ़ने पर बढ़ता है, जबकि अर्द्धचालक का प्रतिरोध तापमान बढ़ने पर घटता है। प्रतिरोध मे होने वाला परिवर्तन तापमान परिवर्तन की माप देता है।
5. **तापयुग्म तापमापी** Thermocouple Thermometer दो असामान धातु के तारों से बने युग्म के सिरों के मध्य तापांतर उत्पन्न करने पर विद्युत वाहक बल उत्पन्न हो जाता है। वि०वा०ब० (e.m.f) की माप तापांतर की माप होती है।
6. **प्रकाशीय पायरोमीटर** Optical Pyrometer गर्म वस्तु की प्रतिदीप्ति तीव्रता (luminous intensity) की तुलना ज्ञात तापमान वाली वस्तु की प्रतिदीप्ति से कर तापमान ज्ञात किया जाता है।
7. **विकिरण पायरोमीटर** Radiation Pyrometer तप्त वस्तु से प्राप्त विकिरण की तरंगदैर्घ्य ज्ञात कर तापमान ज्ञात किया जा सकता है।

**द्रव युक्त काँच तापमापी** Liquid in Glass Thermometer यह तापमान मापन करने की सबसे अधिक प्रयोग की जाने वाली युक्ति है। इसके निचले सिरे पर एक बल्ब (*B*) बना रहता है जिसके ऊपर केशनली (*C*) बनी रहती है। केशनली पर तापमान मापन के भाग बने रहते हैं। बल्ब के भीतर द्रव भरा रहता है। जब बल्ब गर्म पदार्थ के सम्पर्क में आता है, तब बल्ब के भीतर द्रव का ऊष्मीय प्रसार होने लगता है जिसके फलस्वरूप द्रव का आयतन बढ़ने लगता है और द्रव केशनली में ऊपर चढ़ने लगता है। इस प्रकार द्रव की ऊँचाई बल्ब के तापमान अर्थात् गर्म पदार्थ के तापमान की माप होती है। केशनली के सबसे ऊपर एक छोटा सुरक्षा बल्ब बना रहता है जो अचानक तापमान बहुत अधिक बढ़ जाने पर द्रव को एकत्रित करने के काम आता है, अन्यथा तापमापी टूट जायेगा। केशनली में द्रव के ऊपर के आयतन में निर्वात भी हो सकता है या कोई गैस भी भरी जा सकती है। सामान्यत: इस स्थान में नाइट्रोजन गैस भर दी जाती है। इससे द्रव का क्वथनांक (boiling point) बढ़ जाता है तथा तापमापी की तापमान मापन सीमा भी बढ़ जाती है।



**चित्र 7.1** काँच तापमापी (Glass Thermometer)

**एक अच्छे द्रव युक्त काँच तापमापी की आवश्यकताएँ** Requirements of a Good Liquid Glass Thermometer एक अच्छे द्रव युक्त काँच तापमापी की आवश्यकताएँ निम्नलिखित हैं—

1. द्रव का आयतन प्रसार गुणांक उच्च होना चाहिए, ऐसा होने पर किसी तापमान पर केशनली में द्रव अधिक ऊँचाई तक चढ़ता है तथा माप लेना आसान हो जाता है। इस दृष्टि से पारे (mercury) की अपेक्षा ऐल्कोहॉल (alcohol) उपयुक्त द्रव है; क्योंकि ऐल्कोहॉल का ऊष्मीय प्रसार गुणांक पारे से 6 गुना अधिक होता है।
2. द्रव की तापमान सीमा अधिक होनी चाहिए।
3. काँच के भीतर केशनली में द्रव स्पष्ट रूप से दिखना चाहिए। इस आधार पर पारा उपयुक्त रहता है। हालाँकि ऐल्कोहॉल में रंग मिला देने के बाद उसे भी प्रयोग किया जा सकता है।



4. द्रव का संसंजक बल (cohesion force) अधिक होना चाहिए। ऐसा होने पर द्रव केशनली की सतह पर चिपकता नहीं है तथा तापमान घटने पर त्रुटिपूर्ण परिणाम नहीं प्राप्त होते हैं। अन्यथा तापमान घटने पर द्रव केशनली की सतह पर बूँदों के रूप में चिपका रह जाएगा और मान कम प्राप्त होगा। इस दृष्टि से पारा उपयुक्त रहता है।

अत: उपरोक्त कारणों से पारा सर्वथा उपयुक्त द्रव है। पारे का तापमापी –38°C से 404°C तथा ऐल्कोहॉल का तापमापी –70°C से 65°C के मध्य प्रयोग किया जाता है। परंतु यदि केशनली में पारे के ऊपर नाइट्रोजन गैस भरी हो तो पारा तापमापी –38°C से लेकर 540°C तापमान तक प्रयोग किया जा सकता है।

**तापमापी की त्रुटियाँ तथा निराकरण** Errors of Thermometers and Remedies तापमापी का बल्ब तापमापी से सर्वाधिक प्रभावित होता है, हालाँकि तापमापी का ऊपरी भाग, जिसे स्टेम (stem) कहते हैं, वह भी प्रभावित हुए बिना नहीं रह पाता है। तापमान बढ़ने पर न केवल द्रव (पारा या ऐल्कोहॉल) का ऊष्मीय प्रसार होता है वरन् तापमापी के स्टेम तथा ऊपरी बल्ब का भी आकार बढ़ जाता है। इस कारण द्रव के लिए उपलब्ध आयतन बढ़ जाता है जिसके कारण तापमान की रीडिंग प्रभावित होती है, इसलिए त्रुटि पर सर्वाधिक नियंत्रण रखने का तरीका यह है कि पूर्ण तापमापी को तापमान वाले पदार्थ में डुबो दिया जाए। परंतु द्रव का तापमान मापन में यह संभव नहीं हो पाता है; क्योंकि तापमापी को द्रव में डुबोने से रीडिंग लेने में असुविधा होती है।

उपरोक्त कठिनाइयों को दृष्टिगत रखते हुए तापमापी को कुछ डुबोकर (partially immersed) अंशांकित कर लिया जाता है। अंशांकन के लिए तापमापी जिस बिन्दु तक डुबोया जाता है, वहाँ पर चिह्न बना दिया जाता है जिससे कि तापमापी सदैव उसी बिन्दु तक डुबोकर प्रयोग किया जाए।

**प्रश्न 2. दाब तापमापी के विभिन्न प्रकारों के नाम लिखते हुए इनका विवरण दीजिए तथा इसकी विशेषताएँ बताइए।**

**उत्तर** चित्र 7.2 में दाब तापमापी की क्रियाविधि को दर्शाया गया है। इसके प्रमुख भाग में बल्ब (*B*), केशनली (*C*) तथा कोई दाब संवेदन गेज (*G*) लगे होते हैं। बल्ब के भीतर तापमान से ऊष्मा ग्रहण करने वाला द्रव (liquid), गैस (gas) या द्रव वाष्प (liquid vapour) भरा रहता है। इसी आधार पर इन्हें द्रवयुक्त (liquid filled), गैसयुक्त (gas filled) तथा द्रव वाष्पयुक्त (liquid vapour filled) दाब तापमापी के रूप में वर्गीकृत किया जाता है।

1. **द्रव-युक्त दाब तापमापी** Liquid Filled Pressure Thermometer इस दाब तापमापी के बल्ब में द्रव भरा रहता है तथा तापमान बढ़ने पर आयतन बढ़ता है। किसी तापमान पर द्रव का आयतन निम्न समीकरण से दिया जाता है—

$$V_T = V_0(1 + \gamma T)$$

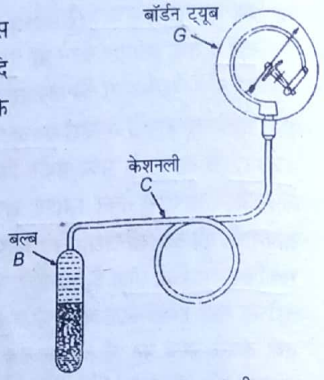
जहाँ $V_T, V_0$ द्रव के अंतिम व आरम्भिक तापमान पर आयतन, $T$ अंतिम तापमान तथा $\gamma$ द्रव का आयतन प्रसार गुणांक है। उपरोक्त समीकरण से स्पष्ट है कि आयतन का तापमान के साथ रेखीय संबंध है। अत: तापमान बढ़ने पर द्रव का आयतन बढ़ता है जिसके फलस्वरूप दाब में वृद्धि होने लगती है जिसे गेज *G* पर तापमान के लिए कैलिब्रेटेड स्केल पर पढ़ लिया जाता है।

तापमान बढ़ने पर केशनली का भी प्रसार होता है। इसके कारण होने वाली त्रुटि की प्रतिपूर्ति करने के लिए बल्ब के आयतन रेखीय रूप में तथा केशनली के आयतन का अनुपात उच्च रखा जाता है,परंतु ऐसा करने पर तापमापी का प्रत्युत्तर समय (response time) घट जाता है।

इस तापमापी में पारे का सर्वाधिक प्रयोग किया जाता है, हालाँकि कार्बनिक रसायन ऐल्कोहॉल के प्रयोग से छ: गुनी संवेदनशीलता पायी जा सकती है।

Scanned by CamScanner

2. **गैसयुक्त दाब तापमापी** Gas Filled Pressure Thermometer गैस युक्त दाबमापी चार्ल्स के नियम (Charle's law) पर कार्य करता है। यदि किसी गैस का आयतन नियत रहता है तो गैस का दाब उसके तापमान के समानुपाती होता है।




चित्र 7.2 दाब तापमापी

आदर्श गैस के समीकरण से, $PV = nRT$

$$P = \left(\frac{nR}{V}\right)T \quad \ldots(i)$$

या $P \propto T$

अत: $$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \ldots(ii)$$

जहाँ 1 व 2 दाब व ताप के स्केल पर न्यूनतम तथा उच्चतम मान दर्शाते हैं। अत: समीकरण (ii) से,

$$\frac{P_2 - P_1}{P_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

परन्तु समीकरण (i) से गैस के मोलों की संख्या,

$$n = \left(\frac{V}{R}\right)\left(\frac{P}{T}\right)$$

या $$n = \frac{V}{R}\left(\frac{P_1}{T_1}\right) = \frac{V}{R}\left(\frac{P_2}{T_2}\right) = \frac{V}{R}\left(\frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}\right) \quad \ldots(iii)$$

अत: गैसयुक्त दाब तापमापी के उपरोक्त सीमाओं के मध्य प्रयोग करने के लिए गैस का आवश्यक भार

$$m = nM$$

जहाँ $M$ गैस का अणुभार है।

3. **द्रव वाष्पयुक्त दाब तापमापी** Liquid Vapour Gas Pressure Thermometer इस तापमापी में मेथिल क्लोराइड, सल्फर डाइ-ऑक्साइड, ईथर, टॉलूईन, ब्यूटेन इत्यादि को बल्ब में इस प्रकार भरा जाता है कि द्रव की सतह बल्ब में ही रहे। (चित्र 7.3)। डाल्टन के नियम के अनुसार यदि किसी निकाय में द्रव व वाष्प दोनों ही उपस्थित हैं तो किसी दिए गए तापमान के लिए केवल एक दाब ही प्रभावी होता है। अत: जब तक द्रव वाष्प की सतह बल्ब में है, तब तक केशनली का तापमान मापन प्रक्रिया को प्रभावित नहीं कर पाता है। दाब व तापमान के मध्य निम्न संबंध का अनुमानत: पालन होता है—

$$P = 2.303 \log_{10}\left(\alpha - \frac{\beta}{T}\right)$$

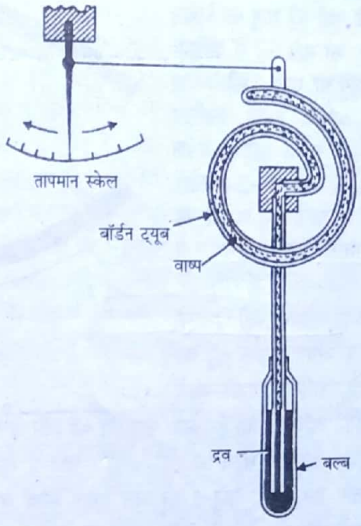
अत: $P$ व $T$ के मध्य अरेखीय संबंध होता है तथा तापमान बढ़ने पर दाब अरेखीय रूप से बढ़ता है। दाब गेज $G$ पर लगे स्केल पर उच्च तापमान के लिए भाग चौड़े रहते हैं।

**दाब तापमापी की विशेषताएँ** Features of Pressure Thermometer दाब तापमापी की विशेषताएँ निम्नलिखित हैं—

(i) ये सस्ते तथा व्यावहारिक रूप में उद्योगों में सर्वाधिक प्रयोग किए जाने वाले तापमापी हैं।

(ii) ये निर्माण में मजबूत होते हैं तथा काँच तापमापी की भाँति आसानी से टूटते हैं और न ही रख-रखाव में खराब होते हैं।






चित्र 7.3 द्रव वाष्पयुक्त दाब तापमापी

(iii) इनके द्वारा तप्त पदार्थ से 60 m दूरी पर रीडिंग ली जा सकती है।

(iv) तापमान के प्रति सबसे अच्छा प्रत्युत्तर समय गैस तापमापी का तथा सबसे कम प्रत्युत्तर समय द्रव तापमापी (पारे) का होता है।

**प्रश्न 3. स्वच्छ चित्र की सहायता से द्विधात्विक तापमापी के सिद्धान्त व कार्यविधि का वर्णन कीजिए।**

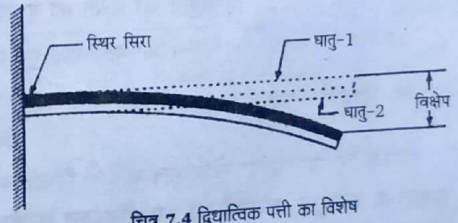
**उत्तर** द्विधात्विक तापमापी का उपयोग ऐसे सभी स्थानों पर किया जाता है, जहाँ का वातावरण निश्चित तापमान पर सदैव बनाए रखना आवश्यक होता है। तापमान की ऐसी आवश्यकता खाद्य पदार्थों, रसायन तथा बीज से सम्बंधित उद्योगों में पड़ती है।

**सिद्धान्त** Principle यह तापमापी प्रमुखत: दो सिद्धान्तों पर कार्य करता है—

(i) सभी धातुएँ तापमान बढ़ने पर फैलती हैं तथा तापमान घटने पर सिकुड़ती हैं तथा

(ii) सभी धातुओं के लिए तापमान प्रसार गुणांक का मान भिन्न होता है। इसलिए समान तापमान वृद्धि के लिए दो भिन्न धातुओं की वृद्धि असमान होती है जिसका अन्तर तापमान मापन के लिए प्रयोग किया जाता है।

**कार्यविधि** Working द्विधात्विक तापमापी बनाने के लिए द्विधात्विक पत्ती (bimetallic strip) का प्रयोग किया जाता है जो दो भिन्न धातुओं की पत्तियों को आपस में जोड़ कर बनायी जाती है। दोनों पत्तियों को आपस में इस प्रकार चिपकाया जाता है कि तापमान परिवर्तित होने पर वे एक साथ विक्षेपित होती हैं। चूँकि दोनों धातुओं के तापमान प्रसार गुणांक भिन्न होते हैं, इसलिए तापमान बढ़ने पर दोनों धातुओं की लम्बाई वृद्धि भी भिन्न होती है। अत: दोनों पत्तियाँ एक ओर मुड़ जाती हैं।

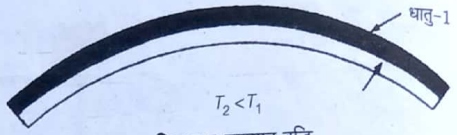



चित्र 7.4 द्विधात्विक पत्ती का विशेष

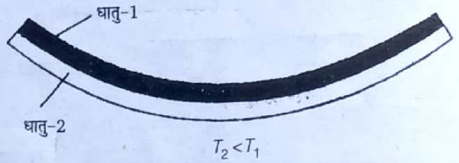
चित्र 7.4 में एक द्विधात्विक पत्ती दिखायी गयी है। पत्ती का एक सिरा स्थिर रखा जाता है, इस प्रकार पत्ती कैंटिलीवर बीम के रूप में आ जाती है। स्थिर तापमान पर पत्ती सीधी रहती है। माना ऊपर की पत्ती का तापमान रेखीय

Scanned by CamScanner

प्रसार गुणांक $\alpha_1$ तथा नीचे की पत्ती की धातु का रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha_2$ है। यदि $\alpha_1$ का मान $\alpha_2$ से अधिक $(\alpha_1 > \alpha_2)$ हो तो तापमान बढ़ने पर धातु-2 की अपेक्षा धातु-1 की पत्ती की लम्बाई अधिक बढ़ेगी, इसलिए द्विधात्विक पत्ती का विक्षेप ऐसा होगा कि धातु-1 उत्तल सतह (convex side) की ओर रहे तथा धातु-2 अवतल सतह (concave side) की ओर रहे। इसका कारण यह है कि उत्तल सतह की परिधि अवतल सतह की परिधि से अधिक लम्बी होती है।



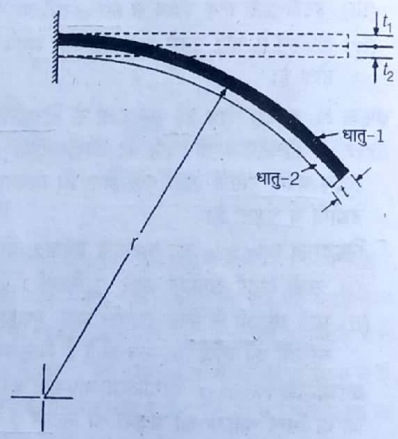
चित्र 7.5 तापमान वृद्धि



चित्र 7.6 तापमान में कमी

चित्र 7.5 में दोनों सिरों पर मुक्त द्विधात्विक पत्ती दिखायी गयी है। धातु-1 के लिए रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha_1$ का मान धातु-2 के $\alpha_2$ से अधिक है, इसलिए तापमान बढ़ने पर $(T_2 > T_1)$ धातु-1 का प्रसार अधिक होता है। अत: धातु -1 की ओर उत्तल सतह तथा धातु-2 की ओर अवतल सतह बन जाती है। इसके विपरीत तापमान घटने पर $(T_2 < T_1)$ धातु-1 की लम्बाई में कमी भी अधिक होती है, इसलिए धातु-1 की ओर अवतल सतह तथा धातु-2 की ओर उत्तल सतह बन जाती है (चित्र 7.6)।

जब द्विधात्विक पत्ती के तापमान में परिवर्तन होता है तो स्थिर सिरे के सापेक्ष मुक्त सिरा इस प्रकार विक्षेपित होता है कि पत्ती वृत्ताकार चाप में मुड़ जाती है।



चित्र 7.7

यदि $t$ = पत्ती की कुल मोटाई,

$T_1$ = आरम्भिक तापमान,

$T_2$ = अंतिम तापमान,

$\alpha_1$ = उच्च तापमान प्रसार गुणांक (धातु-1),

$\alpha_2$ = निम्न तापमान प्रसार गुणांक (धातु-2),

$t_1$ = धातु-1 की पत्ती की मोटाई,

$t_2$ = धातु-2 की पत्ती की मोटाई,

$$m = \frac{\text{धातु -2 की पत्ती की मोटाई}}{\text{धातु -1 की पत्ती की मोटाई}} = \frac{t_2}{t_1}$$

$$n = \frac{\text{धातु-2 का प्रत्यास्थता गुणांक}}{\text{धातु-1 का प्रत्यास्थता गुणांक}} = \frac{E_2}{E_1}$$

अत: द्विधात्विक पत्ती के विक्षेप की त्रिज्या, $r = \dfrac{t[3(1+m)^2 + (1+mn)(m^2 + 1/mn)]}{6(\alpha_1 - \alpha_2)(T_2 - T_1)(1+m)^2}$

उपरोक्त सूत्र की सहायता से तापमान बढ़ने पर द्विधात्विक पत्ती की विक्षेप अवस्था में त्रिज्या ज्ञात कर ली जाती है।

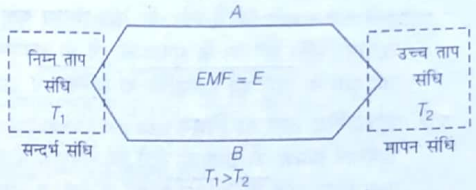
**प्रश्न 4. तापयुग्म तापमापी का कार्य सिद्धान्त समझाइए।** **(2011, 13)**

***अथवा*** **थर्मोकपल के सिद्धान्त व कार्य-विधि पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** **(2015)**

***अथवा*** **थर्मोकपल के सिद्धान्त की व्याख्या स्वच्छ चित्र की सहायता से कीजिए।** **(2016, 18)**



**उत्तर** सन् 1821 में टी०जे० सीबेक (T.J. Seeback) ने पाया कि दो भिन्न धातु के तारों की संधि के मध्य विद्युत वाहक बल उत्पन्न हो जाता है। इसे सीबेक प्रभाव (Seeback effect) कहते हैं। बाद में पेल्टियर ने यह पाया कि विद्युत वाहक बल तब उत्पन्न होता है जब धातु तारों की संधियों के तापमान अलग-अलग होते हैं। इसे पेल्टियर प्रभाव (Peltier effect) कहते हैं। थॉमसन ने यह बताया कि धातु तारों में उनकी लम्बाई के अनुदिश ताप प्रवणता (temperature gradient) विद्यमान रहती है, इसलिए विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है। इसे थॉमसन प्रभाव (Thomson effect) कहते हैं। बाद में यह पाया गया कि अधिकतर स्थितियों मे पेल्टियर वि०वा०ब० का मान, थॉमसन वि०वा०ब० के मान से अधिक होता है। इस प्रकार तापमान मापन के लिए इन प्रभावों पर आधारित युक्ति को तापयुग्म तापमापी कहते हैं।



चित्र 7.8 आरंभिक तापयुग्म तापमापी

दो भिन्न धातुओं के तार $A$ व $B$ एक युग्म का निर्माण करते हैं। एक संधि का तापमान स्थिर रखा जाता है। यह तापमान सामान्यत: शून्य डिग्री सेल्सियस या कमरे का तापमान होता है, इसे सन्दर्भ संधि (reference junction) कहते हैं। दूसरी संधि को उस स्थान पर रखते हैं, जहाँ का तापमान ज्ञात करना है। यह संधि मापन संधि (measuring junction) कहलाती है। जब तक दोनों संधि के तापमान समान रहते है, तब तक वि०वा०ब० उत्पन्न नहीं होता है। जब संधियों के तापमान में अन्तर उत्पन्न किया जाता है, तब ताप वि०वा०ब० (thermo e.m.f.) उत्पन्न हो जाता है तथा तापयुग्म में विद्युत धारा प्रवाहित होने लगती है। मापन संधि का तापमान बढ़ने पर वि०वा०ब० का मान बढ़ने लगता है।

थर्मोकपल में प्रयुक्त धातुओं के उदाहरण निम्नलिखित हैं—

300°C तक —ताँबा कान्सटेण्नन-लोहा कान्सटेण्नन।

600°C तक —लोहा-निकिल।

600°C से 1000°C तक —निकिल-नाइक्रोम।

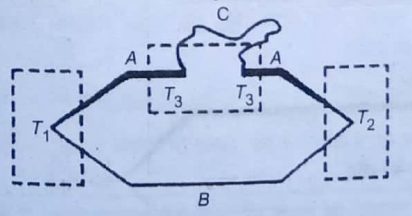
1000°C से 1600°C तक —प्लेटिनम-प्लेटिनम इरीडियम।

1600°C से 2000°C तक —इरीडियम-रेडियम।

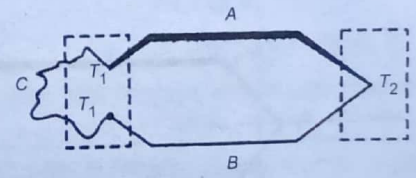
**प्रश्न 5. तापयुग्म तापमापी के नियमों का उल्लेख कीजिए।**

**उत्तर** तापयुग्म तापमापी के निम्नलिखित नियम हैं—

1. **माध्यमिक धातु का नियम** Law of Intermediate Metals यदि तापयुग्म के किसी एक तार के मध्य में किसी तीसरी धातु का तार जोड़ दिया जाए (देखें चित्र 7.9 तथा तीसरी धातु $C$ के दोनों सिरों के तापमान समान $T_3$ रखे जाएँ तो तापमान का वि०वा०ब० अप्रभावित रहता है। तापयुग्म के इस गुण के कारण मध्य में वि०वा०ब० को नापने के लिए कोई मापन युक्ति आसानी से लगायी जा सकती है।



चित्र 7.9 माध्यमिक धातु का नियम



चित्र 7.10

Scanned by CamScanner

इसी प्रकार यदि किसी संधि पर कोई तीसरा धातु तार $C$ लगा दिया जाए (चित्र 7.10) जिसके दोनों सिरों के तापमान संधि तापमान के समान हों, तो भी तापयुग्म का ताप वि०वा०ब० अप्रभावित रहता है। इस गुण के कारण तापयुग्म के तारों को सोल्डरिंग या वेल्डिंग से आसानी द्वारा जोड़ा जा सकता है।

2. **माध्यमिक ताप का नियम** Law of Intermediate Temperature माना तापयुग्म की सन्दर्भ तथा मापन संधि के तापमान क्रमश: $T_1$ तथा $T_2$ रहने पर तापयुग्म में उत्पन्न ताप वि०वा०ब० का मान $e_1$ है। इसी प्रकार यदि सन्दर्भ तथा मापन संधि के तापमान क्रमश: $T_2$ तथा $T_3$ रहने पर यदि वि०वा०ब० का मान $e_2$ है तो उस स्थिति में, जबकि सन्दर्भ संधि तथा मापन संधि के तापमान $T_1$ तथा $T_3$ हैं तो वि०वा०ब० $e_3$ का मान $e_1$ तथा $e_2$ के योग के बराबर होता है, इसलिए

$$\boxed{e_3 = e_1 + e_2}$$

यह नियम तब अधिक उपयोगी हो जाता है जब मापन के समय तापयुग्म का सन्दर्भ तापमान उसके कैलिब्रेशन तापमान से भिन्न है। माना तापयुग्म का कैलिब्रेशन 0°C सन्दर्भ तापमान पर किया गया है, जबकि कमरे के तापमान 27°C को सन्दर्भ तापमान के रूप में प्रयोग किया जा रहा है। तब $T_1 = 0°C$ तथा $T_2 = 27°C$ के लिए $e_1$ का मान ज्ञात कर मापन में समायोजन कर लिया जाता है (चित्र 7.11)।

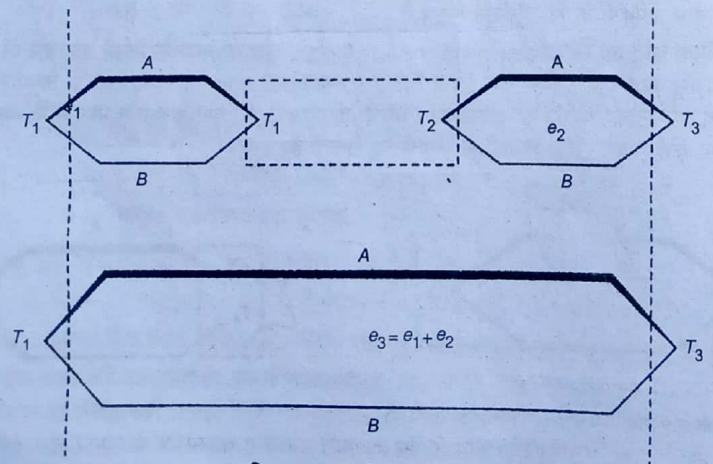
3. **ताप वि०वा०ब० समीकरण** Thermo e.m.f. Equation तापयुग्म का विद्युत वाहक बल मापन संधि के तापमान पर आधारित होता है। यदि सन्दर्भ-संधि का तापमान $T_1 = 0°C$ तथा मापन संधि का तापमान $T_2°C$ है तो ताप वि०वा०ब०,

$$e = \alpha T + \beta T^2$$

जहाँ $\alpha$ तथा $\beta$ नियतांक हैं जिनके मान तापयुग्म की धातुओं पर निर्भर करते हैं। समीकरण से स्पष्ट है कि वि०वा०ब० तथा तापमान के मध्य परवलयाकार (parabolic) सम्बन्ध होता है।

तापयुग्म की संवेदिता (sensitivity) या ताप-विद्युत शक्ति (thermo-electric power) ज्ञात करने के लिए ताप वि०वा०ब० के समीकरण को तापमान के सापेक्ष अवकलित (differentiate) किया जाता है। अत: ताप-विद्युत शक्ति,

$$\frac{de}{dT} = \alpha + 2\beta T$$




**चित्र 7.11** माध्यमिक ताप का नियम



4. **तापयुग्मों का सम्बन्ध** Relation Between Thermocouples माना तापयुग्म का सन्दर्भ तापमान $T_1°C$ तथा मापन तापमान $T_2°C$ है। अब यदि

$e_{AB}$ = धातु तार $A$ व $B$ के तापयुग्म का वि०वा०ब०

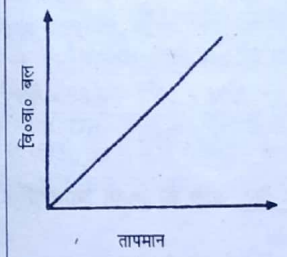
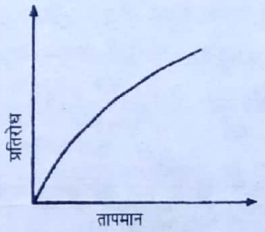
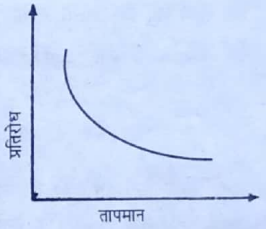
$e_{BC}$ = धातु तार $B$ व $C$ के तापयुग्म का वि०वा०ब०

$e_{AC}$ = धातु तार $A$ व $C$ के तापयुग्म का वि०वा०ब०

तो $e_{AC} = e_{AB} + e_{BC}$

**प्रश्न 6. तापयुग्म तापमापी, प्रतिरोध तापमापी तथा थर्मिस्टर के मध्य तुलना कीजिए।**

**उत्तर** **तापयुग्म तापमापी, प्रतिरोध तापमापी तथा थर्मिस्टर के मध्य तुलना**

| क्र० सं० (S.No.) | तापयुग्म तापमापी (Thermocouple Thermometer) | प्रतिरोध तापमापी (Resistance Thermometer) | थर्मिस्टर (Thermistor) |
|---|---|---|---|
| 1. | ये सक्रिय ट्रांसड्यूसर हैं। | ये निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर हैं। | यह निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर है। |
| 2. | इन्हें बाह्य विद्युत स्रोत की आवश्यकता नहीं होती है। | इन्हें बाह्य विद्युत स्रोत की आवश्यकता पड़ती है। | इन्हें बाह्य विद्युत स्रोत की आवश्यकता पड़ती है। |
| 3. | ये चालक होते हैं। | ये चालक होते हैं। | ये अर्द्धचालक होते हैं। |
| 4. | इनका प्रतिरोध ताप गुणांक (+ve) होता है। | इनका प्रतिरोध ताप गुणांक (+ve) होता है। | इनका प्रतिरोध ताप गुणांक (–ve) होता है। |
| 5. | तापमान बढ़ने पर इनका वि०वा०ब० बढ़ता है। | तापमान बढ़ने पर इनका प्रतिरोध बढ़ता है। | तापमान बढ़ने पर इनका प्रतिरोध घटता है। |
| 6. |   |   |   |
| 7. | यह लगभग रेखीय होते हैं। | यह तापयुग्म की अपेक्षा अधिक रेखीय होते हैं। | यह अरेखीय होते हैं। |
| 8. | तापमान मापन की सीमा बड़ी होती है। | तापमान मापन की सीमा अपेक्षाकृत छोटी होती है। | सीमित तापमान सीमा में प्रयोग किए जा सकते हैं। |
| 9. | ये सस्ते होते हैं। | यह महँगे होते हैं। | ये अपेक्षाकृत कम महँगे होते हैं। |
| 10. | 50% स्थानों में इनका प्रयोग किया जाता है। | 25% स्थानों में इनका प्रयोग किया जाता है। | 25% स्थानों में इनका प्रयोग किया जाता है। |

**प्रश्न 7. पायरोमीटर का कार्य-सिद्धान्त समझाइए। ये कितने प्रकार के होते हैं?**

**उत्तर** यदि अत्यधिक उच्च तापमान ज्ञात करना हो तो प्रतिरोध तापमापी, तापयुग्म तापमापी या अन्य सम्पर्क तापमापी कारगर नहीं होते हैं। अत्यधिक उच्च तापमान पर यह तापमापी गर्म वस्तु के सम्पर्क में आकर नष्ट हो जाते हैं। अत:

Scanned by CamScanner

पायरोमीटर वे तापमापी हैं जो गर्म वस्तु के सम्पर्क में आये बिना, उसके ऊष्मीय विकिरण की सहायता से, तापमान ज्ञात कर सकते हैं।

पायरोमीटर दो प्रकार के होते हैं—

1. विकिरण पायरोमीटर, 2. प्रकाशीय पायरोमीटर। (2011, 12, 13, 14)

**प्रश्न 8. विकिरण पायरोमीटर का वर्णन कीजिए।** (2015, 17)

*अथवा* **रेडिएशन पायरोमीटर पर संक्षिप्त नोट लिखिए।**

**उत्तर** विकिरण पायरोमीटर गर्म वस्तु का तापमान ज्ञात करने के लिए वस्तु द्वारा उत्सर्जित ऊष्मा का मापन करते हैं। जब कोई वस्तु गर्म होती है तो वस्तु विकिरण ऊष्मा का उत्सर्जन करने लगती है। विकिरण की यह ऊष्मा विद्युत-चुम्बकीय तरंगों (electromagnetic waves) के रूप में होती है। ऊष्मीय विकिरण की तरंगदैर्ध्य 0.10 से 100 μm के मध्य रहती है। ऊष्मीय विकिरण पायरोमीटर कृष्णिका (black body) के सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। यदि किसी कृष्णिका का परमताप $T$ (केल्विन) है तो इसके एकांक क्षेत्रफल से एकांक समय में उत्सर्जित होने वाली ऊष्मा निम्न सूत्र से दी जाती है—

$$E_b = \sigma T^4 \ W/m^2$$

जहाँ, $\sigma$ स्टीफन-बोल्ट्जमैन नियतांक (Stefan-Boltzmann constant) है। $\sigma$ का मान $5.72 \times 10^{-8} \ W/m^2 - K^4$ होता है। प्रीवोस्ट (Prevost) के सिद्धान्त के अनुसार कृष्णिका न केवल ऊष्मा का उत्सर्जन करती है वरन् वह वातावरण से होने वाली ऊष्मा का अवशोषण भी करती है। ऊष्मा अवशोषण की मात्रा वातावरण के तापमान पर निर्भर करती है जिसके फलस्वरूप कृष्णिका द्वारा उत्सर्जित की मात्रा घट जाती है। यदि वातावरण का तापमान $T_0$ (केल्विन) है तो कृष्णिका द्वारा उत्सर्जित तुल्य ऊष्मा,

$$E_b = \sigma(T^4 - T_0^4)$$

यदि $T$ का मान $T_0$ से बहुत अधिक है तो उत्सर्जित ऊष्मा को $T^4$ के समानुपाती माना जा सकता है। अत:

$$E_b \approx \sigma T^4$$

इस तथ्य को इस प्रकार समझा जा सकता है कि माना $T = 700°C$ तथा $T_0 = 27°C$ तो

$T^4 - T_0^4 = (973)^4 - (300)^4 = 8.88 \times 10^{11} K^4$, जबकि मान मात्र $T^4 = 8.96 \times 10^{11} K^4$,

अब, प्रतिशत त्रुटि $= \dfrac{T^4 - (T^4 - T_0^4)}{T^4} \times 100 = \dfrac{8.96 \times 10^{11} - 8.88 \times 10^{11}}{8.96 \times 10^{11}} \times 100$

$= 0.90\%$

अत: उच्च तापमान होने पर वातावरण के तापमान का प्रभाव नगण्य होता जाता है। किसी व्यावहारिक गर्म वस्तु (practical hot body) के लिए ऊष्मा विकिरण की दर,

$$E = \epsilon \sigma T^4 \ W/m^2$$

जहाँ, $\epsilon$ वस्तु की उत्सर्जन क्षमता (emissive power) या उत्सर्जकता (emissivity) कहलाती है। वस्तु की उत्सर्जन क्षमता वस्तु के ऊष्मीय विकिरण तथा उसी तापमान पर कृष्णिका के ऊष्मीय विकिरण का अनुपात होती है। अत: वस्तु की उत्सर्जन क्षमता निम्न सूत्र से व्यक्त की जा सकती है—

$$\epsilon = \frac{E}{E_b}$$

$\epsilon$ मान 0 से 1 के मध्य होता है। चिकनी सतहों के लिए $\epsilon$ का मान अत्यंत कम तथा खुरदरी सतहों के लिए $\epsilon$ का मान 1 से थोड़ा ही कम होता है।

किसी वस्तु से उत्सर्जित होने वाली कुल ऊष्मा विकिरण में किसी विशेष तरंगदैर्ध्य में संचित ऊष्मा प्लैंक के निम्न सूत्र से दी जाती है—

$$E_\lambda = C_1 \lambda^{-5} / [e^{C_2/\lambda T} - 1]$$



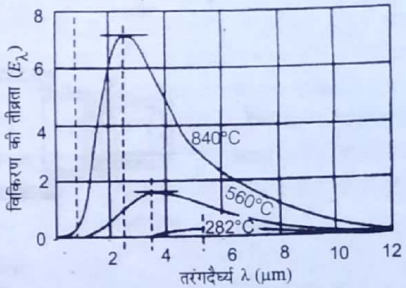
**सारणी : सतहों की उत्सर्जकता Emissivity of Surfaces**

| सतह (Surface) | $\epsilon$ (Emissivity) |
|---|---|
| पॉलिश सिल्वर | 0.025 |
| पॉलिश निकिल | 0.04 |
| कंक्रीट | 0.63 |
| लाल ईंट | 0.93 |
| जल | 0.96 |
| आदर्श कृष्णिका | 1.00 |

कृष्णिका का ऊष्मीय विकिरण (चित्र 7.12 में) ग्राफ द्वारा दर्शाया गया है। ग्राफ से स्पष्ट है कि किसी दिए गए तापमान पर कृष्णिका द्वारा उत्सर्जित होने वाली कुल विकिरण ऊर्जा में किसी विशेष तरंगदैर्ध्य की सहभागिता सर्वाधिक होती है। जैसे-जैसे कृष्णिका का तापमान बढ़ाया जाता है, सर्वाधिक ऊर्जा वाली तरंगदैर्ध्य का मान घटने लगता है। अत: वीन के विस्थापन के नियम (Wien's displacement law) के अनुसार,

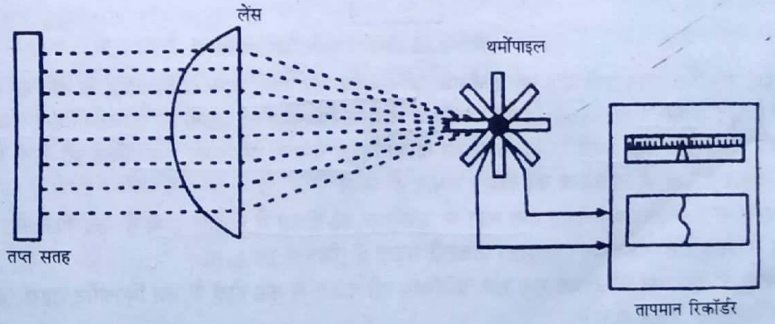
$$\lambda_m T = b$$

जहाँ, $b$ वीन का नियतांक है जिसका मान $2.9 \times 10^3$ m-K होता है। विकिरण पायरोमीटर द्वारा गर्म वस्तु से प्राप्त समस्त ऊर्जा का अवशोषण कर तापमान ज्ञात किया जाता है। किसी गर्म वस्तु द्वारा उत्सर्जित समस्त ऊर्जा का मान चित्र 7.12 में दर्शाए गए ग्राफ के क्षेत्रफल के बराबर होता है। यदि विकिरण का आंशिक भाग प्रयोग किया जाए तो किसी नियत तरंगदैर्ध्य के लिए भिन्न तापमानों पर वस्तु द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा का अंतर वस्तु के तापमान की माप होता है।




**चित्र 7.12** वीन के विस्थापन नियम का ग्राफ

विकिरण पायरोमीटर युक्ति का मूल कार्य विकिरण ऊर्जा को ऊष्मा में परिवर्तित करना होता है जिससे तापमान मापन संभव हो सके। उक्त कार्य के लिए तापयुग्म, थर्मोपाइल, प्रकाश वैद्युत ट्रांसड्यूसर तथा बैलोमीटर का प्रयोग किया जाता है।




**चित्र 7.13** विकिरण पायरोमीटर

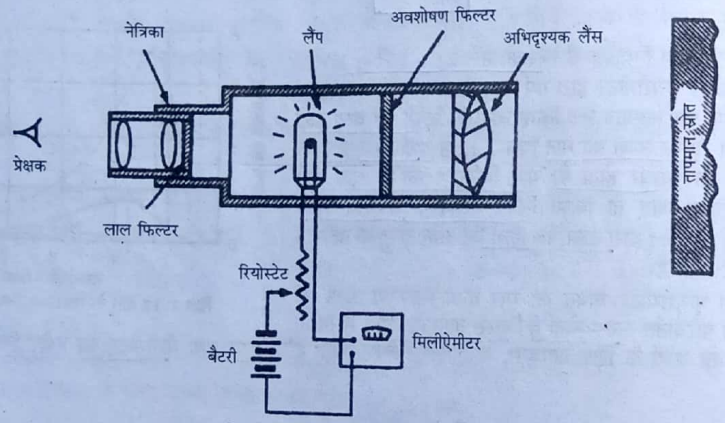
Scanned by CamScanner

**प्रश्न 9. एक प्रकाशीय पायरोमीटर की कार्यप्रणाली को स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइए।** (2016)

*अथवा* **प्रकाशीय पायरोमीटर का वर्णन कीजिए।**

**उत्तर** किसी उच्च तप्त वस्तु से उत्सर्जित होने वाला विकिरण विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के दृश्य परिक्षेत्र (visible region) में रहता है। अत: दृश्य विकिरण के अन्तर्गत किसी निश्चित तरंगदैर्ध्य तक ऊर्जा तापमान बढ़ने पर बढ़ती है तथा तापमान घटने पर घटती है। दृश्य परिक्षेत्र में पड़ने वाली किसी तरंगदैर्ध्य का निश्चित रंग होता है तथा रंग की तीव्रता (intensity or brightness) विकिरण की माप होती है। अत: यदि किसी रंग के विकिरण की तीव्रता का मापन कर लिया जाए तो विकिरण स्रोत के तापमान का मान ज्ञात किया जा सकता है। प्रकाशीय विकिरण का कार्य इसी सिद्धान्त पर आधारित रहता है। विकिरण में से किसी निश्चित रंग का तरंगदैर्ध्य प्राप्त करने के लिए फिल्टर (filter) का प्रयोग किया जाता है।

**अदृश्य फिलामेंट प्रकाशीय पायरोमीटर** Disappearing Filament Optical Pyrometer अदृश्य फिलामेंट प्रकाशीय पायरोमीटर तुलनात्मक विधि (comparison methtod) पर कार्य करता है। इसका सरल रेखीय आरेख चित्र 7.14 में दर्शाया गया है। मापन के लिए सदैव तापमान की आवश्यकता पड़ती है। इस युक्ति में सन्दर्भ तापमान के रूप में विद्युत ऊर्जा द्वारा तप्त बल्ब के फिलामेंट का प्रयोग किया जाता है। अज्ञात तापमान के स्रोत से प्राप्त विकिरण की तुलना बल्ब से प्राप्त विकिरण से की जाती है, यही इस युक्ति का तापमान का आधार है।




**चित्र 7.14** प्रकाशीय पायरोमीटर का आरेख

विकिरण उत्सर्जित करने वाले स्रोत का प्रतिबिम्ब, अभिदृश्यक लेंस द्वारा, बल्ब के फिलामेंट के तल पर बनाया जाता है। बैटरी से जुड़े रियोस्टेट (rheostate) की सहयता से बल्ब के फिलामेंट की तीव्रता का परिवर्तन किया जाता है। फिलामेंट को नेत्रिका के द्वारा देखा जाता है। फिलामेंट की तीव्रता विद्युत धारा से इस प्रकार समायोजित की जाती है कि फिलामेंट तथा विकिरण स्रोत के प्रतिबिम्ब की तीव्रता समान हो जाए।

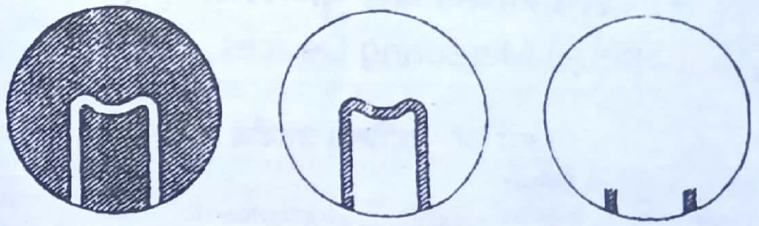
जब बल्ब के फिलामेंट की तीव्रता तप्त स्रोत के प्रतिबिम्ब की तीव्रता से अधिक होती है, तब फिलामेंट, प्रतिबिम्ब की तुलना में अत्यधिक चमकदार (bright) दिखायी पड़ता है [चित्र 7.15 (a)]।

जब बल्ब के फिलामेंट की तीव्रता तप्त स्रोत प्रतिबिम्ब की तीव्रता से कम होती है, तब फिलामेंट गहरा (dark) दिखायी पड़ता है। [चित्र 7.15 (b)]।

जब बल्ब के फिलामेंट की तीव्रता तप्त स्रोत के प्रतिबम्ब की तीव्रता के बराबर होती है, तब फिलामेंट की बाह्य रेखा नहीं दिखायी पड़ती है। चूँकि विकिरण के किसी तरंगदैर्ध्य की तीव्रता तप्त स्रोत के तापमान पर निर्भर करती है तथा फिलामेंट



की तीव्रता बल्ब में बहने वाली विद्युत धारा पर निर्भर करती है इसलिए प्रकाशीय पायरोमीटर के बल्ब में बहने वाली विद्युत धारा स्रोत के तापमान के लिए अंशांकित कर ली जाती है। परंतु फिलामेंट में प्रवाहित विद्युत धार फिलामेंट के प्रतिरोध पर निर्भर करती है, इसलिए आजकल मिलने वाले प्रकाशीय पायरोमीटर के फिलामेंट का प्रतिरोध तापमान के लिए अंशांकित होता है।



(a) जब फिलामेंट अधिक गर्म है (b) जब फिलामेंट कम गर्म है (c) जब फिलामेंट तथा स्रोत समान ताप पर है

**चित्र 7.15** फिलामेंट तथा तप्त स्रोत के प्रतिबिम्ब की तुलना

प्रकाशीय पायरोमीटर में लगे बल्ब पर ही यंत्र द्वारा नापे जा सकने वाले तापमान की अधिकतम सीमा निर्भर करती है। यदि तापमान अधिक है तो बल्ब में अधिक धारा प्रवाहित करनी होती है। एक निश्चित मान से अधिक विद्युत धारा प्रवाहित होने पर बल्ब के फ्यूज होने का भय बढ़ जाता है, इसलिए बल्ब तथा विकिरण स्रोत के मध्य एक अवशोषण फिल्टर (absorption filter) लगा दिया जाता है। इसे लगा देने पर यंत्र का परास 3000°C तक बढ़ जाता है। यंत्र में नेत्रिका के पास एक लाल रंग का फिल्टर (red filter) भी प्रयोग किया जाता है। इसके प्रयोग से नेत्रिका पर एकवर्णीय प्रकाश (monochromatic light) आपतित होता है जिससे तुलनात्मक मापन आसान बन जाता है। प्रकाशीय पायरोमीटर द्वारा भट्टियों (furnaces), पिघली धातुओं (molten metals) इत्यादि अन्य तप्त वस्तुओं का तापमान ज्ञात किया जाता है।

**प्रश्न 10. प्रतिरोध तापमापी पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।**

**उत्तर** वे पदार्थ जिनका प्रतिरोध तापमान से प्रभावित होता है, उनका प्रयोग तापमापी के रूप में किया जाता है। तापमान बढ़ने पर धातु के तार का प्रतिरोध बढ़ता है, जबकि अर्द्धचालकों का प्रतिरोध तापमान बढ़ने पर घटता है। धातु प्रतिरोध तापमापी के रूप में प्लैटिनम तापमापी सर्वाधिक प्रयोग किया जाता है। इन्हें प्रतिरोध तापमान डिटेक्टर (resistance temperature detectors) या RTD कहते हैं। तापमान मापन के लिए तापमापी को ह्वीटस्टोन ब्रिज की एक भुजा में लगा दिया जाता है। तापमान बढ़ाने पर तापमापी का प्रतिरोध बदलता है जिसके कारण ब्रिज असंतुलित हो जाता है। ब्रिज का वोल्टेज आउटपुट तापमान के लिए अंशांकित रहता है।

इसी प्रकार तापमान मापन के लिए थर्मिस्टर का भी प्रयोग किया जाता है। अर्द्धचालक थर्मिस्टर का प्रतिरोध ताप गुणांक ऋणात्मक होता है, इसलिए तापमान बढ़ने पर इनका प्रतिरोध घटता है। अत: संगत धारा का परिवर्तन तापमान की माप प्रदर्शित करता है। उपरोक्त दोनों प्रकार के तापमापी निष्क्रिय ट्रांसड्यूसर की श्रेणी में आते हैं।

Scanned by CamScanner

# 8 विशेष मापन की युक्तियाँ
## Special Measuring Devices

### खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

**प्रश्न 1. CMM का पूर्ण रूप लिखिए।**

**उत्तर** कोऑर्डिनेट मेजरिंग मशीन (Coordinate Measuring Machine)।

**प्रश्न 2. CMM कितने प्रकार का होता है?**

**उत्तर** यह दो प्रकार का होता है— (i) मैनुअल, (ii) ऑटोमैटिक।

**प्रश्न 3. CMM के मापन स्टाइलस कितनी श्रेणियों में आते हैं?**

**उत्तर** ये दो श्रेणियों में आते हैं— (i) सम्पर्क करने वाले प्रोब, (ii) सम्पर्क न करने वाले प्रोब।

**प्रश्न 4. त्रिविमीय मापन मशीन का आधार किस धातु का बनाया जाता है?**

**उत्तर** त्रिविमीय मापन मशीन का आधार ग्रेनाइट का बनाया जाता है।

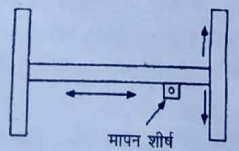
**प्रश्न 5. CMM के द्वारा होने वाली मापन प्रक्रियाएँ बताइए।**

**उत्तर** CMM के द्वारा कोणीयता, वक्रता, गोलीयता, संकेन्द्रीयता, पिच व्यास, सममितता आदि मापन प्रक्रियाएँ आसानी से की जा सकती हैं।

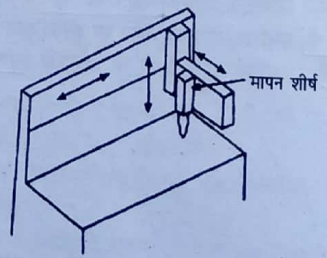
### खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

**प्रश्न 1. निर्देशांक मापन मशीन (CMM) की कार्य विधि समझाइए।**

**उत्तर** **निर्देशांक मापन मशीन** Co-ordinate Measuring Machine; CMM **मशीन** $X$, $Y$ **तथा** $Z$-**अक्ष के पूर्ण यथार्थ** मापन करने में सक्षम होती है। इनकी मापन प्रक्रिया आसान, विश्वसनीय तथा आसानी से नियंत्रित की जा सकती है। प्रत्येक स्लाइड का रेखीय विस्थापन रेखीय ट्रांसड्यूसर द्वारा नापा जाता है। ट्रांसड्यूसर का आउटपुट डिजिटल (digital) रूप में संदर्भ बिन्दु के सापेक्ष (+ve) या (–ve) मान के रूप में प्राप्त होता है। CMM मैनुअल (manual) तथा ऑटोमैटिक (automatic) दोनों प्रकार की होती है। CMM से कम्प्यूटर जुड़ा रहता है जो विभिन्न मापन की सूचना स्क्रीन पर दर्शाता रहता है।



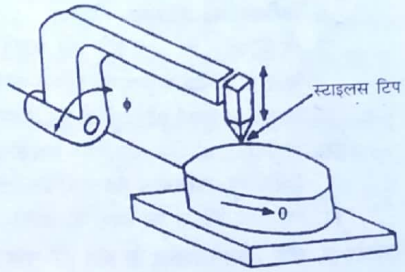
चित्र 8.1 ब्रिज टाइप CMM



चित्र 8.2 कैंटिलीवर टाइप CMM



आजकल बाजार में विभिन्न आकारों की CMM उपलब्ध हैं जो कठिन ज्यामिति वाली वस्तुओं का मापन करने में प्रयोग की जाती हैं। विभिन्न प्रकार की CMM चित्रों में दर्शायी गयी हैं। ब्रिज टाइप CMM द्वारा मापन करने में त्रुटियाँ कम रहती हैं। कैंटिलीवर टाइप CMM का $y$-अक्ष में विक्षेप होने के कारण त्रुटियों की संभावना बढ़ जाती है, परंतु इसे लोड व अनलोड करना आसान होता है। गोलीय CMM मशीन, जिन्हें $R$-$\theta$ मापन मशीन भी कहते हैं, गोलीय अवयवों को जाँच करने के लिए प्रयोग की जाती हैं।

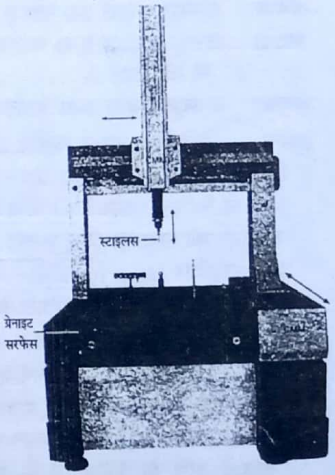


चित्र 8.3 गोलीय CMM

मापन प्रक्रिया आरम्भ करने के लिए सर्वप्रथम नापे जाने वाले अवयव को ग्रेनाइट टेबल पर इस प्रकार लगाया जाता है कि वह तीनों अक्ष की दिशा में संरेखित रहे। CMM के मापन शीर्ष पर गोलीय टेपरयुक्त स्टाइलस लगा होता है।

माना हमें दो छिद्रों के मध्य की दूरी ज्ञात करनी है। सबसे पहले स्टाइलस को एक छिद्र के चार बिन्दुओं पर स्पर्श कराया जाता है। ऐसा करने से वह छिद्र संदर्भ बन जाता है। अब यही प्रक्रिया दूसरे छिद्र के लिए अपनाई जाती है। अत: हमें पहले छिद्र के सापेक्ष दूसरे छिद्र की स्थिति ज्ञात हो जाती है। CMM द्वारा कठिन विमाओं की माप अत्यंत कम समय में तथा बेहद शुद्धता के साथ ज्ञात की जाती है।

आजकल बाजार में मिलने वाली CMM तीनों अक्ष के विस्थापन का डिजिटल आउटपुट देने में समक्ष होती हैं। इन मशीनों के द्वारा 0.1 $\mu m(10^{-7} m)$ तक की शुद्धता प्राप्त की जा सकती है। विस्थापन की माप ज्ञात करने के लिए म्वायर फ्रिंज ग्रेटिंग (moire fringe grating) तकनीक का प्रयोग किया जाता है। इस तकनीक में एक अक्ष की पूरी लम्बाई में बराबर स्केल ग्रेटिंग के ऊपर स्लाइडर-ग्रेटिंग सरकती है। व्यतिकरण फ्रिंज समूह के पूर्ण चक्र विस्थापन की माप देते हैं। आजकल अक्षीय विस्थापन के लिए स्लाइडर गाइड के भीतर संपीडित वायु द्वारा गति प्राप्त करते हैं। संपीडित वायु दाब 4 atm रखा जाता है। कुछ CMM में प्रकाशीय तुलनित्र तथा माइक्रोमीटर भी लगा रहता है। इससे छोटे तथा मृदु अवयवों की जाँच आसान हो जाती है। यदि CMM में टेबल घूर्णी गति कर सकती है तो मशीन अधिक उपयोगी सिद्ध होती है। CMM के द्वारा कोणीयता, वक्रता, गोलीयता, संकेन्द्रीयता, पिच व्यास, सममितता इत्यादि मापन प्रक्रियाएँ पूरी आसानी से की जा सकती हैं।



चित्र 8.4 CMM

**प्रश्न 2. निर्देशांक मापन मशीनों के लाभ बताइए।**

**उत्तर** निर्देशांक मापन मशीनों के लाभ निम्न हैं—

1. क्रिया के अन्तर्गत अधिक-से-अधिक निरीक्षण।
2. परिशुद्धता में सुधार।
3. ऑपरेटर की त्रुटियों में कमी।
4. कम कुशल ऑपरेटरों की आवश्यकता।
5. निरीक्षण में प्रयोग होने वाले सलांगों (fixturing) की आवश्यकता में घटत और उनकी अनुरक्षण लागत की कमी।

Scanned by CamScanner

6. निरीक्षण की एकसमान गुणवत्ता।
7. तैयार पार्ट्स के स्क्रेप होने और खराब होने में घटत।
8. जॉब के प्रत्येक लक्षण की चैकिंग करने के लिए go/no go गेज की आवश्यकता का न होना।
9. मापन का समय और त्रुटियों का आगणन करने तथा रिकॉर्ड करने की आवश्यकता कम हो जाती है।
10. कार्यखण्ड का सेट-अप समय कम हो जाता है तथा उसे पकड़ने व बाँधने की लागत भी कम हो जाती है; क्योंकि मशीन पर कार्यखण्ड का असंरेखन (misalignement) स्वचालित रूप से समंजित हो जाता है।
11. निरीक्षण प्रक्रिया का सरल हो जाना।

**प्रश्न 3. प्रोब कितने प्रकार के होते हैं? नाम लिखिए।**

**उत्तर** CMM के मापन स्टाइलस या प्रोब (probe) दो श्रेणियों में आते हैं—सम्पर्क करने वाले प्रोब तथा न सम्पर्क करने वाले प्रोब। सम्पर्क करने वाले प्रोब गोलीय शीर्ष के बने होते हैं। ये विभिन्न लम्बाइयों में उपलब्ध होते हैं। यदि मापन बल (measuring force) मापन किए जाने वाले अवयव को विरूपित कर सकता है तो लेसर प्रोब का प्रयोग किया जाता है। यह प्रोब अवयव के तथा वास्तविक सम्पर्क नहीं करते हैं, इसलिए मापन प्रणाली की शुद्धता बढ़ जाती है।

**प्रश्न 4. एक त्रिविमीय मापन मशीन की कार्य पद्धति समझाइए।** (2011, 12,14)

*अथवा* **कम्प्यूटर-कृत 3D मापक मशीन की कार्य-विधि पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** (2015)

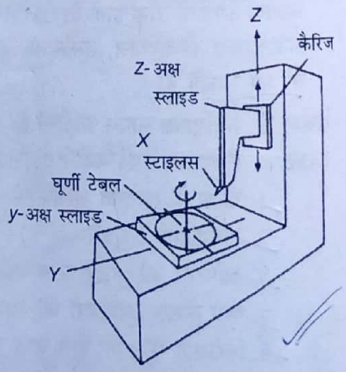
*अथवा* **कम्प्यूटराइज्ड 3-D मापन उपकरण की कार्यप्रणाली के सिद्धान्त की व्याख्या स्वच्छ चित्र की सहायता से कीजिए।** (2016, 18)

*अथवा* **कम्प्यूटर-कृत 3-D मापक मशीन का वर्णन कीजिए।** (2016, 17)

**उत्तर** **त्रिविमीय मापन मशीन** Three-dimensional Measuring Machine आधुनिक उत्पादन उद्योगों के लिए त्रिविमीय मापन मशीनों द्वारा मापन वृहद् रूप में किया जाता है। ये मशीनें किसी अवयव की सेटिंग बदले बिना तीनों अक्षों में विभिन्न विमाओं की जाँच करने में सक्षम होती हैं। इन मशीनों के साथ कम्प्यूटर को भी जोड़ा जा सकता है। कम्प्यूटर की सहायता से $x$, $y$ तथा $z$-अक्ष की विमाओं की गणाना साथ-साथ होती रहती है। स्केल के रूप में लेसर इन्टरफेरोमीटर (laser interferometer) का प्रयोग किया जाता है। लेसर इन्टरफेरोमीटर द्वारा 1 mm के 1/10,000 वें भाग तक मापन किया जा सकता है।

चित्र 8.5 में त्रिविमीय मापन मशीन का सरल आरेख दिखाया गया है। कार्यखण्ड को मापन टेबल पर रखकर कस दिया जाता है जिससे कि मापन के समय वह हिल-डुल न सके। $x$-अक्ष का विस्थापन मापन टेबल प्रदान करती है। $y$-अक्ष का विस्थापन कैरिज के द्वारा प्राप्त होता है। कैरिज पर लगी हुई $z$-स्लाइड ऊर्ध्वाधर ऊपर तथा नीचे का विस्थापन प्रदान करती है। प्रत्येक अक्ष का विस्थापन प्राप्त करने के लिए स्टेपिंग मोटर (stepping motor) का प्रयोग किया जाता है। $x$, $y$ तथा $z$-अक्ष के कैरिज द्वि वी-आकार के गाइड-वे पर सरक कर विस्थापन प्रदान करते हैं।

मशीन के केन्द्र पर एक रोटरी टेबल लगी रहती है जो $y$-अक्ष की स्लाइड पर स्थित होती है। मापन मशीन का स्टाइलस एक LVDT ट्रांसड्यूसर होता है। स्टाइलस की टिप गोलीय (spherical) आकार की होती है। LVDT की अक्ष को $y$ तथा $z$-अक्ष के साथ 45° के कोण पर रखा जाता है। इससे दोनों अक्ष के अनुदिश स्टाइलस का विस्थापन ज्ञात हो जाता है। विस्थापन की यथार्थता लेसर इन्टरफेरोमीटर द्वारा प्राप्त की जाती है। स्ट्रेट एज को प्रत्येक स्लाइड के किनारे लगाकर सीधापन प्राप्त किया जाता है। माना $z$-अक्ष की दिशा में सीधेपन में कुछ त्रुटि है तो वह त्रुटि $y$-अक्ष की दिशा में होनी परिलक्षित होगी। स्ट्रेट एज से लगे हुए LVDT द्वारा इस त्रुटि की




**चित्र 8.5** 3D मापन मशीन



संवेदना ग्रहण कर ली जाती है तथा तदनुपात में $y$-स्लाइड का शून्य विस्थापित हो जाता है। इसी प्रकार $y$-अक्ष की सीधेपन की त्रुटि $z$-अक्ष में परिलक्षित होगी तथा उसी अनुपात में $z$-अक्ष का शून्य विस्थापित हो जाता है। मशीन को मजबूत तथा स्लाइड, कैरिज विस्थापन से अप्रभावित रखने के लिए मापन मशीन तथा मशीन आधार को एक-दूसरे से स्वतंत्र रखा जाता है। ऐसा करने पर मापन मशीन पर सदा नियत दाब ही रहता है।

मशीन का आधार ग्रेनाइट का बनाया जाता है। ग्रेनाइट का ऊष्मीय प्रसार गुणांक बहुत कम होता है। मशीन के क्रियाशील रहने पर तापमान बढ़ जाता है, इसलिए तापमान नियंत्रण के लिए तेल का प्रयोग किया जाता है। लेसर पुंज के पथ पर वायुमण्डलीय दाब से कुछ अधिक दाब पर हीलियम गैस भरी रहती है, इससे लेसर पुंज का स्थायित्व बना रहता है।

Scanned by CamScanner