मापनिकी एवं मापन यन्त्र

हल प्रश्न-पत्र 2019

समय : 2 : 30 घण्टे] [पूर्णांक : 50

नोट :—(i) सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए। प्रत्येक प्रश्न के काई दो भागों के उत्तर दीजिए।

(ii) परीक्षार्थियों को सलाह दी जाती है कि वे प्रश्न-पत्र के दोनों अनुवादों में सांख्यिकी आँकड़ों का विशेष रूप से मिलान कर लें। यदि हिन्दी अनुवाद के किसी प्रश्न में किसी प्रकार की भिन्नता है, तो परीक्षार्थी अंग्रेजी अनुवाद के अनुसार प्रश्न का उत्तर दें।

(iii) परीक्षार्थियों द्वारा पेजर और मोबाइल फोन का प्रयोग अनुमन्य नहीं है।

प्रश्न 1. (क) **(i) विनिमयशीलता क्या है? विनिमयशील-उत्पादन से लाभ उदाहरण सहित बताइए।**

(ii) सहिष्णुता (tolerance) एवं अलाउन्स में अन्तर बताइए। उदाहरण भी दीजिए।

(ख) **स्क्रू एवं स्क्रू-नट पर आधारित यांत्रिकी मापन यन्त्र का कार्य सिद्धान्त का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।**

(ग) **ट्रान्सड्यूसर क्या है? कैपसिटिव ट्रान्सड्यूसर के सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।**

उत्तर (क) **(i)** किसी छिद्र की उच्च-सीमा A_b या शाफ्ट की उच्च-सीमा B_b उनके वास्तविक माप की अधिकतम ग्राह्य मान होती है तथा छिद्र की निम्न-सीमा A_m या शाफ्ट की निम्न सीमा B_b उनके वास्तविक माप का निम्नतम ग्राह्य मान होती है।

उच्च-सीमा (high-limit) तथा निम्न-सीमा (low limit) के अन्तर को सीमान्तर या अनुमेयता कहते हैं। सीमान्तर का मान हमेशा धनात्मक (positive) होता है। इसे ग्रीक अक्षर δ (delta) से व्यक्त करते हैं। छिद्र तथा शाफ्ट के लिए सीमान्तर को क्रमश: δ_A तथा δ_B से व्यक्त करते हैं,

इस प्रकार,

छिद्र के लिए सीमान्तर, $\delta_A = A_b - A_m$

तथा शाफ्ट के लिए सीमान्तर, $\delta_B = B_b - B_m$

अत: हम कह सकते हैं कि सीमान्तर एक ग्राह्य त्रुटि (permissible error) को व्यक्त करता है जो निर्माणाधीन वस्तु की विमाओं में स्वीकार्य होती है।

(ii) सहिष्णुता Tolerance उच्च सीमा तथा निम्न सीमा के अन्तर को सहिष्णुता कहते हैं। सहिष्णुता का मान हमेशा धनात्मक होता है। इसे ग्रीक अक्षर δ (delta) से व्यक्त करते हैं।

उदाहरण—छिद्र के लिए सहिष्णुता, $\delta_A = A_b - A_m$

शाफ्ट के लिए सहिष्णुता, $\delta_B = B_b - B_m$

छूट Allowance किसी अन्वायोजन में छिद्र तथा शाफ्ट की विमाओं में प्रदान किये गये अन्तर को छूट (allowance) कहते हैं।

छूट की अधिकतम तथा न्यूनतम सीमाएँ होती हैं। अधिकतम छूट शाफ्ट के निम्नतम साइज तथा छिद्र के अधिकतम साइज के अन्तर के बराबर होती है। इसी प्रकार न्यूनतम छूट शाफ्ट के अधिकतम साइज तथा छिद्र के न्यूनतम साइज के बराबर होती है। अवकाशी अन्वायोजन में छूट धनात्मक तथा बाधा अन्वायोजन में ऋणात्मक होगी।

(ख) **स्क्रू तथा स्क्रू-नट विधि** Screw and Screw Nut Method इस विधि का सिद्धान्त है कि जब एक समान चूड़ियों वाले स्थिर नट में एक स्क्रू को घुमाया जाये तो स्क्रू सरल रेखीय चाल से आगे-पीछे चलता है और स्क्रू द्वारा चली गयी रेखीय दूरी स्क्रू के घुमाव के समानुपाती होती है। स्क्रू के एक पूरे चक्कर में यह जितनी दूरी तक आगे या पीछे चलता है, वह उसकी चूड़ी का अन्तराल या पिच (pitch) होता है।

यदि स्क्रू चूड़ी की परिधि को n समान भागों में विभक्त कर दे तथा स्क्रू चूड़ी की पिच का मान p है तो

स्क्रू चूड़ी को एक चक्कर घुमाने पर पेंच चूड़ी द्वारा चली गई दूरी $= p$,

स्क्रू चूड़ी की परिधि को $1/n$ भाग घुमाने पर स्क्रू चूड़ी द्वारा चली गई दूरी $= \frac{p}{n}$

इसलिये $\frac{p}{n}$ को यन्त्र का अल्पतमांक (least count) भी कहते हैं।

$$\text{स्क्रू चूड़ी का अल्पतमांक (least count)} = \frac{\text{स्क्रू चूड़ी का पिच } (p)}{\text{पेंच चूड़ी की परिधि पर बने भागों की संख्या } (n)}$$

यदि p का मान 1.5 mm तथा स्क्रू चूड़ी की परिधि पर बने भागों की संख्या 50 हो, तब अल्पतमांक (least count) $= \frac{0.5}{50} = 0.01\,\text{mm}$ होगी।

पेंच चूड़ी का सिद्धान्त बाह्य माइक्रोमीटर तथा आन्तरिक माइक्रोमीटर में प्रयोग किया जाता है।

(ग) नापी जाने वाली राशि सर्वप्रथम इनपुट युक्ति के सम्पर्क में आती है। प्राप्त संवेदनाओं को इनपुट युक्ति समानुपाती विद्युत राशि में परिवर्तित कर देती है। सिग्नल कंडीशनर द्वारा विद्युत राशि को प्रवर्धित (amplified) किया जाता है। आउटपुट युक्ति द्वारा प्रवर्धित विद्युत राशि को पठनीय राशि में कर लिया जाता है। नापी जाने वाली राशि प्राय: अविद्युत होती है; जैसे– बल, दाब, तापमान, गति, विस्थापन, विकृति, इत्यादि। इन्हें नापने के लिए इनको विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है। इस कार्य के लिए जिस युक्ति का प्रयोग किया जाता है, उसे ही 'ट्रांसड्यूसर' कहते हैं। अत: ट्रांसड्यूसर वह युक्ति है जिसकी सहायता से किसी अविद्युत राशि को विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है। अत: ट्रांसड्यूसर किसी यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर देते हैं। ट्रांसड्यूसर न केवल यांत्रिक ऊर्जा बल्कि ऊष्मा, प्रकाश तीव्रता, द्रव तल, प्रवाह दर इत्यादि अन्य राशियों को भी विद्युत राशि में परिवर्तित कर सकते हैं।

कैपेसिटिव ट्रांसड्यूसर Capacitive Transducer इस प्रकार के ट्रांसड्यूसरों के कार्य करने का सिद्धान्त समान्तर प्लेट संधारित्र (capacitors) की धारिता (capacitance) का निम्न सूत्र होता है—

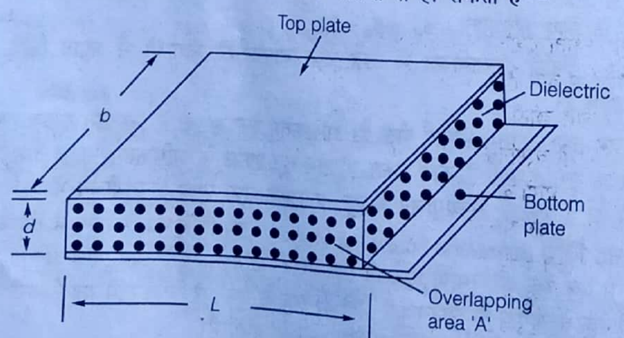
$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

जहाँ A = प्लेटों का ओवरलैपिंग क्षेत्रफल (मीटर^2)

d = प्लेटों के बीच की दूरी (मीटर)

ε = प्लेटों के बीच स्थित पदार्थ की वैद्युतशीलता (परावैद्युतांक) फैरड/मीटर

चित्र 1 में एक समान्तर प्लेट संधारित्र दिखाया गया है। धारितीय ट्रांसड्यूसर समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता में परिवर्तन के सिद्धान्त पर आधारित होता है, जोकि अग्र कारणों से हो सकता है—



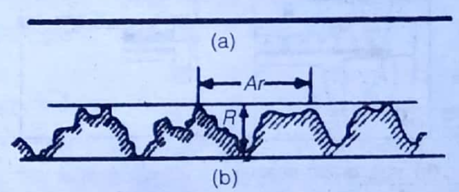
चित्र 1 समान्तर प्लेट संधारित्र

1. ओवरलैपिंग क्षेत्रफल A में परिवर्तन।
2. प्लेटों के बीच की दूरी d में परिवर्तन।
3. प्लेटों के बीच के पदार्थ के परावैद्युतांक में परिवर्तन।

प्रश्न 2. (क) सतह-अपरिष्करण से आप क्या समझते हैं? इसे कैसे मापा जाता है? इसकी इकाई लिखिए।
(ख) वर्नियर कैलीपर की बनावट एवं कार्य सिद्धान्त का सचित्र वर्णन कीजिए।
(ग) बायवीय (Pneumatic) कामपरेटर (Comparator) का कार्य एवं उपयोग का संक्षिप्त सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर **(क)** किसी भी मशीन की सतह पर कुछ-न-कुछ अपूर्णताएँ (imperfections) सदैव पायी जाती हैं। ये अपूर्णताएँ सतह पर शीर्ष व गड्ढों के रूप में पायी जाती हैं। शीर्ष व गड्ढों की ऊँचाई तथा दूरी एकसमान नहीं होती है। सतह का यह स्वरूप (texture) प्रत्येक मशीनिंग प्रक्रम का एक विशेष चारित्रिक गुण होता है। यदि सिंगल प्वॉइंट कटिंग टूल (single point cutting tool) से मशीनिंग की गयी है तो सतह की रुक्षता एकसमान तथा निश्चित दिशा में होती है, सिलिंड्रिकल ग्राइडिंग प्रक्रिया के फलस्वरूप प्राप्त मशीन सतह पर रुक्षता अनियमित परन्तु निश्चित दिशा में होती हैं जबकि बोरिंग व लैपिंग के पश्चात् सतह रुक्षता अनियमित तथा दिशाहीन होती है। इसलिए प्रत्येक मशीनिंग प्रक्रम की सतह रुक्षता का अपना अलग ढंग होता है। इसके अतिरिक्त मशीनिंग संक्रिया की कमियों के कारण भी सतह रुक्षता उत्पन्न होती है, इसलिए किसी भी मशीन सतह के रुक्षता के पीछे विभिन्न प्रकार की अनियमितताओं तथा मशीनिंग संक्रिया की कमियों का मिला जुला असर होता है।

किसी सतह की मशीनिंग के उपरांत प्राप्त सबसे अधिक स्पष्ट सतह के पैटर्न (predominant surface pattern) को 'ले' (lay) कहते हैं। सतह की रुक्षता का मापन सदैव 'ले' की लम्बवत् दिशा में किया जाता है। जब मापन-यन्त्र का स्टाइलस (stylus) रुक्ष सतह पर शीर्ष व गड्ढों को स्पर्श करता है तो प्राप्त ग्राफ पर शीर्ष व गड्ढे 50,000 गुना बड़े दिखायी देते हैं तथा जितनी लम्बाई में प्रेक्षण लिया गया है, वह लगभग 300 गुना बड़ी दिखायी देती है। इस ग्राफ की सहायता से अनियमितताओं की कुल ऊँचाइयाँ ज्ञात की जाती हैं।



चित्र 2

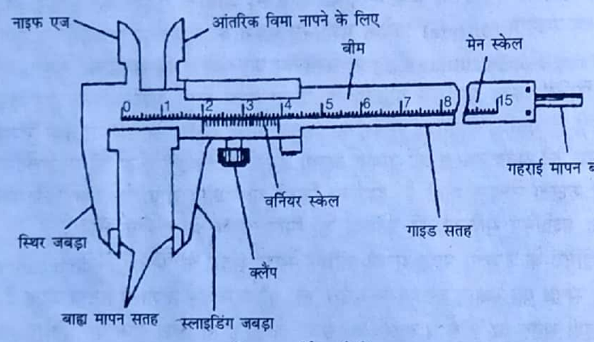
चित्र 2 में सतह रुक्षता दर्शायी गयी हैं। यदि दो क्रमागत शीर्ष के मध्य की दूरी उन शीर्ष के मध्य स्थित गड्ढे की ऊँचाई से 20 गुना से कम है तो सतह रुक्ष कही जाती है, देखे चित्र 2 (b)। यदि शीर्ष से गड्ढों की ऊँचाई तथा उनके मध्य की दूरी अत्यंत छोटी है तो सतह चिकनी कही जाती है, देखें आदर्श सतह चित्र 2 (a)।

(ख) सन् 1631 में फ्रांसीसी वैज्ञानिक पियरे वर्नियर ने वर्नियर का सिद्धान्त प्रतिपादित किया। इस सिद्धान्त के अनुसार जब दो ऐसे पैमाने जिनके भागों के मध्य अत्यन्त कम अन्तर हो, तब उनके मानों के अन्तर का मान मापन की शुद्धता बढ़ाने के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

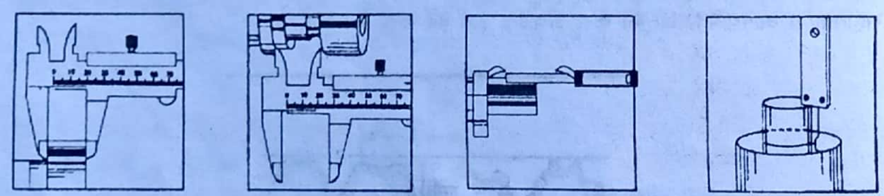
वर्नियर कैलिपर में स्टील के बने दो स्केल होते हैं। दोनों स्केल एक-दूसरे पर सरक सकते हैं। एक को मेन स्केल तथा दूसरे को वर्नियर स्केल कहते हैं। मेन स्केल सदैव स्थिर रहता है तथा वर्नियर स्केल उस पर सरक सकता है, इसलिए वर्नियर स्केल को स्लाइडिंग स्केल भी कहते हैं। चित्र 3 में वर्नियर कैलिपर दर्शाया गया है।

किसी जॉब की बाहरी माप मापने के लिए जॉब को बाहरी जबड़ों के मध्य पकड़ा जाता है, जैसा कि चित्र 4 (a) में दर्शाया गया है। आंतरिक मापन करने के लिए आंतरिक टिप (internal tip) को जॉब की सतहों के मध्य फैलाया

जाता है, जैसा कि चित्र 4 (b) में दर्शाया गया है। इसी प्रकार आंतरिक व्यास का मापन भी किया जा सकता है। मापन करते समय जॉब को सीधे तथा कस कर पकड़ने के लिए क्लैंपिंग स्क्रू का प्रयोग किया जाता है। लगातार प्रयोग करते रहने पर वर्नियर कैलिपर के जबड़े घिस जाते हैं, इसलिए वर्नियर कैलिपर हार्ड स्टेनलैस स्टील (hard stainless steel) का बनाया जाता है। आजकल आने वाले वर्नियर कैलिपर के जबड़े कार्बाइड टिप के बने होते हैं। वर्नियर कैलिपर के पीछे वाले भाग की सहायता से जॉब का स्टेप मापन किया जा सकता है, जैसा कि चित्र 4 (c) में दर्शाया गया है। इसी प्रकार गहराई का मापन करने के लिए वर्नियर कैलिपर के गहराई मापन ब्लेड (depth measuring blade) का प्रयोग चित्र 4 (d) में दर्शायी गयी विधि के अनुसार किया जाता है। वर्नियर कैलिपर का परास (range) 0-150 mm, 0-200 mm, 0-300 mm, 0-600 mm तथा 0-1000 mm तक होता है। वर्नियर कैलिपर पर मिमी के अतिरिक्त इंच की मार्किंग भी बनी होती है।



चित्र 3 वर्नियर कैलिपर



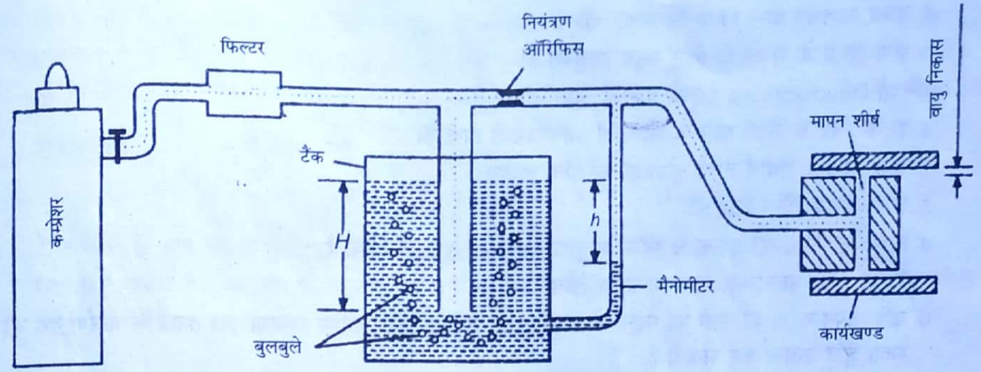
(a) बाहरी विमा का मापन (b) आंतरिक विमा का मापन (c) स्टेप का मापन (d) गहराई का मापन

चित्र 4

वर्नियर कैलिपर के अल्पतमांक की गणना वर्नियर कैलिपर के अल्पतमांक की गणना करने के लिए मेन स्केल के अल्पतमांक में से वर्नियर स्केल के अल्पतमांक को घटाया जाता है।

वर्नियर कैलिपर का अल्पतमांक = मुख्य स्केल का अल्पतमांक – वर्नियर स्केल का अल्पतमांक

(ग) सोलेक्स वायवीय गेज Solex Pneumatic Gauge यह वायवीय मापन-यन्त्र सोलेक्स एयर गेज लिमिटेड कम्पनी के द्वारा निर्मित किया गया है। यह आंतरिक व्यास मापन के लिए उपयुक्त है, परन्तु उचित मापन शीर्ष लगाकर बाहरी व्यास मापन भी संभव है। यह यन्त्र इस सिद्धान्त पर कार्य करता है कि जब संपीडित वायु किसी सतह पर पड़ती है तो सतह तथा मापन शीर्ष जो वास्तव में एक-दूसरे के सम्पर्क में नहीं हैं, उनके मध्य का वायु अन्तराल घटने पर वायु का पश्च दाब (back pressure) बढ़ता है। इस प्रकार पश्च दाब का मान मापी गई विमा है जिसे किसी कैलिब्रेटेड स्केल पर पढ़ लिया जाता है।

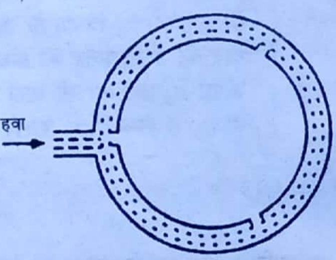


चित्र 5 सोलेक्स वायवीय गेज (Solex Pneumatic Gauge)

सोलेक्स वायवीय गेज (या सोलेक्स एयर गेज) में फिल्टर के माध्यम से नियत दाब पर संपीडित वायु भेजी जाती है। एक टैंक में पानी भर लिया जाता है जिसमें एक नली निश्चित गहराई तक डुबो दी जाती है। नली की गहराई उतनी रखी जाती है जितने दाब पर वायु को नियंत्रण ऑरिफिस (control orifice) में प्रवेश करना होता है। चित्र में उसे 'H' से दर्शाया गया है। चूँकि नली में भेजी जाने वाली वायु का दाब 'H' से भी अधिक होता है तो अतिरिक्त वायु बुलबुलों (bubbles) के रूप में पानी से बाहर आ जाती है। इस प्रकार नियंत्रण ऑरिफिस में वायु 'H' के नियत दाब पर प्रवेश करती है।

नियंत्रण ऑरिफिस से 'H' दाब की वायु नम्य नली (flexible tube) से होती हुई मापन शीर्ष (measuring head) पर पहुँचती है जहाँ वायु मापन ऑरिफिस तथा नापे जा रहे कार्यखण्ड के मध्य से बाहर निकलती है। वायु का पश्च दाब मैनोमीटर ट्यूब पर प्रदर्शित हो जाता है जिसका एक सिरा टैंक की तली से जडा होता है तथा दसरा सिरा नियंत्रण ऑरिफिस के ठीक पीछे स्थित होता है। मैनोमीटर मापन हेतु कार्यखण्ड के साइज के अनुसार कैलिब्रेटेड रहती है जिससे कार्यखण्ड का आंतरिक व्यास ज्ञात हो जाता है।

मापन शीर्ष को स्थिर रखकर कार्यखण्ड को घुमाने पर कार्यखण्ड की गोलीयता (roundness) ज्ञात हो सकती है। इसी प्रकार कार्यखण्ड को अक्ष के अनुदिश आगे-पीछे बढ़ाने पर छिद्र का टेपर ज्ञात किया जा सकता है। मापन शीर्ष को बदलकर बाहरी व्यास का मापन भी किया जा सकता है। इस मापन शीर्ष में समान दूरी पर तीन ऑरिफिस बने होते हैं जिन्हें चित्र 5 में प्रदर्शित किया गया है। सोलेक्स वायवीय गेज का आवर्धन बढ़ाने के लिए कार्यकारी दाब बढ़ाने की सलाह नहीं दी जाती है। बल्कि मापन शीर्ष व कार्यखण्ड के मध्य वायु अन्तराल घटाने से अधिक आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है। संपीडित वायु का दाब 2 से 5 kg/cm^2 के मध्य रखा जाता है।



चित्र 6 बाहरी व्यास का मापन शीर्ष (Measuring Head of Outside Diameter)

लाभ Advantages इसके लाभ निम्नलिखित हैं—

1. मापन शीर्ष कार्यखण्ड के साथ स्पर्श नहीं करता है, इसलिए इसका घिसाव कम होता है।
2. चल पुर्जों की संख्या कम होने के कारण या न होने के कारण उच्च यथार्थ मान प्राप्त होते हैं।
3. संपीडित वायु जेट के रूप में बाहर निकलती है जिससे कार्यखण्ड पर उपस्थित धूल इत्यादि स्वत: हट जाती है।
4. मापन शीर्ष तथा मापन स्केल एक-दूसरे से दूर रह सकते हैं।
5. छिद्रों की गोलीयता (roundness) तथा टेपर ज्ञात करने के लिए उत्तम विधि है।

6. उच्च आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है।
7. छोटे छिद्रों के मापन के लिए बहुत उपयुक्त है।

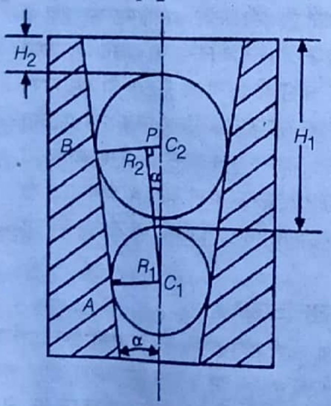
हानियाँ Disadvantages इसकी हानियाँ निम्नलिखित हैं—

1. इसके लिए संपीडित वायु के स्रोत की आवश्यकता होती है।
2. दाब रेगुलेटर यथार्थ उच्च गुणवत्ता का होना चाहिए।
3. मापन परास छोटा होता है।
4. विद्युत तुलनित्रों की तुलना में इनका प्रत्युत्तर (response) देर में आता है।
5. इनका स्केल सामान्यत: एकसमान नहीं होता है।
6. यदि मापन काँच की नली पर पढ़ना हो तो आवर्धन अधिक रहना चाहिए अन्यथा पृष्ठ तनाव के कारण द्रव की सतह त्रुटि उत्पन्न कर सकती है।
7. इन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान पर आसानी से ले जाना आसान नहीं है; क्योंकि दूसरे स्थान पर भी संपीडित वायु फिल्टर की आवश्यकता होती है।
8. विभिन्न प्रकार की मापन प्रक्रिया के लिए भिन्न-भिन्न मापन शीर्ष की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 3. (क) टेपर को कैसे व्यक्त किया जाता है? रेखा चित्र बनाते हुए टेपर मापने की कोई एक विधि समझाइए।
(ख) एक डायल-सूचक का वर्णन कीजिए तथा मेट्रोलोजी में उसका प्रयोग समझाइए।
(ग) दाब-मापी (pressure gauge) का वर्णन कीजिए तथा वायुमण्डलीय दाब, गेज-दाब एवं परम-दाब की परिभाषाएँ लिखिए।

उत्तर (क) टेपर के मापन की विभिन्न विधियाँ निम्नांकित हैं—

1. **छोटे छिद्रों के टेपर का मापन** Measurement of Small Taper Holes छोटे छिद्रों के टेपर का मापन करने के लिए भिन्न साइज के दो गोले, वर्नियर हाइट गेज तथा फ्लैट सम्पर्क बिन्दु वाले डायल गेज की आवश्यकता होती है। सर्वप्रथम R_1 त्रिज्या के छोटे गोले को टेपर छिद्र के भीतर धीरे से डालकर उसके उच्चतम बिन्दु से टेपर छिद्र की ऊपरी सतह की ऊँचाई H_1 ज्ञात कर लेते हैं। अब छोटे गोले को निकालकर बड़े गोले को डालकर ऊँचाई H_2 ज्ञात कर ली जाती है। रेखाएँ C_1A तथा C_2B टेपर सतहों पर लम्बवत् त्रिज्याएँ R_1 तथा R_2 हैं। C_2B पर C_1 से लम्ब C_1P डालने पर कोण $\angle PC_1C_2$ का मान टेपर कोण α के बराबर होता है।



चित्र 7

अत: ΔC_1C_2P में दोनों गोलों की केन्द्रीय दूरी,

$$C_1C_2 = H_1 - H_2 - R_2 + R_1$$

या $$C_1C_2 = (H_1 - H_2) - (R_2 - R_1)$$

तथा $$C_2P = C_2B - PB$$

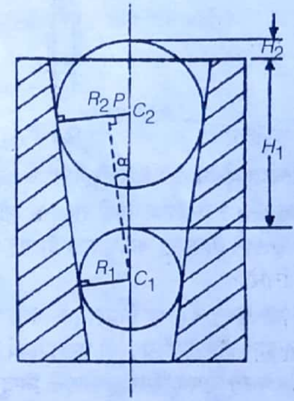
या $$C_2P = C_2B - C_1A \quad \text{या} \quad C_2P = R_2 - R_1$$

अत: समकोण ΔC_1C_2P में टेपर कोण,

$$\sin\alpha = \frac{C_2P}{C_1C_2} \quad \text{या} \quad \sin\alpha = \frac{R_2 - R_1}{(H_1 - H_2) - (R_2 - R_1)}$$

टेपर कोण के मान का दो गुना (2α) छिद्र के शंकु कोण (cone angle) के बराबर होता है।

चित्र 8 में दर्शायी गयी व्यवस्था के अनुसार यदि बड़ा गोला टेपर छिद्र की ऊपरी सतह से बाहर दिखता है तो गोलों की केन्द्रीय दूरी,



चित्र 8

$$C_1C_2 = H_1 + H_2 - R_2 + R_1$$

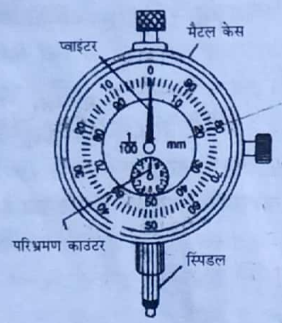
या $$C_1C_2 = (H_1 + H_2) - (R_2 - R_1)$$

अत: टेपर कोण, $$\sin\alpha = \frac{C_2P}{C_1C_2}$$

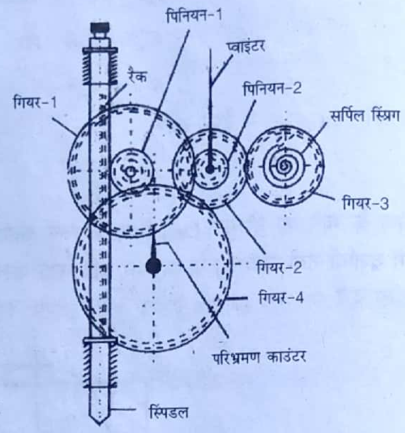
या $$\sin\alpha = \frac{R_2 - R_1}{(H_1 + H_2) - (R_2 - R_1)}$$

(ख) डायल इंडिकेटर/डायल सूचक डायल-सूचक का उपयोग मशीनित सतहों की यथार्थता (accuracy) की जाँच करने के लिए किया जाता है; जैसे—चौरस सतहों के चपटेपन (flatness) की जाँच करना, वृत्ताकार सतहों की गोलीयता (circularity) की जाँच करना आदि।

रचना Construction चित्र 9 (a) के अनुसार, डायल-सूचक में एक **मैटल केस** (metal case) होता है जिसमें अंशांकित डायल सूचक की चालन यन्त्रावली (drive mechanism) लगी होती है। चालन यन्त्रावली से, रैक तथा पिनियन व्यवस्था द्वारा सम्बन्धित एक **रैक-स्पिंडल** (rack spindle) होता है जिसका एक सिरा मैटल केस से बाहर निकला रहता है। रैक स्पिंडल प्रत्येक दशा में एक स्प्रिंग द्वारा नियन्त्रित होता है। क्रिया के अन्तर्गत रैक स्पिंडल जब ऊर्ध्वाधर ऊपर उठता है तो डायल पर लगा प्वाइंटर (pointer) घूमता है। डायल की परिधि पर बराबर मान के 100 विभाजन होते हैं। प्रत्येक विभाजक स्पिंडल-चाल का 1/100 मिमी भाग दर्शाता है। इस प्रकार स्पिंडल जब 1 मिमी ऊर्ध्वाधर चलता है तो प्वाइंटर-डायल का एक पूर्ण चक्र लगा लेता है। डायल पर एक अन्य छोटा प्वाइंटर भी होता है, जो बड़े प्वाइंटर के चक्करों की संख्या बताता है। इसे परिभ्रमण काउन्टर (revolution counter) कहते हैं।



चित्र 9 (a) डायल-सूचक



चित्र 9 (b) डायल-सूचक की क्रियाविधि

क्रियाविधि Working principle डायल-सूचक की क्रियाविधि चित्र 9 (b) में प्रदर्शित की गयी है। इसके अनुसार, स्पिंडल पर कटी हुई रैक पिनियन (pinion)-1 के साथ मिली रहती है और स्पिंडल की ऊर्ध्वाधर चाल से अपने अक्ष पर घूमती है। पिनियन एक ही शाफ्ट पर लगे गियर-1 को घुमाती है। यह गियर पिनियन-2 से मिला होता है जो अपने अक्ष पर लगे प्वाइंटर को घुमाता है।

प्वाइंटर तथा गियर-2 एक ही शाफ्ट पर घूमते हैं। यह गियर एक अन्य गियर-3 से मिला रहता है जो सर्पिल स्प्रिंग (spiral spring) की क्रिया से नियन्त्रित होता है। इस स्प्रिंग का मुख्य कार्य स्पिंडल को मापने वाली सतह पर बलपूर्वक टिकाए रखना है जिससे सतह की जाँच करते समय स्पिंडल सम्पर्क बिन्दु पर टिका रह सके। स्प्रिंग द्वारा लगाया गया यह बल 0.1 से 0.25 किग्रा तक होता है। परिभ्रमण काउन्टर, जो स्पिंडल-चाल को मिलीमीटर के पूर्ण अंकों में दर्शाता है, गियर-4 के साथ घूमता है। यह गियर पिनियन-1 में मिला रहता है और उससे गति प्राप्त करता है।

(ग) **दाब-मापी** Pressure gauge दाब का मापन भेद-दर्शी मैनोमीटर द्वारा किया जाता है। जिसमें उपयुक्त प्रकार का तरल भरा रहता है। इनका उपयोग अधिकतर तरलों का दाब मापने में किया जाता है। मैनोमीटर के एक सिरे पर सन्दर्भ-दाब तथा दूसरे सिरे पर अज्ञात दाब जिसका मापन करना है किया जाता है। दाब का मापन निम्न सम्बन्ध से ज्ञात किया जा सकता है—

$$P_A - P_B = W_m \times h$$

जहाँ P_A = अज्ञात दाब, P_B = वायुमण्डलीय दाब

W_m = पारे का विशिष्ट भार

h = दाब-अन्तर के अनुसार पारे की ऊँचाई

परम दाब Absolute pressure किसी तरल द्वारा उसके कंटेनर (container) की दीवार पर प्रति इकाई क्षेत्रफल पर लगाये गये बल के परम मान को परम दाब कहते हैं। तरल का परम-दाब पूर्ण-निर्वात् के ऊपर लिया गया दाब का माप होता है।

वायुमण्डलीय दाब Atmospheric pressure पृथ्वी पर वायुमण्डल द्वारा लगाया गया बल प्रति इकाई क्षेत्रफल वायुमण्डलीय दाब कहलाता है। इसे सामान्यतया बैरोमीटर से मापा जाता है। समुद्र-तल पर इसका मान लगभग 1.013×10^5 N/m^2 परम होता है।

गेज-दाब Gauge pressure परम दाब (absolute pressure) और स्थानीय वायुमण्डलीय दाब के अन्तर को गेज-दाब कहते हैं।

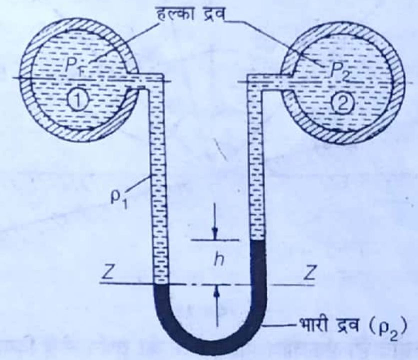
प्रश्न 4. (क) **U ट्यूब मैनोमीटर का प्रयोग करते हुए दाब मापने की विधि समझाइए। इस विधि के लाभ एवं हानियाँ भी बताइए।**

(ख) **परावर्तन किस्म के प्रकाशकीय यन्त्र का किरण-आरेख (ray diagram) बनाइए तथा उसका कार्य-सिद्धान्त समझाइए।**

(ग) **पाइरोमीटर का वर्णन कीजिए तथा सचित्र कार्य समझाइए।**

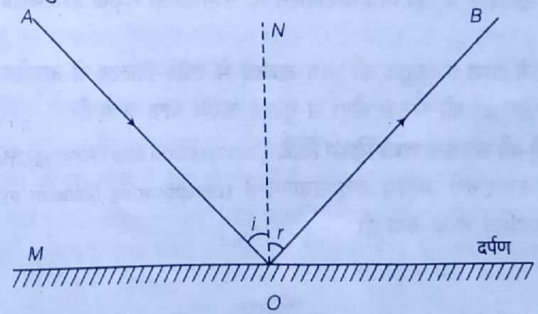
उत्तर (क) **भेददर्शी मैनोमीटर** Differential Manometer भेददर्शी दाबमापी का उपयोग किसी पाइप के दो बिन्दुओं के बीच अथवा दो पाइपों में दाबान्तर (pressure difference) मापने के लिए किया जाता है। इसकी रचना भी 'U' ट्यूब के आकार की होती है जिसके दोनों सिरे उन बिन्दुओं अथवा पाइप से जुड़े होते हैं जिनके मध्य का अन्तर मापा जाना है। 'U' ट्यूब में भारी द्रव पारा (mercury) भरा रहता है।

चित्र 10 के अनुसार माना पाइप में द्रव भरा है। यदि पाइप 1 में द्रव दाब पाइप 2 की अपेक्षा अधिक है तो पाइप 1 में अधिक दाब वाला द्रव 'U' ट्यूब में भारी द्रव (पारा) को नीचे दबायेगा जिसके कारण 'U' ट्यूब के दाहिनी तरफ का भारी द्रव (mercury) ऊपर उठेगा।



चित्र 10

(ख) **परावर्तन** Reflection जब कोई प्रकाश की किरण किसी एक माध्यम में चलती हुई किसी सतह पर टकराकर उसी माध्यम में वापस आ जाए तो इस घटना को परावर्तन कहते हैं। माना M कोई समतल दर्पण है जिस पर किरण OA आपतित हो रही है। दर्पण से परावर्तन के पश्चात् परावर्तित किरण OB उसी माध्यम में वापस लौट आती है, जहाँ ON समतल दर्पण आयतन बिन्दु O पर डाला गया अभिलम्ब है।



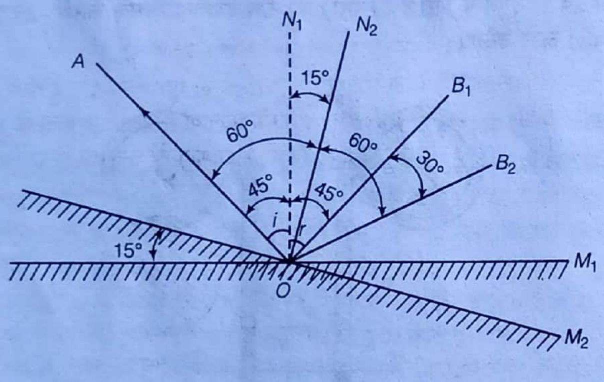
चित्र 11 प्रकाश का परावर्तन (Reflection of light)

प्रकाश के परावर्तन के नियम Laws of Reflection of Lights प्रकाश के परावर्तन के नियम निम्नलिखित हैं—

(i) आपतित किरण (AO), परावर्तित किरण (OB) तथा अभिलम्ब (ON) तीनों एक ही तल में होते हैं, तथा

(ii) आपतन कोण $\angle i$ मान का परावर्तन कोण $\angle r$ के समान होता है; अत: $\angle i = \angle r$.

यदि प्रकाश की किरण दर्पण की सतह पर अभिलम्बवत् आपतित होती है $(\angle i = 0°)$ तो परावर्तित किरण दर्पण से टकराकर उसी मार्ग पर वापस चली जाती है। जब किसी दर्पण को θ कोण पर झुका दिया जाता है तो परावर्तित किरण 2θ कोण पर मुड़ जाती है। माना किसी समतल दर्पण M_1 पर 45° कोण पर कोई किरण आपतित होती है। यदि समतल दर्पण अपने अक्ष पर 15° घुमा दिया जाता है तो अभिलम्ब ON_1 भी 15° घूमकर ON_2 स्थिति पर आ जाता है। इस प्रकार नया आपतन कोण 60° हो जाता है। अतएव नया परावर्तन कोण भी 60° हो जाता है। अत: चित्र 12 से स्पष्ट है कि नई परावर्तित किरण OB_2 पहले वाली परावर्तित किरण OB_1 से 30° घूम जाती है।



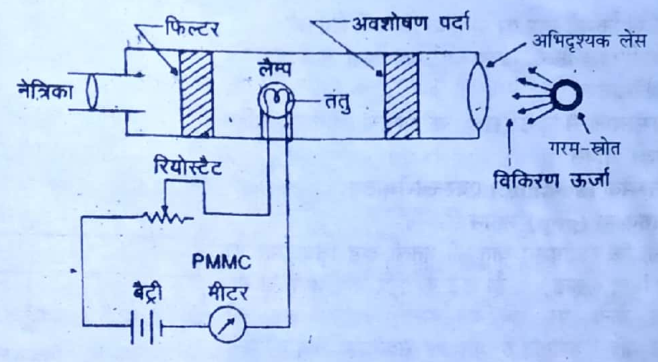
चित्र 12

(ग) पाइरोमीटर अनेक प्रकार के होते हैं। प्रकाशीय पाइरोमीटर का वर्णन नीचे दिया गया है—

प्रकाशीय उत्तापमापी का सिद्धान्त Principle of Optical Pyrometer गरम वस्तु से उत्सर्जित विकिरण उच्च तापमानों पर दृष्टि-परिक्षेत्र (visible region) के विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में आती है दृष्टि-परिक्षेत्र में अमुक तरंग लम्बाई के लिए उत्सर्जित ऊर्जा की तीव्रता, उच्च तापमानों पर अधिक होती है। दृष्टि-परिक्षेत्र की सीमा में एक निश्चित तरंग-लम्बाई का एक विशिष्ट रंग होता है और विकिरण-ऊर्जा का मान प्रकाश की तीव्रता (intensity of brightness) पर निर्भर करती है। इस प्रकार, यदि हम प्रकाश की तीव्रता, जोकि गरम स्रोत से निकलकर विशिष्ट रंग प्रदान करती है, का मान ज्ञात कर लें तो हमें तापमान भी संसूचित हो सकता है। प्रकाशीय उत्तापमापी का सिद्धान्त भी यही है।

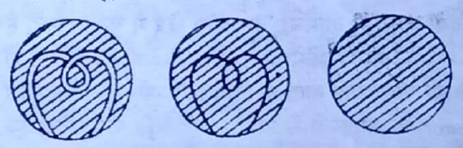
प्रकाशीय उत्तापमापी में प्राप्त विकिरण की तरंग लम्बाई में रंगीन-फिल्टर से अवरोध उत्पन्न किया जाता है और उसकी चमक (brightness) को मानक लैम्प से तुलना करके मापा जाता है।

प्रकाशीय उत्तापमापी की संरचना तथा क्रिया विधि Construction and Working of Optical Pyrometer मुख्य प्रकार का प्रकाशीय उत्तापमापी अदृश्य तन्तु उत्तापमापी (Disappearing filament pyrometer) है। इसका सरल आरेख चित्र 13 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 13 अदृश्य तन्तु प्रकार का प्रकाशीय उत्तापमापी

इस उत्तापमापी की क्रिया के अन्तर्गत विकिरण स्रोत की छाया (image) एक लेन्स द्वारा उत्पन्न की जाती है। इस छाया को फिर एक विद्युत-लैम्प के तन्तु (filament) से तुलना करके मिलाया (coincide) जाता है। लैम्प-तन्तु में धारा का परिवर्तनीय प्रवाह बनाकर लैम्प की तीव्रता को समंजित किया जा सकता है। तन्तु को फिर नेत्रिका (eye piece) और छानक (filter) के माध्यम से जाता है।



(i) चमकीला तन्तु (ii) गहरा तन्तु (iii) समान चमक

चित्र 14

तन्तु से प्रवाहित धारा का समायोजन करके तन्तु और छाया की प्रकाश तीव्रता को बराबर चमक वाला बनाया जाता है। जब स्रोता से उत्पन्न और तन्तु में उत्पन्न चमक (brightness) बराबर हो जाते हैं तब तन्तु (filament) की आउटलाइन अदृश्य हो जाती है, जैसाकि चित्र 14 में दी गयी है।

तन्तु का तापमान यदि वांछित तापमान से अधिक है और चमक भी छाया के बराबर है तो तन्तु की चमक अधिक होगी जैसाकि चित्र 14 (i) में दिखाया गया है। दूसरी ओर यदि तन्तु का तापमान कम है, तो यह गहरा दिखायी देगा चित्र 14 (ii) के अनुसार चित्र 14 (iii) दिखायी स्थिति में तन्तु का तापमान और विकिरण का तापमान बराबर होंगे।

हमें ज्ञात है कि प्रकाश की तीव्रता अमुक तरंग-लम्बाई के लिए विकिरण वस्तु (radiating body) के तापमान पर निर्भर करती है और तन्तु का तापमान, लैम्प से प्रवाहित धारा पर निर्भर करता है, इसलिए उत्तापमापी का अंशांकन सीधे ही तन्तु-धारा (filament current) के पदों में किया जा सकता है। तन्तु-धारा क्योंकि तन्तु के प्रतिरोध पर निर्भर करती है, इसलिए आधुनिक उत्तापमापियों का अंशांकन तन्तु परिपथ के प्रतिरोध के पदों में किया जाता है।

प्रकाशीय प्रकार के यन्त्र में तापमान का अधिनियन्त्रण लैम्प के अधिकतम ग्राही तापमान द्वारा होता है जोकि 1400 °C के कम में होता है। तापमान की इस सीमा में वृद्धि हो सकती है, यदि अभिदृश्यक लेंस (objective lens) के पास कुछ दूरी पर एक अवशोषण पर्दा (absorption screen) लगा दिया जाये। इस प्रकार विकिरण ऊर्जा की निश्चित मात्रा ही उत्तापमापी में तुलनात्मक अध्ययन के लिए प्रवेश करेंगी। इस विधि से यन्त्र का मापन परास 3000 °C तक बढ़ाया जा सकता है।

प्रकाशीय उत्तापमापी का प्रयोग व्यापक रूप से तापमान के परिशुद्ध मापन में भट्टीयों (furnaces) पिघली-धातुओं (molten-metals) और अन्य ऊष्ण पदार्थों के लिए किया जाता है।

प्रश्न 5. निम्न में से किन्हीं चार पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—

(क) किसी छड़ के अनुप्रस्थ काट का केन्द्र ज्ञात करना

(ख) टैकोमीटर

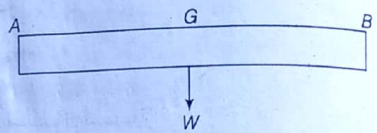
(ग) असेम्बली में फिट (fits) की किस्में उदाहरण सहित

(घ) चूड़ी-मापन

(च) सिस्मेक (seismic) एक्सलीरोमीटर

(छ) अवकाश (gap) मापन

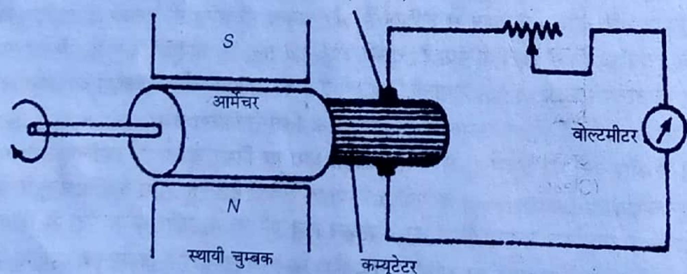
उत्तर (क) माना कि सर्वांगसम धातु की पतली छड़ चित्रानुसार है। जिसका मध्य बिन्दु (केन्द्र) G है। छड़ का भार यदि W है तो यह उसके गुरुत्व केन्द्र पर संकेन्द्रित माना जाएगा। छड़ की अनुप्रस्थ-काट यदि एकसमान है और यह सर्वांगसम धातु की बनी है तो छड़ का गुरुत्व केन्द्र उसका मध्य बिन्दु होगा।



चित्र 15

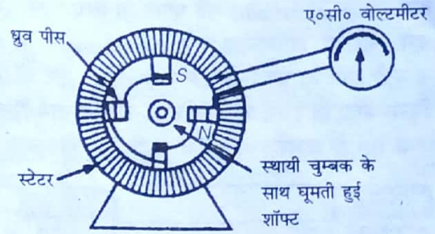
(ख) कोणीय चाल का मापन टैकोमीटर (tachometer) की सहायता से किया जाता है। टैकोमीटर विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करता है। टैकोमीटर दो प्रकार के होते हैं—डी०सी० टैकोमीटर तथा ए०सी० टैकोमीटर।

1. **डी०सी० टैकोमीटर** D.C. Tachometer डी०सी० टैकोमीटर डी०सी० जेनरेटर के सिद्धान्त पर कार्य करता है। डी०सी० टैकोमीटर में एक छोटी आर्मेचर कुण्डली (armature coil) लगी रहती है जिसे घूर्णन गति करते हुई शाफ्ट से जोड़ दिया जाता है। आर्मेचर चुम्बकीय क्षेत्र में घूमने लगती है। आर्मेचर से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होने के कारण आर्मेचर में प्रेरित वि०वा०ब० उत्पन्न हो जाता है। वि०वा०ब० का मान शाफ्ट की घूर्णन गति के समानुपाती होता है। चित्र 16 में डी०सी० टैकोमीटर का रेखा चित्र दर्शाया गया है। कम्यूटेटर (commutator) की सहायता से प्रतिरोध में विद्युत धारा सदैव एक ही दिशा में बहती है। वोल्टेज की ध्रुवता शाफ्ट की गति की दिशा पर निर्भर करती है। वि०वा०ब० का मान चल कुण्डली वोल्टमीटर (moving coil voltmeter) की सहायता से पढ़ लिया जाता है। वोल्टमीटर पूर्व से ही घूर्णन गति के लिए अंशांकित किया रहता है। डी०सी० टैकोमीटर के कम्यूटेटर तथा ब्रश जल्द ही खराब हो जाते हैं, इसलिए इनके रख-रखाव की आवश्यकता रहती है।



चित्र 16 डी०सी० कम्यूटेटर

2. **ए०सी० टैकोमीटर** A.C. Tachometer ए०सी० टैकोमीटर में डी०सी० टैकोमीटर की व्यावहारिक कठिनाइयाँ दूर हो जाती है। ए०सी० टैकोमीटर में चुम्बक को घूमती हुई शाफ्ट से सम्बद्ध कर दिया जाता है। कुण्डली को स्टेटर (stator) पर लपेटा जाता है, इस कारण कम्यूटेटर व ब्रश वाली कठिनाइयाँ दूर हो जाती हैं।



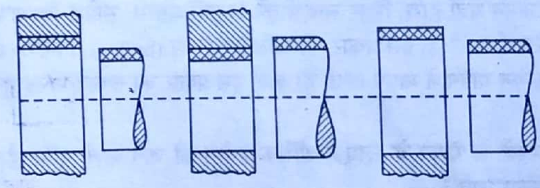
चित्र 17 ए०सी० टैकोमीटर

जब स्थिर कुण्डली के मध्य चुम्बक घूमता है तो कुण्डली के सिरों पर प्रेरित वि०वा०ब० उत्पन्न हो जाता है। चूँकि वि०वा०ब० का आयाम (amplitude) तथा आवृत्ति शाफ्ट की घूर्णन गति के समानुपाती रहती है, इसलिए प्रेरित वि०वा०ब० का आयाम या आवृत्ति में से किसी को भी गति मापन का आधार बनाया जा सकता है। हालाँकि ए०सी० टैकोमीटर की भी अपनी सीमाएँ हैं। अत्यधिक उच्च आवृत्ति वाली घूर्णन गति में कुण्डली का प्रेरण प्रतिघात ($X_L = 2\pi fL$) बढ़ जाता है जिस कारण कुण्डली की प्रतिबाधा ($Z = \sqrt{X_L^2 + R^2}$) भी बढ़ जाती है।

(ग) किन्हीं दो अवयव को आपस में असेम्बल करने पर उसके संगत साइज के मध्य जो अंतर प्राप्त होता है, उसे फिट कहते हैं, जो अवयवों के साइज की सीमाओं पर निर्भर करता है। अर्थात् यदि छिद्र का साइज शाफ्ट के साइज से बड़ा है तो फिट में ढीलापन (looseness) रहेगा और इसके विपरीत यदि छिद्र का साइज शाफ्ट से छोटा है तो फिट में कसाव (tightness) रहेगा।

इस कारण फिट को निम्न तीन भागों में वर्गीकृत किया जाता है—

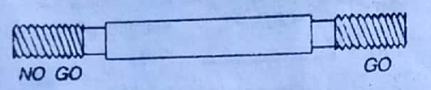
1. **अवकाश फिट** Clearance Fit इस प्रकार के फिट में शाफ्ट व छिद्र के साइज अपनी सीमाओं के भीतर रहते हुए छिद्र का साइज सदैव शाफ्ट के साइज से बड़ा होता है। इसका अर्थ यह है कि छिद्र व शाफ्ट के मध्य सापेक्ष गति होती है और शाफ्ट, छिद्र के मध्य सरक सकती है या घूम भी सकती है।



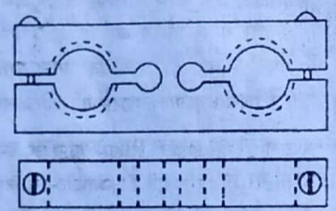
चित्र 18

2. **बाधा फिट** Interference Fit इस प्रकार के फिट में छिद्र का साइज सदैव शाफ्ट के साइज से छोटा होता है। इसका अर्थ यह है कि छिद्र व शाफ्ट के मध्य कोई सापेक्ष गति नहीं होती है तथा शाफ्ट को छिद्र में फिट करने के लिए, बल की आवश्यकता होती है।
3. **परिवर्तनीय फिट** Transition Fit इस प्रकार के फिट में छिद्र का उच्च साइज (maximum size) शाफ्ट के निम्न साइज से बड़ा होता है, अर्थात् अवकाश फिट होता है तथा छिद्र का निम्न साइज (minimum size) शाफ्ट के उच्च साइज से छोटा होता है, अर्थात् बाधा फिट होता है। इस तरह के फिट, की व की-ग्रूव (key and key-groove) के मध्य देखने को मिलते हैं।

(घ) चूड़ी-मापन आन्तरिक चूड़ियों (internal threads) को मापने के लिए प्लग चूड़ी गेज (plug thread gauge) का प्रयोग किया जाता है। इसमें एक सिरे पर अधिकतम पिच (maximum pitch) और दूसरे सिरे पर निम्नतम पिच (minimum pitch) की चूड़ियाँ बनी होती हैं। यह सिरे क्रमशः (*NOGO*) तथा (*GO*) सिरे हैं। बाह्य चूड़ियों को मापने के लिए बाह्य पेंच गेज प्रयोग किया जाता है। इसमें भी अधिकतम और न्यूनतम पिच के अनुसार *GO* तथा *NOGO* सिरे बनाये जाते हैं। चित्र 19 (i) तथा (ii) में क्रमशः आन्तरिक चूड़ी गेज और बाह्य चूड़ी गेज दिखाये गये हैं।



(i) आन्तरिक चूड़ी गेज



(ii) बाह्य चूड़ी गेज

चित्र 19

(च) एक कम्पन सिस्टम में जिन राशियों को मापने की आवश्यकता होती है, वे हैं—विस्थापन, गति तथा त्वरण। इनको निम्नलिखित उपकरणों के माध्यम से मापा जाता है—

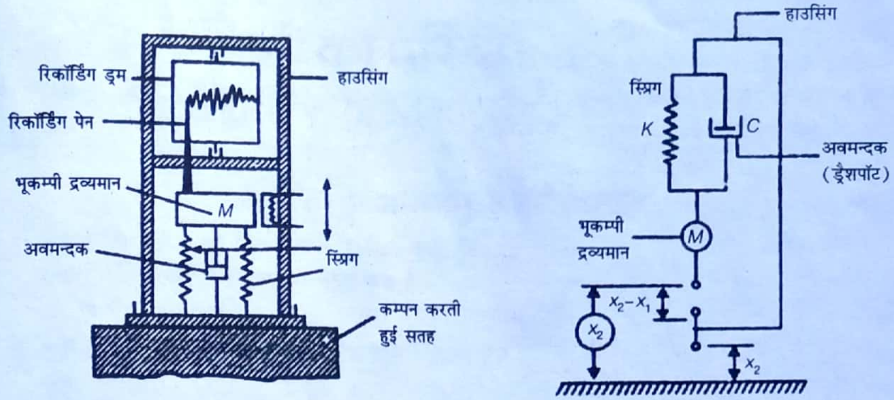
1. भूकम्पी ट्रांसड्यूसर, 2. पोटेशियोमीट्रिक प्रारूपी त्वरणमापी,
3. LVDT त्वरणमापी, 4. दाब-विद्युत त्वरणमापी।

कई प्रकार के कम्पन मापन यंत्रों द्वारा, स्थिर सन्दर्भ की अनुपस्थिति में, सापेक्ष विस्थापन (relative displacement) का मापन करने में कठिनाई आती है। इस प्रकार की कठिनाइयाँ पुल (bridge), निर्माण (structure) तथा हवाई जहाज के पंख (wings) के कम्पन मापन में मापने आती हैं। अतः इस प्रकार का कम्पन मापन भूकम्पी त्वरणमापी द्वारा किया जाता है।

भूकम्पी त्वरणमापी कम्पनों के मापन के लिए सर्वाधिक प्रयोग की जाने वाली युक्ति है। भूकम्पी त्वरणमापी में अग्र प्रमुख अवयव प्रयोग किए जाते हैं—

(i) भूकम्पी द्रव्यमान (Seismic mass), (ii) स्प्रिंग (Spring),
(iii) अवमन्दक (Damper), (iv) हाउसिंग (Housing),
(v) रिकॉर्डिंग ड्रम (Recording drum), (vi) रिकॉर्डिंग पेन (Recording pen) तथा,
(vii) विद्युत ट्रांसड्यूसर (Electrical transducer)।

भूकम्पी त्वरणमापी में प्रयोग किए जाने वाले पिण्ड को भूकम्पी द्रव्यमान कहते हैं। द्रव्यमान का सम्बन्ध स्प्रिंग व अवमन्दक के समान्तर क्रम संयोजन से रहता है। स्प्रिंग व अवमन्दक त्वरणमापी की हाउसिंग से जुड़े रहते हैं। एक रिकॉर्डिंग पेन भूकम्पी के द्रव्यमान से जुड़ा रहता है, तथा कम्पनों को रिकॉर्डिंग ड्रम पर रिकॉर्ड करता रहता है। भूकम्पी द्रव्यमान एक ट्रांसड्यूसर से भी जुड़ा रहता है जहाँ पर कम्पनों को विद्युत-सिगनल में परिवर्तित किया जाता है।



चित्र 20 भूकम्पी त्वरणमापी

हाउसिंग को कम्पन करती हुई वस्तु पर लगा दिया जाता है जिससे हाउसिंग कम्पन करने लगती है। जड़त्व के कारण द्रव्यमान स्थिर रहता है, इसलिए हाउसिंग द्रव्यमान के सापेक्ष कम्पन करने लगती है। परंतु यह एक आदर्श स्थिति है जिसमें द्रव्यमान स्थिर रहता है। वास्तव में हाउसिंग के कम्पन करने पर द्रव्यमान भी स्प्रिंग व अवमन्दक के प्रभाव में कम्पन करने लगता है। कम्पनों का आउटपुट हाउसिंग व द्रव्यमान के मध्य सापेक्ष गति पर निर्भर करता है।

(छ) किसी अन्वायोजन के छिद्र तथा शाफ्ट की वास्तविक विमाओं के अन्तर को अवकाश कहते हैं। अन्वायोजन की प्रकृति के अनुसार अवकाश धनात्मक या ऋणात्मक हो सकता है।

किसी अन्वायोजन में अधिकतम तथा न्यूनतम अवकाश निम्न प्रकार होते हैं—

$$S_b = A_b - B_m$$

$$S_m = A_m - B_b$$

1 मापनिकी का परिचय
Introduction of Metrology

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. मानक की त्रुटियों को कितने वर्गों में बाँटा गया है?

उत्तर मानक की त्रुटियों को दो वर्गों में बाँटा गया है—
(i) नियन्त्रणीय त्रुटियाँ, (ii) संयोगिक त्रुटियाँ।

प्रश्न 2. चूड़ी के मापन के लिए किसका प्रयोग किया जाता है?

उत्तर चूड़ी गेज का।

प्रश्न 3. मापन की त्रुटि किसे कहते हैं?

उत्तर किसी अवयव के मापित मान तथा वास्तविक मान के अन्तर को मापन की त्रुटि कहते हैं।

प्रश्न 4. अन्तर्परिवर्तनीयता किसे कहते हैं?

उत्तर किसी असेम्बली प्रक्रिया का वह गुण जिसके कारण दो अवयवों के विभिन्न पार्ट्स एक-दूसरे में आसानी से फिट हो सकें, अन्तर्परिवर्तनीयता कहलाती है।

प्रश्न 5. न्यूनतम छूट किसे कहते हैं?

उत्तर छिद्र के न्यूनतम साइज व शाफ्ट के अधिकतम साइज के अन्तर को न्यूनतम छूट कहते हैं।

प्रश्न 6. मापनिकी किसे कहते हैं?

उत्तर मापक का जो रूप व्यावसायिक रूप से उद्योगों में उपयोग किया जा रहा है, उसे माप विज्ञान या मापनिकी कहते हैं।

प्रश्न 7. दाबमापी किसे कहते हैं?

उत्तर दाब मापन के लिए जिस यन्त्र का प्रयोग किया जाता है, उसे दाबमापी कहते हैं।

प्रश्न 8. ब्रिटिश प्रणाली का रेखीय मानक क्या है?

उत्तर ब्रिटिश प्रणाली का रेखीय मानक यार्ड है।

प्रश्न 9. डायल वर्नियर का अल्पतम मान कितना होता है?

उत्तर 0.01 mm.

प्रश्न 10. रिपीटेबिलिटी का अर्थ बताइए।

उत्तर किसी मापन यन्त्र का वह गुण जिसके कारण यदि किसी अवयव के किसी एक प्राचल को एक ही निरीक्षक द्वारा भिन्न-भिन्न समय पर मापा जाए तथा प्रेक्षण में समरूपता प्राप्त हो, रिपीटेबिलिटी कहलाती है।

प्रश्न 11. मापन की परिभाषा दीजिए।

उत्तर मौलिक रूप से, मापन उस क्रिया का परिणाम है जो कि अज्ञात परिमाण (unknown magnitude) की मात्रात्मक तुलना (quantitive comparison), पूर्व निर्धारित मानक (standard) के साथ करने के फलस्वरूप प्राप्त होता है।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. मीटरोलॉजी से आप क्या समझते हैं? **(2016)**

अथवा **मापनिकी विषय का इंजीनियरी अर्थ समझाइए।**

उत्तर इंजीनियरी में अमुक उत्पाद को निर्धारित मानकों के अनुसार निर्मित किया जाता है। उत्पादित कार्य की यथार्थता (accuracy) तथा गुण-स्तर (quality) उनकी विमाओं की शुद्धता पर निर्भर करते हैं। इसलिए उत्पाद के माप लेने की सही विधि का ज्ञान होना आवश्यक है, जो हमें मापनिकी या माप-विज्ञान (metrology) के अन्तर्गत प्राप्त होता है। अत: मापनिकी इंजीनियरी का वह विषय है जिसके अन्तर्गत मापन की मानक-इकाइयों (standard units), मापन यन्त्रों तथा उपकरणों एवं मापन-विधियों के विषय में अध्ययन किया जाता है।

प्रश्न 2. इंजीनियरी में मापनिकी का कार्य-क्षेत्र क्या है? सविस्तार समझाइए।

उत्तर इंजीनियरी में मापनिकी के कार्य-क्षेत्र को निम्न वर्गों में बाँटा जा सकता है—

1. **निरीक्षण** Inspection उद्योगों में सामान्यतया उत्पादन बड़े पैमाने (mass production) पर किया जाता है जिसमें उत्पाद के प्रत्येक अंग की माप साधारण विधियों से लेना सम्भव नहीं होता। इसके लिए विशेष युक्तियाँ; जैसे–गेज (gauges), तुलनित्र (comparator) आदि का प्रयोग किया जाता है जिससे यथार्थ तुलनात्मक मापन होता है और समय की भी बचत होती है। इसके अतिरिक्त बड़ी संख्या में उत्पादित उत्पादों में प्रत्येक का माप लेना सम्भव नहीं होता। इसके लिए एक ही साइज के उत्पादित समूह (lot size) में से कुछ उत्पाद लेकर उनका निरीक्षण किया जाता है। इस विधि को सांख्यिकीय गुण नियन्त्रण (statistical quality control) कहते हैं।
2. **उत्पादन प्रक्रम का नियन्त्रण** Control of Manufacturing Process मापनिकी के अन्तर्गत निरीक्षण विधियों से उत्पादन प्रक्रमों का नियन्त्रण भी किया जा सकता है। इसके लिए सांख्यिकीय गुण नियन्त्रण के सिद्धान्तों का प्रयोग किया जाता है। इसके अन्तर्गत उत्पाद के किसी बड़ी मात्रा के समूह (lot) से कुछ उत्पादों को चुन लिया जाता है और उनका निरीक्षण किया जाता है। निरीक्षण से प्राप्त उत्पाद के मापों से एक नियन्त्रण चार्ट (control chart) बना लिया जाता है। इस चार्ट के द्वारा अन्य समूह के उत्पादों के लिए उत्पादन-प्रक्रमों का नियन्त्रण किया जा सकता है।
3. **प्राचलों का मापन** Measurement of Parameters मशीनित अवयवों के विभिन्न सतही प्राचलों; जैसे–सतह-परिष्कृत (surface finish) , कोण (angles), टेपर, गियर, चूड़ी आदि का मापन मापनिकी के अन्तर्गत किया जाता है।
4. **मापन-यन्त्रों का अनुरक्षण** Maintenance of Measuring Instruments मापन के लिए प्रयोग किये जाने वाले यन्त्रों की दक्षता तथा यथार्थता अधिक समय तक बनाये रखने के लिए उनका भली प्रकार रख-रखाव करना आवश्यक होता है। इसे मापन-यन्त्रों का अनुरक्षण कहते हैं। मापनिकी के अन्तर्गत मापन-यन्त्रों के अनुरक्षण करने की विधियाँ भी सम्मिलित हैं।
5. **मशीनी-औजारों का संरेखन** Alignment of Machine Tools मशीन-औजारों की यथार्थता उनके विभिन्न अवयवों के सही संरेखन (alignment) पर निर्भर करती है। अत: मशीनों की संस्थापन (installation) और परिचालन (operation) के दौरान समय-समय पर संरेखन-परीक्षण (alignment tests) करने की भी आवश्यकता होती है। इन परीक्षणों के अन्तर्गत सामान्यतया मशीन बेड, स्पिंडल, टेपर-छिद्र आदि के संरेखन की जाँच की जाती है।

प्रश्न 3. मापनिकी के क्या उद्देश्य हैं?

अथवा **अभियान्त्रिकी एवं तकनीकी क्षेत्र में मीटरोलॉजी के उद्देश्य की व्याख्या उचित उदाहरण के साथ कीजिए।** *(2016)*

उत्तर मापनिकी के निम्नलिखित उद्देश्य हैं—

1. कम लागत पर अवयवों की वांछित यथार्थता प्राप्त करना।
2. यह सुनिश्चित करना कि अमुक कार्य के लिए जिस माप-यन्त्र का प्रयोग किया जाना है, वह उसके लिए उपयुक्त है अथवा नहीं।
3. अवयवों को मापने का प्रक्रम ठीक है अथवा नही, यह निश्चित करने के लिए प्रक्रम की दक्षता ज्ञात करना।
4. मापन की विभिन्न विधियों का मानकीकरण (standardisation) करना।
5. मापन में प्रयोग होने वाले आवश्यक गेजों तथा फिक्सचरों आदि का डिजाइन तैयार करना।
6. मापन सम्बन्धी समस्याओं का कार्यशाला-स्थल (shop floor) पर ही अध्ययन करना व उनका आवश्यक हल खोजना।

7. मापन-यन्त्रों का समय-समय पर अंशांकन (calibration) करते रहना जिससे उनकी यथार्थता बनी रहे।
8. नये विकसित उत्पादों का मूल्यांकन (evaluation) करके यह सुनिश्चत करना कि उत्पादन प्रक्रम तथा उपलब्ध मापन-यन्त्र उस उत्पादन के लिए अनुकूल है।
9. मापन की नयी आधुनिक तकनीकी का विकास करना।
10. उत्पादन तथा निरीक्षण करने वाले कर्मियों को नई आधुनिक मापन विधियों से प्रशिक्षित करना।

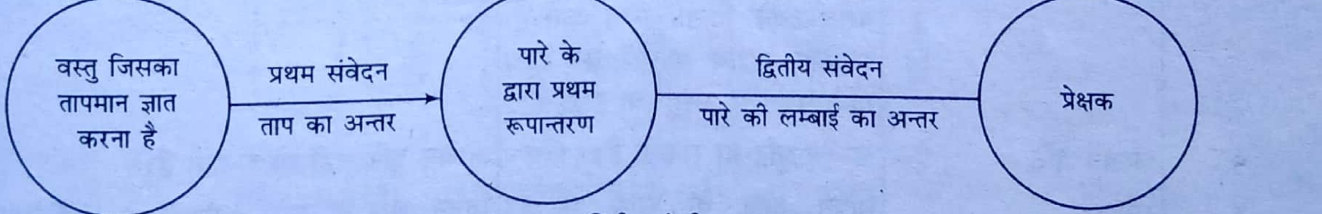
प्रश्न 4. मापन की विभिन्न श्रेणियों को उदाहरण देकर समझाइए। ***(2012)***

अथवा **प्राइमरी, सेकेण्डरी एवं टर्सरी मापन सिद्धान्त से क्या तात्पर्य है? उचित उदाहरण के साथ व्याख्या कीजिए।** ***(2018)***

उत्तर किसी अज्ञात राशि का मापन मुख्यत: दो विधियों से किया जाता है— प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष। प्रत्यक्ष विधि में किसी राशि का मापन सीधे ही पूर्व-निर्धारित मानकों से तुलना करके प्राप्त किया जाता है; जैसे—पैमाने से लम्बाई का मापन। अप्रत्यक्ष विधि के अन्तर्गत किसी राशि का मापन सीधे ही न करके माप के प्रेक्षण को रूपान्तरित करके किसी कैलिब्रेटेड पैमाने पर पढ़ा जाता है; जैसे—तापमान को थर्मामीटर पर उसमें पारे की लम्बाई से ज्ञात किया जाता है। थर्मामीटर के उदाहरण से स्पष्ट है कि यहाँ तापमान (राशि) का केवल एक बार रूपान्तरण (लम्बाई में) हो रहा है, परन्तु अनेक जटिल मापन यंत्रों में एक माप के लिए राशियों के एक से अधिक रूपान्तरण किये जाते हैं। इसी रूपान्तरण के आधार पर मापन को निम्न श्रेणियों में बाँटा गया है—

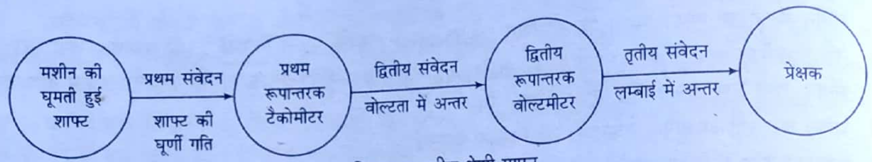
1. **प्रथम श्रेणी मापन** Primary Measurement जिन मापों को लेते समय किसी प्रकार रूपान्तरण नहीं होता है तथा यह सीधे ही प्रत्यक्ष प्रेरण से लिए जाते हैं, प्रथम श्रेणी मापन कहलाते हैं। जैसे—किसी मानक पैमाने से अज्ञात लम्बाई की तुलना करना, रंगों को देखकर तापमान का अनुमान लगाना आदि प्रथम श्रेणी माप के उदाहरण हैं। अत: यह माप प्रेक्षणकर्त्ता की नाड़ियों की माप के प्रति संवेदनशीलता पर निर्भर करती है।
2. **द्वितीय श्रेणी मापन** Secondary Measurement जिन मापों में प्रेक्षण का केवल एक बार रूपान्तरण हो, द्वितीय श्रेणी मापन कहलाती हैं। इसके अन्तर्गत जब किसी राशि का मापन सीधे संभव नहीं होता है, तब उस राशि का रूपान्तरण लम्बाई में किया जाता है जिसे किसी कैलिब्रेटेड पैमाने पर पढ़ लिया जाता है।

   तापमान एवं दाब का मापन द्वितीय श्रेणी माप के प्रमुख उदाहरण हैं। थर्मामीटर में भरा पारा तापमान के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होता है तथा तापमान अंतर होने पर पारे की लम्बाई में परिवर्तन होता है। अत: थर्मामीटर के बल्ब में भरा पारा तापमान में होने वाले परिवर्तन को पारे की लम्बाई के परिवर्तन के रूप में दर्शाता है जिसे पहले से चिह्नित कैलिब्रेटेड पैमाने पर पढ़ा जाता है। इस प्रक्रिया को चित्र 1.1 में समझाया गया है।



चित्र 1.1 द्वितीय श्रेणी मापन

   इस प्रकार दाब मापन के लिये जिस यंत्र का प्रयोग किया जाता है, उसे दाबमापी कहते हैं। यह यंत्र दाब के संवेदन को दाब गेज के सूचक की चाल के माध्यम से दर्शाता है जिसको डायल पर बने पैमाने पर पढ़ा जाता है।
3. **तृतीय श्रेणी मापन** Tertiary Measurement किसी राशि को नापने के लिये यदि उस राशि को दो बार रूपान्तरण किया जाता है तो वह तृतीय श्रेणी मापन कहलाती है। इन श्रेणी के अन्तर्गत विद्युत टैकोमीटर (electric tachometer) व पाइरोमीटर (pyrometer) यंत्र प्रमुख हैं। विद्युत टैकोमीटर में शाफ्ट की गति के संवेदन को ट्रांसड्यूसर द्वारा वोल्टेज में बदला जाता है। इस प्रकार प्रथम रूपान्तरण में गति, वोल्टेज में परिवर्तित की जाती है तथा वोल्टेज वोल्टमीटर द्वारा लम्बाई में परिवर्तन के रूप में प्रदर्शित कर दिया जाता है। अत: वोल्टेज द्वारा लम्बाई में बदलना द्वितीय रूपान्तरण है जिसे प्रेक्षक द्वारा तृतीय संवेदन के रूप में पढ़ लिया जाता है। तृतीय श्रेणी के मापन को चित्र 1.2 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 1.2 तृतीय श्रेणी मापन

प्रश्न 5. रेखीय तथा सिरेवार मानक क्या हैं?

उत्तर 1. **रेखीय मानक** Line Standard दो रेखाओं के बीच की दूरी को मापने के लिये जो मानक प्रयोग किये जाते हैं, उन्हें रेखीय मानक कहते हैं। मीटर-पैमाना (meter-scale) तथा गज-पैमाना (yard-scale) रेखीय मानक हैं जिन्हें लम्बाई के मानक भी कहते हैं। लम्बाई मापने की प्रमुख युक्ति पैमाना होती है।

2. **सिरेवार मानक** End Standard दो समान्तर चपटी या वक्राकार सतहों के बीच की दूरी को मापने के लिये जो मानक प्रयोग में लाये जाते हैं, उन्हें सिरेवार मानक कहते हैं। स्लिप गेज, गैप गेज, माइक्रोमीटर एन्विल के सिरे (end of micrometer anvil) आदि सिरेवार मानक हैं।

प्रश्न 6. रेखीय मानक तथा सिरेवार मानक में अन्तर बताइए।

उत्तर **रेखीय मानक तथा सिरेवार मानक में अन्तर**

क्र० सं० (S.No.)	लक्षण (Characteristics)	रेखीय मानक (Line Standard)	सिरेवार मानक (End Standard)
1.	सिद्धान्त	दो रेखाओं के मध्य दूरी के रूप में दर्शाया जाता है।	दो सतहों के मध्य की दूरी के रूप में दर्शाया जाता है।
2.	मापन की शुद्धता	रेखीय मानकों की सहायता से ± 0.2 mm तक की शुद्धता की जाँच कर सकते हैं।	सिरेवार मानकों की सहायता से ± 0.001 mm (एक माइक्रॉन, *i.e.*, 1 μm) तक की शुद्धता की जाँच कर सकते हैं।
3.	प्रक्रिया में व्यय होने वाला समय व सरलता	इनकी सहायता से मापन सरलता तथा शीघ्रता से सम्पन्न किया जा सकता है।	इनका प्रयोग सरल नहीं है तथा इनके प्रयोग में समय व्यय होता है, इसलिए इनके प्रयोग में दक्षता की आवश्यकता होती है।
4.	मानक पर प्रभाव	प्रयोग में आने पर रेखीय मानकों पर मार्किंग तो सही रहती है, परन्तु उनके किनारे घिस जाते हैं। इसलिए रेखीय मानकों का शून्य मार्क पढ़ने में असुविधा होती है।	सिरेवार मानकों की सतहों का घिसाव कम होता है, क्योंकि इन्हें सामान्यत: कठोर स्टील का बनाया जाता है।
5.	लम्बन त्रुटि	लम्बन त्रुटि हो सकती है।	लम्बन त्रुटि नहीं हो सकती है।
6.	सरेखन	मापन अक्ष के साथ संरेखन आसान नहीं होता है।	मापन अक्ष के साथ आसानी से असंरेखित हो जाते हैं।
7.	उत्पादन तथा मूल्य	कम मूल्य पर आसानी से निर्मित किये जा सकते हैं।	उत्पादन प्रक्रिया जटिल तथा महँगी होती है।
8.	उदाहरण	स्टील स्केल, मीटर स्केल इत्यादि।	स्लिप गेज, वर्नियर कैलिपर, माइक्रोमीटर, इत्यादि।

प्रश्न 7. लम्बाई के तरंगदैर्घ्य मानक पर टिप्पणी लिखिए।

उत्तर **तरंगदैर्घ्य मानक** Wavelength Standard लम्बाई के रेखीय मानकों 'मीटर' तथा 'यार्ड' के साथ व्यावहारिक कठिनाई यह है कि इनकी लम्बाई तापमान के साथ परिवर्तित होती रहती है। इस कारण मापन की प्रक्रिया में त्रुटि स्वीकार्य परिमाण से अधिक होने की संभावना बढ़ जाती है।

अनुभव किया गया जो कि किसी भी अवस्था में अपरिवर्तनीय रहे। इसके लिए एकवर्णीय प्रकाश (monochromatic light) की तरंगदैर्ध्य को लम्बाई के मानक के रूप में स्वीकार करने पर बल दिया गया। भार व माप के अन्तर्राष्ट्रीय ब्यूरो ने वर्ष 1990 में क्रिप्टॉन-86 (Krypton-86) के नारंगी विकिरण की तरंगदैर्ध्य को लम्बाई के मानक के रूप में स्वीकार किया। इसके अनुसार, क्रिप्टॉन-86 के नारंगी विकिरण (orange radiation) की 1650763.73 तरंगदैर्ध्य की लम्बाई 'एक मीटर' के बराबर होती है।

तरंगदैर्ध्य मानक के लाभ Advantages of Wavelength Standard तरंगदैर्ध्य मानक के लाभ निम्नलिखित हैं—

1. इसका भौतिक स्वरूप न होने के कारण यह वातावरण के प्राचलों; जैसे—ताप, दाब, आर्द्रता इत्यादि से अपरिवर्तित रहता है।
2. इसके सुरक्षित भंडारण की आवश्यकता नहीं होती है।
3. इसके घिसने व टूटने का भय नहीं होता है।
4. यह पुनरुत्पादनीय होता है।
5. यह एक स्थान से दूसरे स्थान तक आसानी से ले जाया जा सकता है।
6. यह सभी मानक प्रयोगशालाओं के पास आसानी से उपलब्ध रहते हैं।

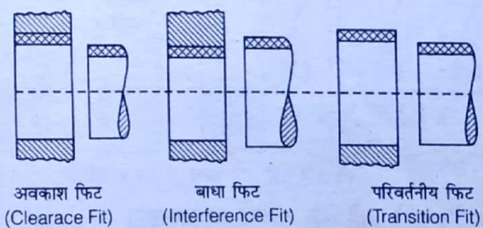
प्रश्न 8. फिट (Fit) क्या है? फिट कितने प्रकार के होते हैं? **(2011, 13,14)**

अथवा **फिट्स की व्याख्या कीजिए।** **(2015)**

उत्तर किन्हीं दो अवयव को आपस में असेम्बल करने पर उसके संगत साइज के मध्य जो अंतर प्राप्त होता है, उसे फिट कहते हैं, जो अवयवों के साइज की सीमाओं पर निर्भर करता है। अर्थात् यदि छिद्र का साइज शाफ्ट के साइज से बड़ा है तो फिट में ढीलापन (looseness) रहेगा और इसके विपरीत यदि छिद्र का साइज शाफ्ट से छोटा है तो फिट में कसाव (tightness) रहेगा।

इस कारण फिट को निम्न तीन भागों में वर्गीकृत किया जाता है—

1. **अवकाश फिट** Clearance Fit इस प्रकार के फिट में शाफ्ट व छिद्र के साइज अपनी सीमाओं के भीतर रहते हुए छिद्र का साइज सदैव शाफ्ट के साइज से बड़ा होता है। इसका अर्थ यह है कि छिद्र व शाफ्ट के मध्य सापेक्ष गति होती है और शाफ्ट, छिद्र के मध्य सरक सकती है या घूम भी सकती है।



चित्र 1.3

2. **बाधा फिट** Interference Fit इस प्रकार के फिट में छिद्र का साइज सदैव शाफ्ट के साइज से छोटा होता है। इसका अर्थ यह है कि छिद्र व शाफ्ट के मध्य कोई सापेक्ष गति नहीं होती है तथा शाफ्ट को छिद्र में फिट करने के लिए, बल की आवश्यकता होती है।
3. **परिवर्तनीय फिट** Transition Fit इस प्रकार के फिट में छिद्र का उच्च साइज (maximum size) शाफ्ट के निम्न साइज से बड़ा होता है, अर्थात् अवकाश फिट होता है तथा छिद्र का निम्न साइज (minimum size) शाफ्ट के उच्च साइज से छोटा होता है, अर्थात् बाधा फिट होता है। इस तरह के फिट, की व की-ग्रूव (key and key-groove) के मध्य देखने को मिलते हैं।

प्रश्न 9. फिट प्रणाली के आधार पर टिप्पणी लिखिए। (2017)

दो अवयवों को आपस में असेम्बल करने पर इच्छित फिट प्राप्त करने के लिए जिस प्रणाली का उपयोग होता है, उसे फिट आधार प्रणाली कहते हैं। इस प्रणाली का उपयोग वृहद उत्पादन में किया जाता है। फिट आधार प्रणाली निम्न दो प्रकार की होती है—

1. **छिद्र आधार प्रणाली** Hole Basis System इस प्रणाली के अन्तर्गत छिद्र के साइज को सीमाओं के भीतर स्थित रखकर विभिन्न प्रकार के फिट प्राप्त करने के लिए शाफ्ट के साइज में परिवर्तन किया जाता है।
2. **शाफ्ट आधार प्रणाली** Shaft Basis System इस प्रणाली के अन्तर्गत शाफ्ट के साइज को सीमाओं के भीतर रखकर विभिन्न प्रकार के फिट प्राप्त करने के लिए छिद्र के साइज में आवश्यक परिवर्तन किया जाता है। उदाहरण के लिए—यदि शॉफ्ट साइज $30^{+0.030}_{-0}$ mm हो तो तीनों प्रकार के फिट के लिए निम्न छिद्र साइज लिया जा सकता है—

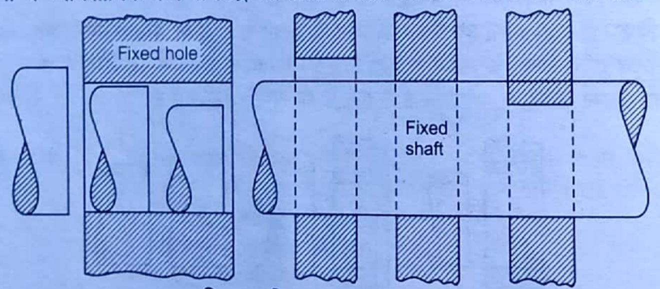
अवकाश फिट के लिए छिद्र साइज $30^{+0.035}_{+0.050}$ mm ,

बाधा फिट के लिए छिद्र साइज $30^{+0.010}_{-0.025}$ mm तथा

परिवर्तनीय फिट के लिए छिद्र साइज $30^{+0.010}_{-0.0}$ mm

प्रश्न 10. छिद्र आधारित व शाफ्ट आधारित उत्पादन में भेद स्पष्ट करते हुए बताइए।

उत्तर **छिद्र आधार प्रणाली व शाफ्ट आधार प्रणाली में भेद** किसी औद्योगिक प्रक्रम में विभिन्न प्रकार के छिद्र साइज बनाने के लिए ड्रिल, रीमर तथा बोरिंग बार आदि का प्रयोग किया जाता है, परन्तु इन टूल्स की सहायता से विभिन्न प्रकार के साइज बनाने में कठिनाई आती है। विभिन्न प्रकार के शाफ्ट साइज को प्राप्त करने के लिए टर्निंग, ग्राइंडिंग तथा लैपिंग इत्यादि संक्रियाएँ की जाती हैं। अतः शाफ्ट के साइज का परिवर्तन केवल मशीन की सेटिंग बदलकर उसी टूल से किया जा सकता है, इसलिए शाफ्ट साइज का परिवर्तन यथार्थ तथा अधिक सुविधाजनक होता है। अतः औद्योगिक दृष्टि से छिद्र साइज स्थिर रखकर शाफ्ट साइज में परिवर्तन करके विभिन्न फिट प्राप्त करना आसान होता है। इसी कारण उद्योगों में व्यावसायिक रूप से छिद्र आधारित प्रणाली अधिक उपयोग की जाती है।

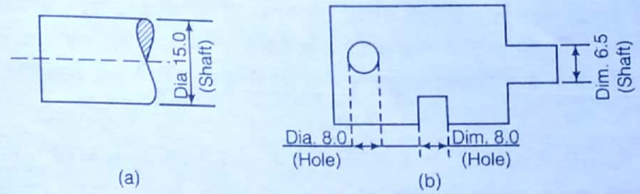


चित्र 1.4 छिद्र तथा शाफ्ट आधार प्रणाली

प्रश्न 11. इंजीनियरिंग में प्रयोग होने वाले फिट संबंधी पद बताइए।

उत्तर इंजीनियरिंग में प्रयोग होने वाले फिट संबंधी पद निम्नलिखित हैं—

1. **शाफ्ट** Shaft शाफ्ट का तात्पर्य सदैव बाहरी गोलीय व्यास से नहीं होता है। किसी भी बाहरी माप (outside dimension) को शाफ्ट कहते हैं [चित्र 1.5 (a) व 1.5 (b)]।
2. **छिद्र** Hole किसी अवयव के आंतरिक व्यास तथा अवयव की भीतरी माप को छिद्र कहते हैं [चित्र 1.5 (b)]।



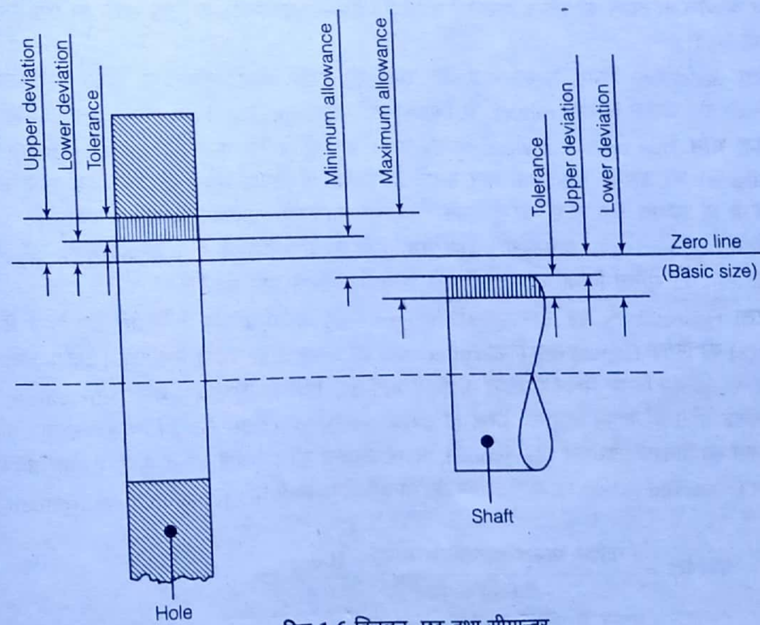
चित्र 1.5

3. **उच्च विचलन** Upper Deviation किसी शाफ्ट या छिद्र की उच्च स्वीकार्य माप तथा मूल माप के बीजगणितीय अन्तर को उच्च विदलन कहते हैं। यह मान धनात्मक तथा ऋणात्मक हो सकता है [चित्र 1.6]।
4. **निम्न विचलन** Lower Deviation किसी शाफ्ट या छिद्र की निम्न स्वीकार्य माप तथा मूल माप के बीजगणितीय अन्तर को निम्न विचलन कहते हैं। यह मान भी धनात्मक अथवा ऋणात्मक हो सकता है [चित्र 1.6]।
5. **छूट** Allowance किसी शाफ्ट और छिद्र असेम्बली का प्रकार उनके संगत साइज पर निर्भर करता है; अतः शाफ्ट व छिद्र के संगत साइज का अन्तर ही छूट कहलाता है।

छूट निम्न दो प्रकार की होती है—

(i) **अधिकतम छूट** Maximum Allowance किसी छूट के अधिकतम व उसके संगत शाफ्ट के न्यूनतम साइज छिद्र के अधिकतम साइज के अन्तर को अधिकतम छूट कहते हैं। इसका मान धनात्मक अथवा ऋणात्मक दोनों प्रकार का हो सकता है [चित्र 1.6]।

(ii) **न्यूनतम छूट** Miniumum Allowance छिद्र के न्यूनतम साइज व शाफ्ट के अधिकतम साइज के अन्तर को न्यूनतम छूट कहते हैं। इसका मान भी धनात्मक अथवा ऋणात्मक हो सकता है [चित्र 1.6]।



चित्र 1.6 विचलन, छूट तथा सीमान्तर

6. **इंडियन स्टैंडर्ड** Indian Standard इंडियन स्टैंडर्ड (IS-919) इंजीनियरिंग के संदर्भ में प्रयोग होने वाला एक महत्त्वपूर्ण दस्तावेज है जिसके अन्तर्गत छिद्र व शाफ्ट के किसी मूल माप के लिए 25 तरह के विचलन होते हैं। शाफ्ट के लिए इन्हें अंग्रेजी के छोटे अक्षर व छिद्र के लिए अंग्रेजी के बड़े अक्षरों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

शाफ्ट के लिए a, b, c, d, e, f, g, h, js, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, z, y, z, za, zb, zc

छिद्र के लिए A, B, C, D, E, F, G, H, Js, J, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC

इसके अतिरिक्त किसी अमुक साइज के लिए 25 प्रकार की शाफ्ट या छिद्र पर 18 प्रकार की सीमान्तर (tolerance) दी जा सकती हैं जिन्हें IT01, IT0, IT1, IT2 से IT16 द्वारा प्रदर्शित करते हैं। सीमान्तर का प्रकार किसी अवयव की यथार्थता (accuracy) व उत्पादन प्रक्रम (manufacturing process) का निर्धारण करता है। सीमान्तर का अंक जितना छोटा होगा, यथार्थता उतनी ही अधिक होगी।

प्रश्न 12. मापन क्रिया सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण परिभाषाएँ बताइए। **(2011, 13)**

अथवा **Precision और Accuracy का वर्णन कीजिए।** **[2016]**

उत्तर मापन क्रिया सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण परिभाषाएँ निम्नलिखित हैं—

1. **परास** Range किसी भी मापन-यन्त्र की वांछित मापन-क्षमता का सीधा संबंध यन्त्र के परास से होता है। किसी भी मापन-यन्त्र का परास (range) इसके द्वारा लिए जा सकने योग्य माप को व्यक्त करता है; जैसे— माइक्रोमीटर की परास 0-25 मिमी, 25-50 मिमी तथा 50-75 मिमी होती है।
2. **अल्पतम मान** Least Count किसी मापन-यन्त्र के स्केल पर एक विभाजन के समतुल्य मान के मान को अल्पतम मान कहते हैं। इसे यन्त्र का स्केल विभाजन मान (scale divison value) कहते हैं। वर्नियर कैलिपर के लिए यह मान 0.1 मिमी तथा माइक्रोमीटर के लिए 0.01 मिमी होता है।
3. **स्केल अन्तराल** Scale Spacing किसी मापन-यन्त्र के स्केल पर दो आसन्न विभाजनों (adjascent graduations) के अंकों के बीच अन्तराल को स्केल अन्तराल कहते हैं। जैसे—माइक्रोमीटर के मुख्य स्केल पर 0.5 मिमी, पैमाने पर एक मिमी आदि।
4. **सुग्राहिता** Sensitivity किसी मापन-यन्त्र की सुग्राहिता उसके द्वारा सूचित या निर्गत-अनुक्रिया (output response) तथा उसके निवेश (input) में विशिष्ट-परिवर्तन (specific change) का अनुपात होती है।
5. **वास्तविक मान** True or Actual Value किसी मापन प्रणाली में निवेश-संकेत (input signal) के परिमाण (magnitude) को उसका वास्तविक मान कहते हैं। किसी भी निवेश-संकेत के वास्तविक मान का मूल्यांकन करना कभी भी सम्भव नहीं होता, परन्तु इसके निकटतम मान का मूल्यांकन किया जा सकता है।
6. **सूचित मान** Indicated Value मापन-यन्त्र द्वारा जब किसी परिवर्तनशील-मात्रा (variable quantity) के परिमाण (magnitude) को सूचित किया जाता है तो उसे मात्रा का सूचित-मान कहते हैं।
7. **बारम्बारता** Repeatability यह ट्रान्सड्यूसर (transducer) का ऐसा गुण है जिससे इस यन्त्र के पाठ्यांकों (readings) को निवेश (input) तथा दिशा (direction) की क्रमश: समरूपी-परिस्थितियों में दोहराया जा सकता है।
8. **यथार्थता** Accuracy किसी मापन उपयन्त्र से प्राप्त माप उस राशि के वास्तविक मान (ture value) के जितना अधिक निकट होती है, मापन उपयन्त्र उतना ही यथार्थ (accurate) कहा जाता है। वास्तविक मान की तुलना में मापे गए मान का प्रतिशत विचलन (deviation), मापन उपयन्त्र की यथार्थता व्यक्त करता है। वास्तविक मान तथा प्रेक्षित मान (observed value) या मापित मान का अन्तर ही मापन में त्रुटि (error in measurement) कहलाता है।

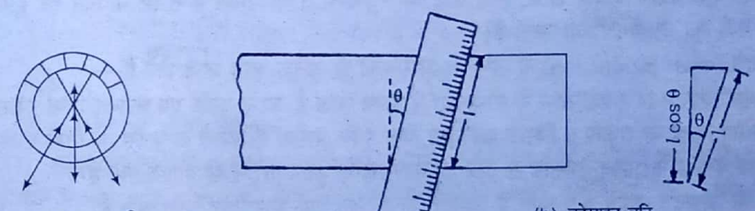
अत:
$$\text{यथार्थता} = \frac{(\text{मापित मान} - \text{वास्तविक मान}) \times 100}{\text{वास्तविक मान}}\%$$
$$= \frac{\text{मापन में त्रुटि} \times 100}{\text{वास्तविक मान}}\%$$

9. **सूक्ष्मता** Precision मापन उपयन्त्र की एक प्रेक्षण-सेट (one observation-set) के विभिन्न मानों को समान यथार्थता से माप सकने की योग्यता को सूक्ष्मता कहा जाता है। यदि किसी मापन उपयन्त्र द्वारा एक बार में लिए गए सभी मापों को एक निश्चित यथार्थता (accuracy) के साथ व्यक्त कर दिया जाता है तो कहा जाएगा कि उक्त मापन उपयन्त्र में सूक्ष्मता का गुण है। इस प्रकार के मापन उपयन्त्र में पुन: अभिव्यक्ति (repeatability) का गुण भी होता है अर्थात् यदि उसी मापन उपयन्त्र से उन्हीं परिस्थितियों में उसी प्रेक्षक द्वारा वहीं पाठ्यांक लिए जाएँ तो सूक्ष्मता के गुण युक्त उक्त मापन उपयन्त्र से बार-बार वही पाठ्यांक प्राप्त होंगे।

प्रश्न 13. सूक्ष्म मापन में होने वाली त्रुटियों का समायोजन लिखिए। **(2011)**

उत्तर किसी मापन प्रक्रिया में त्रुटि होना स्वाभाविक होता है, परन्तु यदि मापन प्रक्रिया में कुछ सावधानियाँ बरती जायें तो मापित मान की विश्वसनीयता व यथार्थता बढ़ाई जा सकती है। अत: सामान्य घटने वाली कुछ त्रुटियों को निम्न प्रकार से समायोजित किया जा सकता है—

1. हम जानते हैं कि 20°C अन्तर्राष्ट्रीय मानक तापमान है जिस पर मापन-यंत्रों का कैलिब्रेशन किया जाता है। अत: कोई भी मापन प्रक्रिया 20°C तापमान पर ही की जानी चाहिए। यहाँ यह ज्ञान होना आवश्यक है कि 25 mm स्टील का साइज 1°C तापमान बढ़ने से 0.3 माइक्रोन (0.0003 mm) बढ़ जाता है।
2. मापन-यंत्र में उत्पन्न शून्य त्रुटि को दूर किया जाना चाहिए अथवा कैलिब्रेशन से उसका मान ज्ञात करके मापित मान को समायोजित किया जाना चाहिए।
3. जब कोई मापन-यंत्र खराब हो जाये तो इसको ठीक कराने के उपरांत बिना अंशांकन किये उसका उपयोग नहीं करना चाहिए।



(a) लम्बन त्रुटि (b) कोसाइन त्रुटि

चित्र 1.7

4. किसी डायल पर रीडिंग पढ़ते समय डायल के तल के लम्बवत् न रहने पर लम्बन त्रुटि (parallax error) आ जाती है। अत: किसी डायल पर रीडिंग पढ़ते समय सदैव उसके तल के लम्बवत् रहना चाहिए अन्यथा एक या दो स्केल के भाग के बराबर त्रुटि हो सकती है। बायीं ओर से देखने पर अधिक मान तथा दायीं ओर से देखने पर कम मान प्राप्त होता है।
5. मापन करते समय संरेखन (alignment) को एब्स सिद्धान्त (Abbe's principle) अपनाना चाहिए। इस सिद्धान्त को अपनाकर कोज्या त्रुटि (cosine error) से बचा जा सकता है। इसके अन्तर्गत मापी जाने वाली विमा का अक्ष (axis) व यंत्र का अक्ष एक ही होना चाहिए। चित्र 1.7 में कोज्या त्रुटि को प्रदर्शित किया गया है।

l = मापन-यंत्र द्वारा मापी गयी लम्बाई

θ = मापन-यंत्र के अक्ष तथा अवयव की मापी जाने वाली विमा के अक्ष के मध्य कोण

$l \cos\theta$ = विमा की वास्तविक माप

अत: कोसाइन त्रुटि, $e = l - l\cos\theta = l(1 - \cos\theta)$.

प्रश्न 14. अन्तर्परिवर्तनीयता (Interchangeability) से क्या तात्पर्य है?

उत्तर अन्तर्परिवर्तनीयता से तात्पर्य, उत्पादन की ऐसी तकनीक से है जिसके अन्तर्गत अवयव को इस प्रकार से बनाया जाता है कि आवश्यकता पड़ने पर, उनमें बिना किसी बदलाव के, बिना किसी परेशानी के, उन्हीं जैसे पुराने अथवा घिसे हुए टूटे-फूटे अवयवों के स्थान पर उसी आकार-प्रकार के किसी भी नये अवयवों से तुरन्त बदला जा सके। समूह उत्पादन में सभी अवयव समान आकार एवं माप के होने के कारण अन्य अवयवों के साथ आसानी से फिट किये जा सकते हैं। यह तभी सम्भव है जबकि अवयवों के संयोजन (assembly) को पूर्णतया अन्तर्परिवर्तनीय बनाया जाये। औद्योगिक उत्पादन एवं निर्माण के साथ-साथ मशीनों और संयंत्रों में अन्तर्परिवर्तनीयता (interchangeability) का विशेष महत्त्व एवं लाभ है। ऑटोमोबाइल, दैनिक उपयोग के उपकरणों और अन्य सभी उत्पादों में अवयवों के बदलने, मरम्मत आदि की आवश्यकता रहती है। अवयवों में अन्तर्परिवर्तनीयता अपनाने पर उनके प्रयोग में उनके चयन करने, ठीक करने और फिट करने के कारण होने वाली देरी एवं परेशानी नहीं होती जिसके कारण उत्पादन में मितव्ययता होती है तथा अवयव उच्च गुण स्तर के अच्छे, टिकाऊ तथा विश्वसनीय रहते हैं। अवयवों का परीक्षण करना सरल होता है एवं उस पर खर्च कम हो जाते हैं।

प्रश्न 15. चयनित असेम्बली कब प्रयोग की जाती है? इसके क्या लाभ हैं? **(2011)**

उत्तर चयनित असेम्बली, वृहत् उत्पादन में मशीनों द्वारा उत्पादित अवयवों को असेम्बल करने की पद्धति है। इस पद्धति में उत्पादित अवयवों को उनके साइज के अनुसार अनेक ग्रुपों में बाँट लिया जाता है। छिद्र तथा शाफ्ट के अलग-अलग ग्रुप बना लिए जाते हैं, फिर संगत-ग्रुपों (corresponding groups) के अवयवों को आसानी से जोड़ा जा सकता है। मान लीजिये कि कुछ ऐसे पार्ट्स को ऐसेम्बल किया जाना है जिनमें शाफ्ट और छिद्र हैं तथा प्रत्येक का उत्पादन एक सामान्य सीमान्तर 0.01 मिमी में किया गया है। इन पार्ट्स को 0.001 मिमी के सीमान्तर में दस ग्रुपों में बाँटा जा सकता है। इस प्रकार प्रत्येक शाफ्ट तथा छिद्र का सीमान्तर 0.01 मिमी प्राप्त हो जायेगा। इन ग्रुपों को बनाने में स्वचालित गेजों का उपयोग किया जाता है।

वृहत् उत्पादन (mass production) में चयनित असेम्बली से अनेक लाभ प्राप्त होते हैं—

(i) पार्ट्स का उत्पादन तो उच्च परास में सीमान्तरों में किया जाता है, परन्तु उनके ग्रुप बनाकर निम्न परास के सीमान्तरों में ऐसेम्बल किया जा सकता है जिससे यह बोध होता है कि प्रत्येक ऐसेम्बली के पार्ट्स को निम्न परास के सीमान्तरों में बनाया गया होगा। परन्तु वास्तव में उन्हें उच्च परास के सीमान्तरों में ही बनाया गया है।

(ii) पार्ट्स की उत्पादन लागत कम होती है, जबकि उत्पाद का गुण-स्तर उच्च बना रहता है।

(iii) उत्पादन के निरीक्षण की पुरानी धारणा समाप्त हो जाती है जिसमें उत्पाद की पहचान अच्छे या बुरे से की जाती थी, अच्छे पार्ट्स को प्रयोग में लाया जाता था, जबकि खराब पार्ट को अयोग्य कर दिया जाता था। परन्तु चयनित असेम्बली से सभी पार्ट्स को ग्रुपों में बाँट कर प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 16. सीमान्तर (Tolerance) पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

अथवा **अनुमेयता पर टिप्पणी लिखिए।**

अथवा **सह्य सीमा (tolerance) की व्याख्या कीजिए।** **(2015, 17)**

उत्तर किसी छिद्र की उच्च-सीमा A_b या शाफ्ट की उच्च-सीमा B_b उनके वास्तविक माप की अधिकतम ग्राह्य मान होती है तथा छिद्र की निम्न-सीमा A_m या शाफ्ट की निम्न सीमा B_b उनके वास्तविक माप का निम्नतम ग्राह्य मान होती है। उच्च-सीमा (high-limit) तथा निम्न-सीमा (low limit) के अन्तर को सीमान्तर या अनुमेयता कहते हैं। सीमान्तर का मान हमेशा धनात्मक (positive) होता है। इसे ग्रीक अक्षर δ (delta) से व्यक्त करते हैं। छिद्र तथा शाफ्ट के लिए सीमान्तर को क्रमशः δ_A तथा δ_B से व्यक्त करते हैं,

इस प्रकार,

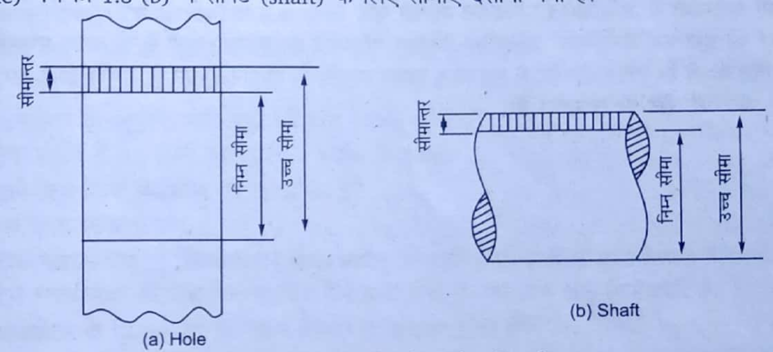
छिद्र के लिए सीमान्तर, $\delta_A = A_b - A_m$

तथा शाफ्ट के लिए सीमान्तर, $\delta_B = B_b - B_m$

अतः हम कह सकते हैं कि सीमान्तर एक ग्राह्य त्रुटि (permissible error) को व्यक्त करता है जो निर्माणाधीन वस्तु की विमाओं में स्वीकार्य होती है।

प्रश्न 17. लिमिट की व्याख्या कीजिए। **(2015, 17)**

उत्तर **लिमिट** Limit किसी अवयव की माप उसकी डिजाइन का एक मूल भाग होती है जिसे स्वयं डिजाइनर तय करता है। इसी को ***मूल माप*** (basic size) कहते हैं। चूँकि उत्पादन प्रक्रम में मूल माप प्राप्त करना आसान नहीं होता है, इसलिए किसी अवयव की माप को दो सीमाओं के भीतर दिया जाता है जिससे कि अवयव का उत्पादन आसानी से हो सके। अतः किसी अवयव के साइज के उक्त दो मानों को माप की सीमाएँ कहते हैं। सबसे अधिकतम मान को उच्च सीमा (maximum limit) तथा सबसे न्यूनतम मान को निम्न सीमा (minimum limit) कहते हैं। चित्र 1.8 (a) में छिद्र (hole) व चित्र 1.8 (b) में शाफ्ट (shaft) के लिए सीमाएँ दर्शायी गयी हैं।



चित्र 1.8 माप की उच्च व निम्न सीमाओं का विवरण

प्रश्न 18. त्रुटि के स्रोत का वर्णन कीजिए। **(2016)**

उत्तर (i) **उपयन्त्रीय त्रुटियाँ** Instrumental Errors मापन में इस प्रकार की त्रुटियाँ मापन युक्ति के अभिकल्पन (design) तथा संरचना (construction) में कमी के कारण होती है। स्केल अंशांकन में त्रुटि, असतत् कमानी तनाव, सन्तुलन भुजा की असमानता आदि इसके मुख्य कारण होते हैं।

(ii) **पर्यावरण त्रुटियाँ** Environmental Errors मापन में ये त्रुटियाँ मापन उपयन्त्र पर बाहरी वातावरण के प्रभाव के कारण उत्पन्न हो जाती हैं। मापन युक्ति में इस प्रकार की त्रुटियाँ वायुमण्डलीय ताप, दाब, आर्द्रता आदि में परिवर्तन तथा चुम्बकीय एवं वैद्युत क्षेत्रीय प्रभाव में परिवर्तन का परिणाम होती हैं जिसके कारण उपयन्त्र के अभिलक्षण प्रभावित हो जाते हैं, जो मापन में त्रुटि प्रस्तुत करते हैं।

(iii) **रूपान्तरण त्रुटियाँ** Translation Errors मापन में ये त्रुटियाँ मापन युक्ति की जड़ता (inertia), घर्षण (friction), मन्दायन (hysteresis) आदि के कारण उत्पन्न होती हैं जिससे मापन उपयन्त्र, प्राप्त संवेदन को यथावत् द्वितीयक संवेदन में रूपान्तरित नहीं कर पाता, इस कारण मापन में त्रुटि आ जाती है।

(iv) **प्रेषक त्रुटियाँ** Transmission Errors उन मापन युक्तियों में, जिसमें संवेदन संकेत (signal) को एक स्थान से दूसरे स्थान तक प्रेषित कर मापन प्राप्त किया जाता है, जैसा कि ट्रांसड्यूसर-युक्तियों में होता है, इस प्रकार की त्रुटि हो जाती है। मापन में ये त्रुटियाँ प्रेषण मार्ग (transmission line) में संकेत में ह्रास (loss in signal) के कारण उत्पन्न होती हैं।

(v) **भारण त्रुटियाँ** Loading Errors मापन में ये त्रुटियाँ मापन प्रणाली पर मापन युक्ति के प्रभाव के कारण उत्पन्न होती हैं। उदाहरणार्थ, वोल्टमीटर का आन्तरिक प्रतिरोध कार्य भार प्रतिरोध के समान्तर प्रभावी होने अथवा अमीटर का प्रतिरोध परिपथ के श्रेणीक्रम में प्रभावी होने आदि के कारण मापन में ये त्रुटियाँ आती हैं।

(vi) **यथार्थ मापन में अस्थिरता जनित त्रुटि** Error Generated due to Inconsistances Associated with Accurate Measurement जब मापन प्रणाली से यथार्थ के काफी निकट, मापन युक्ति की न्यूनतम मापन क्षमता (least count) के भी अतिरिक्त निकट तक का मान जानने का प्रयत्न किया जाता है तो मापन में अनुमान लगाने की आवश्यकता होती है। मापन में थोड़ा-सा भी अनुमान लगाना त्रुटिकर हो सकता है। सूक्ष्म मापों में ऐसा सामान्यतः हो जाया करता है। उदाहरणार्थ—यदि कोई माप किलोग्राम तक में ही लेनी होगी तो यह त्रुटि नहीं भी हो सकती है, परन्तु यदि यही माप मिलीग्राम तक की श्रेणी में करनी होगी तो हर बार मापन में कुछ अन्तर अवश्य आ जाता है।

(vii) **मापन प्रणाली-दोष जनित त्रुटि** Error Generated due to System Defects प्रणाली दोष; जैसे—प्रणाली के मिलान सतहों के बीच अनुपयुक्त सहिष्णुता के परिणाम से उत्पन्न पिच्छल त्रुटि, रैचेट-दाब व्यवस्था द्वारा व्यवस्था-त्रुटि आदि इसी प्रकार की त्रुटियों के कारण हैं।

(viii) **मापन परिमापों में अनियमित परिवर्तन जनित त्रुटि** Error due to Randomly Varying Paramenters इस प्रकार की त्रुटि उन आकस्मिक अनियमित परिमाप-परिवर्तनों का परिणाम होती है जो मापन प्रणाली के निर्गत को प्रभावित करती हैं। लाइन वोल्टता में परिवर्तन, मापन प्रणाली के स्थापन आधार में कम्पन आदि द्वारा जनित त्रुटियाँ इस प्रकार की त्रुटि के उदाहरण हैं।

2 मापन-यन्त्रों के सिद्धान्त एवं वर्गीकरण
Principle & Classification of Measuring Instruments

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. माइक्रोमीटर का सिद्धान्त व्यक्त कीजिए।
उत्तर माइक्रोमीटर स्क्रू थ्रेड की पिच के सिद्धान्त पर बनाया गया है और जो नट और बोल्ट की तरह कार्य करता है, इसलिए इसे स्क्रू गेज के नाम से भी पुकारते हैं।

प्रश्न 2. वर्नियर हाइट गेज का प्रयोग कार्यशाला में कब किया जाता है?
उत्तर जॉब बनाते समय उसकी ऊँचाई मापने के लिए मार्किंग करते समय।

प्रश्न 3. माइक्रोमीटर के स्क्रू/स्पिण्डल चूड़ी की पिच व्यक्त कीजिए।
उत्तर मीट्रिक पद्धति में 0.5 मिमी तथा इंगलिश पद्धति में 1/40.

प्रश्न 4. माइक्रोमीटर किस सिद्धान्त पर आधारित है?
उत्तर नट व बोल्ट सिद्धान्त पर।

प्रश्न 5. मीट्रिक माइक्रोमीटर में स्पिण्डल पर किस प्रकार की चूड़ी कटी होती है तथा उसकी पिच भी बताइए?
उत्तर मीट्रिक माइक्रोमीटर के स्पिण्डल पर 'वी' थ्रेड कटी होती हैं तथा पिच 0.5 मिमी होती है।

प्रश्न 6. माइक्रोमीटर के थिम्बल का एक भाग कितने के बराबर होता है?
उत्तर मीट्रिक पद्धति में 0.01 मिमी तथा ब्रिटिश पद्धति में 0.001".

प्रश्न 7. वर्नियर कैलीपर्स के आविष्कारक कौन थे?
उत्तर पियरे वर्नियर।

प्रश्न 8. साधारण वर्नियर कैलीपर्स से माप कैसे निकाली जाती है?
उत्तर वर्नियर स्केल को पढ़कर उसे अल्पतममाप से गुणा करके माप निकाली जाती है।

प्रश्न 9. वर्नियर के सिद्धान्त पर आधारित यन्त्रों के नाम लिखिए।
उत्तर वर्नियर के सिद्धान्त पर कार्य करने वाले मापन यंत्र निम्नलिखित हैं—
(i) वर्नियर कैलिपर्स, (ii) वर्नियर डेप्थ गेज तथा (iii) वर्नियर हाइट गेज।

प्रश्न 10. ब्रिटिश माइक्रोमीटर के स्पिण्डल पर कितनी चूड़ियाँ प्रति इंच कटी होती हैं?
उत्तर 40 चूड़ियाँ प्रति इंच।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. क्रिया के आधार पर मापन-यन्त्रों का वर्गीकरण कीजिए।
उत्तर क्रिया के आधार पर मापन-यन्त्रों को निम्न वर्गों में बाँटा जा सकता है—
1. यांत्रिक मापन-यन्त्र (Mechanical measuring instruments)
2. प्रकाशीय मापन-यन्त्र (Optical measuring instruments)
3. वैद्युत मापन-यन्त्र (Electrical measuring instruments)
4. द्रवीय मापन-यन्त्र (Hydraulic measuring instruments)
5. वायवीय मापन-यन्त्र (Pneumatic measuring instruments)।

प्रश्न 2. यांत्रिक मापन-यन्त्रों के सिद्धान्त बताइए। **(2016)**

उत्तर मापन या तो सीधे प्रेषण द्वारा अथवा आवर्धन द्वारा लिए जाते हैं। सीधे प्रेषण लेने के लिए पैमाना एक सरलतम युक्ति है, जबकि अन्य प्रकार के यान्त्रिक मापन-यन्त्र सिद्धान्तों पर कार्य करते हैं। इनमें मुख्य सिद्धान्त निम्न प्रकार हैं—

1. उत्तोलक विधि (Lever method), 2. वर्नियर विधि (Vernier method)
3. स्क्रू तथा स्क्रू-नट विधि (Screw and screw-nut method)
4. संयुक्त गियर विधि (Compound gear method), 5. कुण्डलीदार पत्ती विधि (Helical strip method)।

प्रश्न 3. उत्तोलक विधि से माप किस प्रकार लिए जाते हैं? समझाइए।

अथवा **अधिक आवर्धन प्राप्त करने के लिए उत्तोलक विधि किस प्रकार उपयोगी होती है?**

उत्तर चित्र 2.1 में एक साधारण आवर्धन उत्तोलक के सिद्धान्त को दिखाया गया है जिसमें एक आर्वधन उत्तोलक (magnifying lever) एवं पैमाना (scale) होता है। उत्तोलक एक क्षुरदार आलम्ब (knife edge support) पर टिका होता है। मापी जाने वाली माप को उत्तोलक की छोटी भुजा की ओर लिया जाता है, जबकि उत्तोलक की बड़ी भुजा सूचक (pointer) का कार्य करती है।

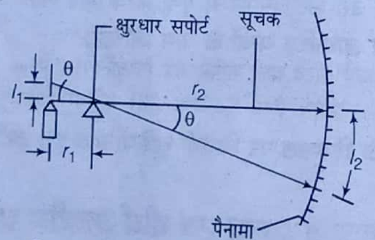
माना मापी जाने वाली माप l_1 है तथा उत्तोलक की छोटी भुजा की लम्बाई r_1 और बड़ी भुजा की लम्बाई r_2 है। यदि सूचक को $\theta°$ विस्थापन देने पर पैमाने का पाठ्यांक l_2 है तो

$$\text{आवर्धन अनुपात (magnifying ratio)} = \frac{\text{पैमाने का पाठयांक } (l_2)}{\text{मापी जाने वाली नाप } (l_1)} = \frac{r_2 \sin\theta}{r_1 \sin\theta}$$

यदि θ कोण बहुत छोटा हो, तब

$$\text{आवर्धन अनुपात} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\text{उत्तोलक की बड़ी भुजा}}{\text{उत्तोलक की छोटी भुजा}}$$

अत: स्पष्ट है कि उत्तोलक की बड़ी भुजा की लम्बाई r_2 बढ़ाने पर आवर्धन अनुपात बढ़ेगा, परन्तु प्रयोगात्मक दृष्टि से उत्तोलक की लम्बाई एक सीमा से अधिक नहीं ली जा सकती है। उत्तोलक की लम्बाई एक सीमा से अधिक लेने पर उत्तोलक का भार बढ़ जायेगा तथा उत्तोलक के आलम्ब पर अनावश्यक घर्षण बढ़ जाने के कारण यन्त्र की त्रुटि बढ़ जायेगी। व्यावहारिक रूप से उत्तोलक विधि से विशेष पिवट (pivot) एवं बियरिंग द्वारा आलम्ब पर घर्षण कम कर 10 गुने तक आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है।



चित्र 2.1 साधारण आवर्धन उत्तोलक का सिद्धान्त

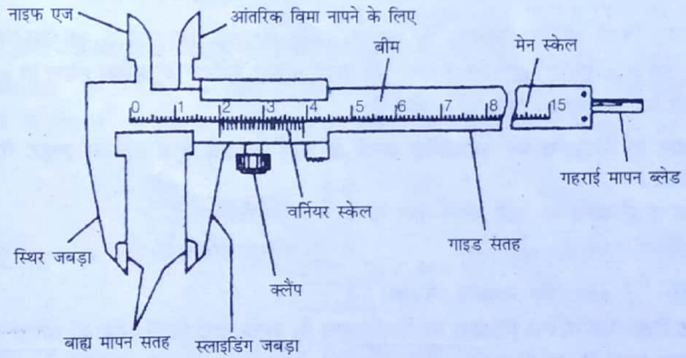
प्रश्न 4. वर्नियर सिद्धान्त को समझाते हुए इसका अल्पतमांक ज्ञात करने की विधि समझाइए? **(2014)**

अथवा **यांत्रिकी मापन उपकरणों का वर्नियर सिद्धान्त क्या है? स्वच्छ चित्र की सहायता से व्याख्या कीजिए।** **(2018)**

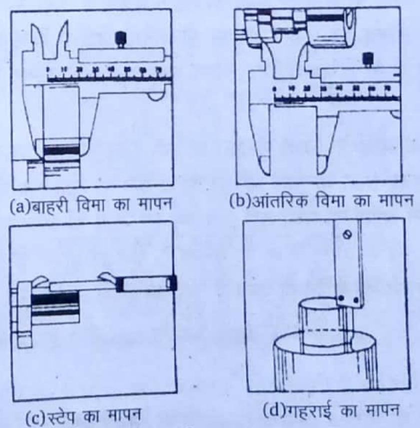
उत्तर सन् 1631 में फ्रांसीसी वैज्ञानिक पियरे वर्नियर ने वर्नियर का सिद्धान्त प्रतिपादित किया। इस सिद्धान्त के अनुसार जब दो ऐसे पैमाने जिनके भागों के मध्य अत्यन्त कम अन्तर हो, तब उनके मानों के अन्तर का मान मापन की शुद्धता बढ़ाने के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

वर्नियर कैलिपर में स्टील के बने दो स्केल होते हैं। दोनों स्केल एक-दूसरे पर सरक सकते हैं। एक को मेन स्केल तथा दूसरे को वर्नियर स्केल कहते हैं। मेन स्केल सदैव स्थिर रहता है तथा वर्नियर स्केल उस पर सरक सकता है, इसलिए वर्नियर स्केल को स्लाइडिंग स्केल भी कहते हैं। चित्र 2.2 में वर्नियर कैलिपर दर्शाया गया है।

किसी जॉब की बाहरी माप मापने के लिए जॉब को बाहरी जबड़ों के मध्य पकड़ा जाता है, जैसा कि चित्र 2.3 (a) में दर्शाया गया है। आंतरिक मापन करने के लिए आंतरिक टिप (internal tip) को जॉब की सतहों के मध्य फैलाया जाता है, जैसा कि चित्र 2.3 (b) में दर्शाया गया है। इसी प्रकार आंतरिक व्यास का मापन भी किया जा सकता है। मापन करते समय जॉब को सीधे तथा कस कर पकड़ने के लिए क्लैंपिंग स्क्रू का प्रयोग किया जाता है। लगातार प्रयोग करते रहने पर वर्नियर कैलिपर के जबड़े घिस जाते हैं, इसलिए वर्नियर कैलिपर हार्ड स्टेनलैस स्टील (hard stainless steel) का बनाया जाता है। आजकल आने वाले वर्नियर कैलिपर के जबड़े कार्बाइड टिप के बने होते हैं। वर्नियर कैलिपर के पीछे वाले भाग की सहायता से जॉब का स्टेप मापन किया जा सकता है, जैसा कि चित्र 2.3 (c) में दर्शाया गया है। इसी प्रकार गहराई का मापन करने के लिए वर्नियर कैलिपर के गहराई मापन ब्लेड (depth measuring blade) का प्रयोग चित्र 2.3 (d) में दर्शायी गयी विधि के अनुसार किया जाता है। वर्नियर कैलिपर का परास (range) 0-150 mm, 0-200 mm, 0-300 mm, 0-600 mm तथा 0-1000 mm तक होता है। वर्नियर कैलिपर पर मिमी के अतिरिक्त इंच की मार्किंग भी बनी होती है।



चित्र 2.2 वर्नियर कैलिपर



चित्र 2.3

वर्नियर कैलिपर के अल्पतमांक की गणना वर्नियर कैलिपर के अल्पतमांक की गणना करने के लिए मेन स्केल के अल्पतमांक में से वर्नियर स्केल के अल्पतमांक को घटाया जाता है।

वर्नियर कैलिपर का अल्पतमांक = मुख्य स्केल का अल्पतमांक – वर्नियर स्केल का अल्पतमांक

प्रश्न 5. किसी वर्नियर कैलिपर के वर्नियर स्केल पर 20 भाग बने हुए हैं। यन्त्र का अल्पतमांक बताइए।

उत्तर वर्नियर कैलिपर का अल्पतमांक = मुख्य स्केल का अल्पतमांक – वर्नियर स्केल का अल्पतमांक

मेन स्केल का अल्पतमांक 1 mm होता है। वर्नियर स्केल का अल्पतमांक निकालने के लिए उस पर बने भाग की संख्या गिन ली जाती है। माना वर्नियर स्केल पर बने भागों की संख्या 20 है, तब वर्नियर स्केल के 20 भागों का मान 19 mm के बराबर होता है।

इसलिए वर्नियर स्केल के एक भाग का मान $= \frac{19}{20}$ mm

यही वर्नियर स्केल का अल्पतमांक है।

इसलिए वर्नियर कैलिपर का अल्पतमांक $= 1\,\text{mm} - \frac{19}{20}\,\text{mm} = \frac{1}{20}\,\text{mm} = 0.05\,\text{mm}$

इसी प्रकार यदि किसी वर्नियर कैलिपर के वर्नियर स्केल पर 50 भाग बने हैं तो उस वर्नियर कैलिपर का अल्पतमांक 1/50 mm (0.02 mm) होगा। अत: यदि किसी वर्नियर कैलिपर के वर्नियर स्केल पर n भाग बने हैं तो उस वर्नियर कैलिपर का अल्पतमांक $(1/n)$mm होता है।

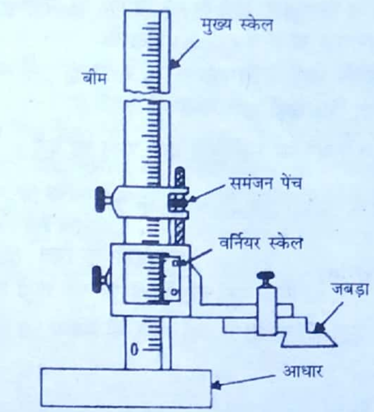
प्रश्न 6. वर्नियर के सिद्धान्त पर आधारित यन्त्रों के नाम बताइये तथा वर्नियर हाइट गेज की क्रियाविधि समझाइए।

उत्तर वर्नियर के सिद्धान्त पर कार्य करने वाले मापन-यन्त्र निम्नलिखित हैं

1. वर्नियर कैलिपर (Vernier calliper),
2. वर्नियर डेप्थ गेज (Vernier depth gauge),
3. वर्नियर हाइट गेज (Vernier height gauge) I

वर्नियर हाइट गेज यह वर्नियर सिद्धान्त पर कार्य करता है। इसके द्वारा किसी जॉब की ऊँचाई या दो ऊँचाइयों का अन्तर ज्ञात किया जाता है। इस यन्त्र का आधार सुदृढ़ तथा समतल व सतह परिष्कृत होती है। मापन जबड़े की ऊपरी तथा निचली सतहें आधार की सतह के समान्तर होती हैं। मापन जबड़े के ऊपर स्क्राइबर लगाकर किसी निश्चित ऊँचाई पर रेखा खींची जा सकती है। आधार पर एक ऊर्ध्वाधर बीम लगी होती है जिस पर मुख्य स्केल बना होता है। मुख्य स्केल पर स्लाइडर लगा होता है जिस पर वर्नियर स्केल बना होता है। वर्नियर स्केल के साथ सूक्ष्म विस्थापन का आवश्यक प्रबन्ध होता है।

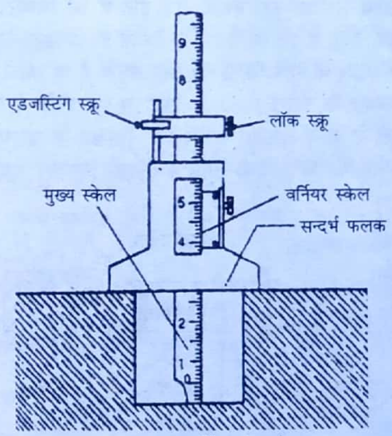
स्क्राइबर को जॉब की किसी एक सतह पर स्पर्श कराकर वर्नियर हाइट गेज का पाठ्यांक नोट कर लेते हैं। इसके पश्चात् जॉब की दूसरी सतह पर स्क्राइबर स्पर्श कराकर वर्नियर हाइट गेज का पाठ्यांक नोट कर लेते हैं। दोनों पाठ्यांकों का अन्तर निकालकर जॉब की दोनों सतहों के मध्य दूरी ज्ञात कर ली जाती है। वर्नियर हाइट गेज में स्क्राइबर के स्थान पर डायल इंडिकेटर (dial indicator) भी प्रयोग किया जा सकता है। जैसे ही डायल इंडिकेटर की टिप (tip) सतह को स्पर्श करती है, डायल इंडिकेटर का सूचक विस्थापित हो जाता है, इसलिए इंडिकेटर स्क्राइबर की अपेक्षा अधिक सुग्राही होता है। बाजार में वर्नियर हाइट गेज 0-300 mm, 0-450 mm, 0-600 mm, 0-1000 mm तथा 0-1500 mm के परास में उपलब्ध हैं।



चित्र 2.4 वर्नियर हाइट गेज

प्रश्न 7. वर्नियर डेप्थ गेज का प्रयोग करने की विधि बताइए।

वर्नियर डेप्थ गेज इसका प्रयोग अंधे छिद्रों की गहराई नापने के लिए किया जाता है। इसके द्वारा खाँचे तथा स्लॉट आदि की गहराई भी ज्ञात की जा सकती है। यह यन्त्र भी वर्नियर सिद्धान्त पर कार्य करता है।



चित्र 2.5 वर्नियर डेप्थ गेज

इसकी ऊर्ध्वाधर बीम पर मुख्य स्केल बना होता है। वर्नियर स्केल बीम के सहारे ऊपर-नीचे गति कर सकता है। वर्नियर स्केल मापन फलक से जुड़ा रहता है। मापन फलक को जॉब की सतह पर रख देते हैं तथा लॉक स्क्रू को ढीला कर मेन स्केल को गहराई में जाने देते हैं। किसी प्रकार की त्रुटि से बचने के लिए मापन फलक की दोनों सतहों पर सही तथा उचित दाब लगाकर जॉब की सतह पर दृढ़ता से स्थिर रखा जाता है। वर्नियर डेप्थ गेज का अल्पतमांक निकालकर गहराई का मान ज्ञात कर लिया जाता है।

प्रश्न 8. स्क्रू तथा स्क्रू-नट विधि के सिद्धान्त का उल्लेख कीजिए। **(2016)**

उत्तर **स्क्रू तथा स्क्रू-नट विधि** Screw and Screw Nut Method इस विधि का सिद्धान्त है कि जब एक समान चूड़ियों वाले स्थिर नट में एक स्क्रू को घुमाया जाये तो स्क्रू सरल रेखीय चाल से आगे-पीछे चलता है और स्क्रू द्वारा

चली गयी रेखीय दूरी स्क्रू के घुमाव के समानुपाती होती है। स्क्रू के एक पूरे चक्कर में यह जितनी दूरी तक आगे या पीछे चलता है, वह उसकी चूड़ी का अन्तराल या पिच (pitch) होता है।

यदि स्क्रू चूड़ी की परिधि को n समान भागों में विभक्त कर दे तथा स्क्रू चूड़ी की पिच का मान p है तो

स्क्रू चूड़ी को एक चक्कर घुमाने पर पेंच चूड़ी द्वारा चली गई दूरी $= p$,

स्क्रू चूड़ी की परिधि को $1/n$ भाग घुमाने पर स्क्रू चूड़ी द्वारा चली गई दूरी $= \frac{p}{n}$

इसलिये $\frac{p}{n}$ को यन्त्र का अल्पतमांक (least count) भी कहते हैं।

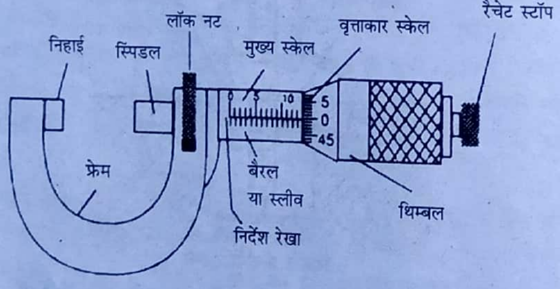
$$\text{स्क्रू चूड़ी का अल्पतमांक (least count)} = \frac{\text{स्क्रू चूड़ी का पिच } (p)}{\text{पेंच चूड़ी की परिधि पर बने भागों की संख्या } (n)}$$

यदि p का मान 1.5 mm तथा स्क्रू चूड़ी की परिधि पर बने भागों की संख्या 50 हो, तब अल्पतमांक (least count) $= \frac{0.5}{50} = 0.01\,\text{mm}$ होगी।

पेंच चूड़ी का सिद्धान्त बाह्य माइक्रोमीटर तथा आन्तरिक माइक्रोमीटर में प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 9. एक बाह्य माइक्रोमीटर का स्वच्छ चित्र बनाते हुए इसका अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।

बाह्य माइक्रोमीटर Outside Micrometer चित्र 2.6 में एक बाह्य माइक्रोमीटर की रचना दिखायी गयी है। इसके मुख्य भाग फ्रेम, निहाई (anvil), स्पिंडल, लॉक-नट, बैरल या स्लीव, थिम्बल तथा रेचिट स्टॉप हैं। फ्रेम अर्द्धवृत्ताकार या आयताकार होता है। थिम्बल व स्पिंडल इस प्रकार जुड़े होते हैं कि थिम्बल को घुमाने से स्पिंडल भी घूमता है, थिम्बल के सिरे पर भीतरी चूड़ियाँ होती हैं जो नट का कार्य करती हैं। स्पिंडल पेंच वाला भाग उसमें चलता है। थिम्बल को जब घुमाया जाता है तो वह स्पिंडल के साथ निहाई की ओर बढ़ती है या उससे दूर होती है। स्लीव पर 1/2 मिमी तथा 1 मिमी के चिह्न बने होते हैं। थिम्बल के बेवेल (bevel) सिरे पर भी परिधि में चिह्न होते हैं। जिस कार्यखण्ड का माप लेना हो, उसे निहाई और स्पिंडल के बीच लगातार स्लीव और थिम्बल के पाठ्यांक लिये जाते हैं। इस प्रकार यन्त्र को सेट कर लेने के पश्चात् लॉक-नट को कस दिया जाता है जिससे स्पिंडल अपने स्थान पर स्थिर बना रहे।



चित्र 2.6 बाह्य माइक्रोमीटर

माइक्रोमीटर का अल्पतमांक माइक्रोमीटर मिमी तथा इन्च मापों में उपलब्ध होते हैं। इनके अल्पतम माप क्रमशः 0.01 मिमी तथा 0.001 इन्च होते हैं।

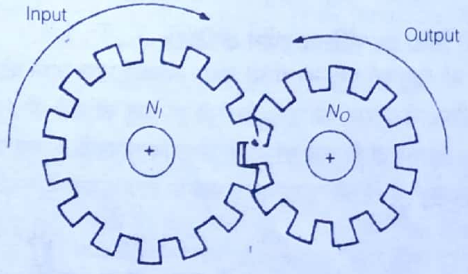
मिमी माप वाले माइक्रोमीटर में चूड़ी की पिच 0.5 मिमी होती है तथा स्लीव पर बने चिह्न 0.5 मिमी तथा 1 मिमी के होते हैं। थिम्बल पर बने वृत्ताकार पैमाने पर 50 बराबर विभाजन होते हैं। जब थिम्बल को एक चक्र घुमाया जाता है तो स्क्रू अपने कक्ष की दिशा में 0.5 मिमी आगे या पीछे हटता है। इस प्रकार, थिम्बल के एक भाग का मान माइक्रोमीटर का अल्पतम मान होगा।

अतः $\quad \text{अल्पतमांक} = \frac{0.5}{50} = 0.01$ मिमी

माइक्रोमीटर कई परासों (ranges) में उपलब्ध होते हैं; जैसे— 0-25, 25-50, 50-75-100 मिमी आदि।

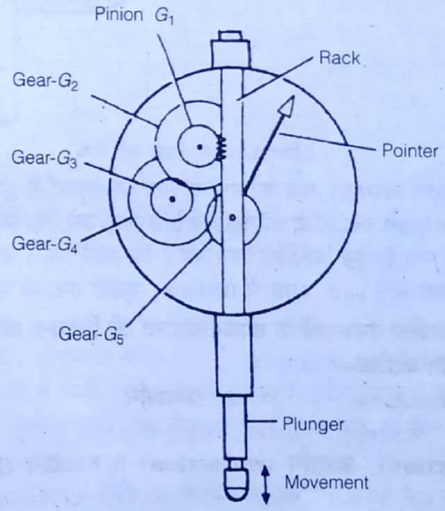
प्रश्न 10. संयुक्त गियर विधि मापन प्रणाली की क्रिया-विधि समझाइए।

उत्तर आवर्धन प्राप्त करने के लिए गियर ट्रेन (gear train) का भी प्रयोग किया जाता है। साधारण गियर ट्रेन में गियर चालक (driver) द्वारा इनपुट दिया जाता है तथा चलित (driven) गियर पर आउटपुट प्राप्त होता है। माना चित्र 2.7 (a) में दर्शाये गये इनपुट गियर पर दाँतों की संख्या N_I तथा आउटपुट गियर के दाँतों की संख्या N_O है। जब इनपुट गियर एक चक्कर पूर्ण करता है, तब आउटपुट गियर (N_I/N_O) चक्कर पूर्ण करता है। अतः गियर ट्रेन



चित्र 2.7 (a)

$$\text{ट्रांसफर फंक्शन} = \frac{\text{इनपुट गियर के दाँतों की संख्या } N_I}{\text{आउटपुट गियर के दाँतों की संख्या } N_O}$$



चित्र 2.7 (b) प्लंजर डायल गेज (Plunger dial gauge)

संयुक्त गियर विधि में रैक (rack), पिनियन (pinion) तथा संयुक्त गियर माला (compound gear train) की सहायता से उच्च आवर्धन प्राप्त किया जाता है। चित्र 2.7 (b) में एक डायल इंडिकेटर गेज का मूल रूप (fundamental form) दर्शाया गया है। जब प्लंजर (plunger) ऊर्ध्व विस्थापित होता है, तब रैक का रेखीय विस्थापन पिनियन G_1 द्वारा

घूर्णी विस्थापन में परिवर्तित हो जाता है, फलस्वरूप पिनियन के स्पिंडल पर स्थापित अन्य गियर G_2 भी घूम जाता है। गियर G_2 अन्य गियर G_3 को घुमाता है। जिस कारण गियर G_3 के स्पिंडल पर लगा गियर G_4 घूम जाता है। अंत में गियर G_4 अन्य गियर G_5 को घुमाता है जिस पर लगा सूचक कैलिब्रेटेड स्केल पर सरकने लगता है।

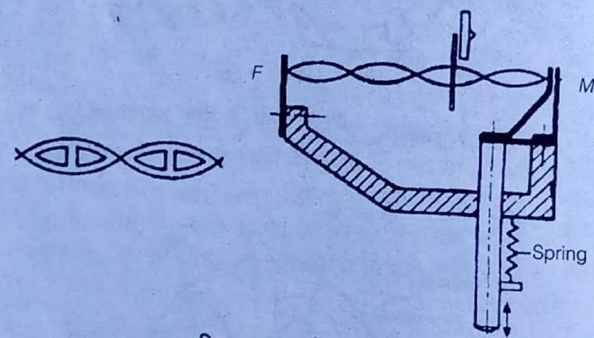
सूचक की लम्बाई में वृद्धि कर आवर्धन पुनः बढ़ाया जा सकता है। डायल गेज में बैकलैश (backlash) की त्रुटि को नगण्य रखने के लिये स्प्रिंग का प्रयोग किया जाता है।

यदि गियर G_2, G_3, G_4 तथा G_5 के दाँतों की संख्या क्रमशः N_2, N_3, N_4 तथा N_5 है तो

संयुक्त गियर का कुल आवर्धन $= \frac{N_2}{N_3} \times \frac{N_4}{N_5}$

प्रश्न 11. कुण्डलीदार पत्ती विधि का संक्षिप्त वर्णन कीजिए। **(2011)**

उत्तर आयताकार काट की धातु की पत्ती को मरोड़ करके आवर्धन प्राप्त करने की यंत्रावली विकसित करने का श्रेय स्वीडिश (Swedish) वैज्ञानिक जोहानसन को जाता है। ऐंठी हुई धातु की पत्ती को F पर स्थिर कर दिया जाता है। पत्ती का दूसरा सिरा M पर खींचा जा सकता है। जब प्लंजर के ऊर्ध्व विस्थापन के कारण पत्ती में खिंचाव उत्पन्न होता है, तब पत्ती में घुमाव गति उत्पन्न हो जाती है जिसके फलस्वरूप पत्ती पर लगा सूचक कैलिब्रेटेड स्केल पर घूमने लगता है।



चित्र 2.8 कुण्डलीदार पत्ती विधि

कुण्डलीदार पत्ती में उत्पन्न घूर्णी विस्थापन अक्ष के अनुदिश पत्ती की लम्बाई में हुए परिवर्तन के समानुपाती होता है। कुण्डलीदार पत्ती की आवर्धन क्षमता तथा संवेदनशीलता बढ़ाने के लिये उसे छिद्रयुक्त (perforated) बनाया जाता है, जैसा कि चित्र 2.8 में दर्शाया गया है। इस विधि का लाभ यह है कि इसमें घिसने वाले भाग; जैसे—पिन, क्षुरदार सतह इत्यादि नहीं हैं। इसकी सहायता से $\pm 1 \mu m$ परास में $0.01 \mu m$ शुद्धता तक की माप ली जा सकती है।

प्रश्न 12. मापन के लिए प्रकाशीय उपकरणों के कार्य-सिद्धान्त की विवेचना कीजिए।

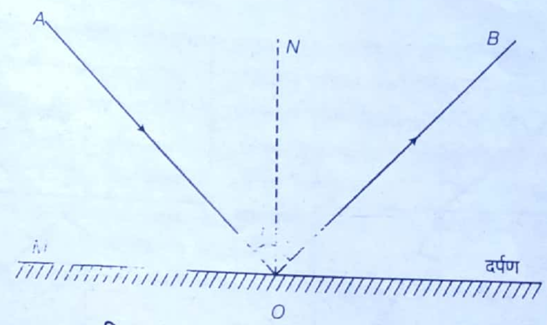
अथवा **निम्न को परिभाषित कीजिए—** **(2013)**

1. **परावर्तन** **(2012, 14)** 2. **अपवर्तन**
3. **व्यतिकरण।**

अथवा **प्रतिबिंबन (reflection), आवर्तन (refraction) व व्यवधान (interference) की व्याख्या कीजिए।** **(2015)**

उत्तर मुख्यतः मापन-यन्त्र निम्न प्रकाशीय सिद्धान्तों पर आधारित होते हैं—

1. **परावर्तन** Reflection जब कोई प्रकाश की किरण किसी एक माध्यम में चलती हुई किसी सतह पर टकराकर उसी माध्यम में वापस आ जाए तो इस घटना को परावर्तन कहते हैं। माना M कोई समतल दर्पण है जिस पर किरण OA आपतित हो रही है। दर्पण से परावर्तन के पश्चात् परावर्तित किरण OB उसी माध्यम में वापस लौट आती है, जहाँ ON समतल दर्पण आयतन बिन्दु O पर डाला गया अभिलम्ब है।



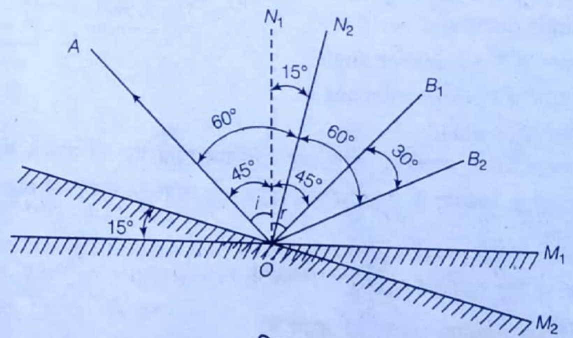
चित्र 2.9 प्रकाश का परावर्तन (Reflection of light)

प्रकाश के परावर्तन के नियम Laws of Reflection of Lights प्रकाश के परावर्तन के नियम निम्नलिखित हैं—

(i) आपतित किरण (AO), परावर्तित किरण (OB) तथा अभिलम्ब (ON) तीनों एक ही तल में होते हैं, तथा

(ii) आपतन कोण $\angle i$ मान का परावर्तन कोण $\angle r$ के समान होता है; अतः $\angle i = \angle r$.

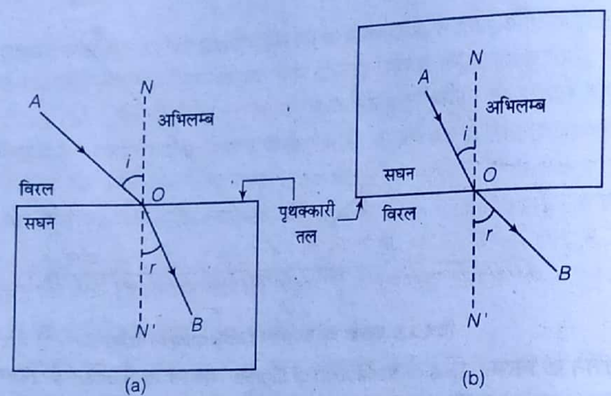
यदि प्रकाश की किरण दर्पण की सतह पर अभिलम्बवत् आपतित होती है ($\angle i = 0°$) तो परावर्तित किरण दर्पण से टकराकर उसी मार्ग पर वापस चली जाती है। जब किसी दर्पण को θ कोण पर झुका दिया जाता है तो परावर्तित किरण 2θ कोण पर मुड़ जाती है। माना किसी समतल दर्पण M_1 पर 45° कोण पर कोई किरण आपतित होती है। यदि समतल दर्पण अपने अक्ष पर 15° घुमा दिया जाता है तो अभिलम्ब ON_1 भी 15° घूमकर ON_2 स्थिति पर आ जाता है। इस प्रकार नया आपतन कोण 60° हो जाता है। अतएव नया परावर्तन कोण भी 60° हो जाता है। अतः चित्र 2.10 से स्पष्ट है कि नई परावर्तित किरण OB_2 पहले वाली परावर्तित किरण OB_1 से 30° घूम जाती है।



चित्र 2.10

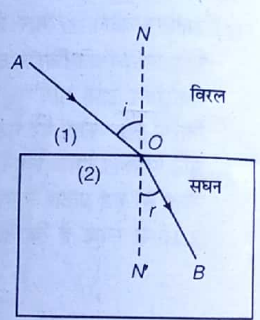
2. **अपवर्तन** Refraction प्रकाश की किरण समांग माध्यम (homogeneous medium) में सीधी रेखा में चलती है, परन्तु जब प्रकाश एक माध्यम से किसी दूसरे पारदर्शी माध्यम में प्रवेश करता है तो वह अपने पथ से विचलित हो जाता है। प्रकाश किरण का विचलन या तो दोनों माध्यमों की संयुक्त सतह पर डाले गये अभिलम्ब की ओर होता है या फिर अभिलम्ब से दूर होता है।

अतः प्रकाश किरण का एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करने पर अपने मार्ग से विचलित हो जाना, प्रकाश का अपवर्तन कहलाता है।



चित्र 2.11 प्रकाश का अपवर्तन

जब आपतित किरण विरल माध्यम (rarer medium) से सघन माध्यम (denser medium) में प्रवेश करती है तो किरण पृथक्कारी तल (separating surface) पर पड़े अभिलम्ब की ओर झुक जाती है [चित्र 2.11 (a)]। इसके विपरीत यदि किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती है तो वह अभिलम्ब से दूर हट जाती है [चित्र 2.11 (b)]।



चित्र 2.12

प्रकाश अवर्तन के नियम Laws of Refraction of Light चित्र 2.12 में

AO = आपतित किरण (incident ray),

OB = अपवर्तित किरण (refracted ray),

$\angle i$ = आपतन कोण (incidence angle),

$\angle r$ = अपवर्तन कोण (refraction angle),

$N N'$ = अभिलम्ब (normal)

प्रथम नियम आपतित किरण, अपवर्तित किरण तथा अभिलम्ब तीनों एक ही तल में होते हैं।

द्वितीय नियम किन्हीं दो माध्यमों के लिए आपतन कोण तथा अपवर्तन कोण की ज्या (sine) का अनुपात एक स्थिरांक होता है। अत:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{स्थिरांक}$$

इसी को स्नैल का नियम (Snell's law) भी कहते हैं।

चित्र 2.12 में यदि आपतित किरण माध्यम (1) में तथा अपवर्तित किरण माध्यम (2) में हो तो

$$\frac{\sin i}{\sin r} = {}_1\mu_2$$

जहाँ ${}_1\mu_2$ माध्यम 1 के सापेक्ष माध्यम 2 का अपवर्तनांक (refractive index) कहलाता है।

Q 3. **व्यतिकरण** Interference जब कोई प्रकाश स्रोत, प्रकाश ऊर्जा उत्सर्जित करता है, तो उसकी ऊर्जा समान रूप से वितरित हो जाती है। परन्तु यदि दो प्रकाश स्रोत, जो एक-दूसरे के अत्यंत समीप है, समान तरंगदैर्घ्य व समान आयाम का प्रकाश उत्सर्जित करें तो उनके अध्यारोपण से प्रकाश समान रूप से वितरित नहीं रहता है। इसलिए किन्हीं दो प्रकाश तरंगों के किसी माध्यम में अध्यारोपण से प्रकाश ऊर्जा का असमान वितरण प्रकाश का व्यतिकरण कहलाता है। माध्यम के कुछ बिन्दुओं की प्रकाश तीव्रता सदैव अधिकतम होती है तथा कुछ बिन्दुओं की प्रकाश तीव्रता सदैव न्यूनतम होती है। समान आयाम की स्थिति में न्यूनतम प्रकाश तीव्रता शून्य होती है। इस प्रकार स्क्रीन पर अधिकतम प्रकाश तीव्रता तथा न्यूनतम प्रकाश तीव्रता (या शून्य प्रकाश तीव्रता) की क्रमागत (alternate) पट्टियाँ

(band) दिखाई पड़ती हैं जिन्हें व्यतिकरण फ्रिंज (fringe) कहते हैं। अत: दो कला सम्बद्ध स्रोत से निकलने वाले प्रकाश के अध्यारोपण से प्रकाश ऊर्जा का पुनर्वितरण प्रकाश का व्यतिकरण कहलाता है।

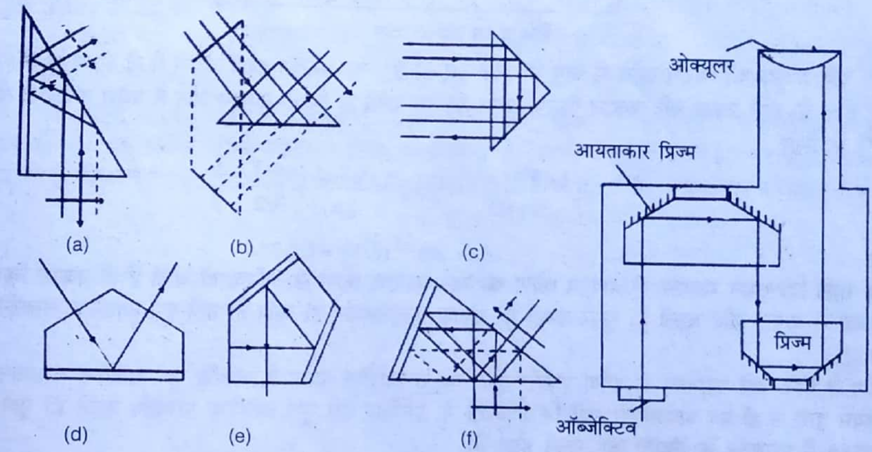
व्यतिकरण के प्रकार व्यतिकरण निम्न दो प्रकार का होता है—

(i) **संपोषी व्यतिकरण** Constructive Interference जब प्रकाश तरंगें अध्यारोपण के फलस्वरूप अधिकतम तीव्रता उत्पन्न करती हैं, उसे संतोषी व्यक्तिकरण कहते हैं।

(ii) **विनाशी व्यतिकरण** Destructive Interference जब प्रकाश तरंगें अध्यारोपण के फलस्वरूप न्यूनतम तीव्रता उत्पन्न करती है, उसे विनाशी व्यतिकरण कहते हैं।

प्रश्न 13. ऑप्टिकल प्रिज्म मापन उपकरणों के सिद्धान्त की व्याख्या स्वच्छ चित्र की सहायता से कीजिए। **(2016)**

उत्तर **प्रकाशीय प्रिज्म** Optical prism प्रिज्म उच्च गुणों वाला पारदर्शी काँच का ठोस टुकड़ा होता है जिसकी तीन या अधिक सतहों पर पॉलिश की हुई होती है। प्रिज्म की सतह पर जब प्रकाश की किरणें लम्बवत् पड़ती हैं तो प्रिज्म के अन्दर किरणों का अनेक बार आन्तरिक परावर्तन होता है जो प्राय: पूर्ण होता है। इस प्रकार के परावर्तन से किरणों का ह्रास (loss) नहीं होता। विभिन्न प्रकार के प्रिज्म तथा उनके आन्तरिक परावर्तन को चित्र 2.13 में दिखाया गया है। इसका मुख्य उपयोग प्रकाशीय मापन यन्त्रों में प्रतिबिम्ब को सीधा रखने अथवा प्रकाश की किरणों को दूसरी दिशा में मोड़ने के लिए किया जाता है। प्रकाशीय प्रिज्म का एक अच्छा उपयोग बाइनोकुलर टेलिस्कोप में किया गया है जिसमें ऑब्जेक्टिव तथा ओक्यूलर (ocular) के बीच प्रिज्म को रखा जाता है।



चित्र 2.13 विभिन्न प्रकार के परावर्तन प्रिज्म

प्रश्न 14. क्रांतिक कोण तथा पूर्ण आंतरिक परावर्तन को समझाइए। **(2014)**

उत्तर जब कोई प्रकाश की किरण सघन माध्यम से चलती हुई किसी विरल माध्यम में प्रवेश करती है तो वह अभिलम्ब से दूर हट जाती है। यदि आपतन कोण का मान और बढ़ाते जाएँ तो एक स्थिति ऐसी आती है कि अपवर्तन कोण का मान 90° का हो जाता है (चित्र 2.15)।

अत: अपवर्तित किरण अभिलम्ब से 90° का कोण बनाती हुई दोनों माध्यम की संयुक्त सतह से स्पर्श रेखीय हो जाती है। सघन माध्यम में बने आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण कहलाता है। अत: स्नैल के नियम से,

$$\frac{\sin i_c}{\sin 90°} = {}_2\mu_1$$

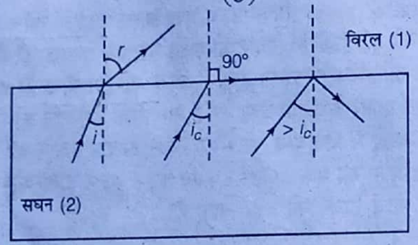
या $$\sin i_c = {}_2\mu_1 = \frac{1}{{}_1\mu_2}$$

अतः $${}_1\mu_2 = \frac{1}{\sin i_c}$$

जहाँ ${}_1\mu_2$ विरल माध्यम (1) के सापेक्ष सघन माध्यम (2) का अपवर्तनांक है। अतः किसी माध्यम के जोड़े के लिये क्रांतिक कोण का एक विशिष्ट मान होता है।

चूँकि $${}_a\mu_g = \frac{3}{2} \text{ तो } {}_a\mu_g = \frac{1}{\sin i_c} \text{ से,}$$
$$\sin i_c = \frac{1}{{}_a\mu_g} = \frac{1}{3/2} = \frac{2}{3}$$

अतः काँच के लिए क्रांतिक कोण, $$i_c = \sin^{-1}\left(\frac{2}{3}\right) = 41.8° \approx 42°$$



चित्र 2.15 क्रांतिक कोण (Critical angle)

अतः यदि प्रकाश की किरण काँच से वायु में जाते हुए 41.8° का आपतन कोण बनाती है तो अपवर्तन कोण का मान 90° होता है। इसी प्रकार यदि प्रकाश किरण सघन माध्यम काँच से विरल माध्यम जल में प्रवेश करती है तो क्रांतिक कोण के लिए

$$\frac{\sin i_c}{\sin 90°} = {}_g\mu_w = \frac{{}_a\mu_w}{{}_a\mu_l} = \frac{4/3}{3/2} = \frac{8}{9}$$

अतः $$i_c = \sin^{-1}(8/9) = 62.7°$$

अब माना कि सघन माध्यम में आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से अधिक हो जाता है तो प्रकाश किरण सघन माध्यम में वापस लौट आती है। दूसरे शब्दों में, प्रकाश का परावर्तन हो जाता है। यही पूर्ण आंतरिक परावर्तन है (चित्र 2.15)।

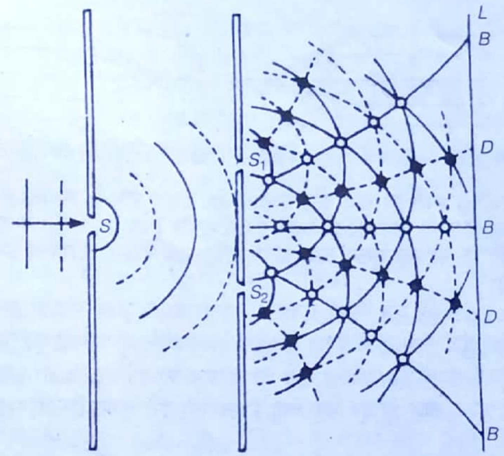
दर्पण से होने वाले परावर्तन में दर्पण प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित करता है, जबकि पूर्ण आंतरिक परावर्तन में सघन माध्यम द्वारा ऊर्जा का अवशोषण नहीं किया जाता है, इसलिए इसे पूर्ण आंतरिक परावर्तन कहते हैं। पूर्ण आंतरिक परावर्तन में परावर्तन के नियमों का पालन होता है।

प्रश्न 15. स्वच्छ चित्र की सहायता से यंग का डबल स्लिट प्रयोग समझाइए।

उत्तर यंग ने सन् 1801 में प्रकाश के व्यतिकरण का प्रयोग किया। यंग के प्रयोग की व्यवस्था चित्र 2.16 में दिखाई गयी है।

प्रयोग व्यवस्था S एक अत्यंत सूक्ष्म छिद्र है। S से कुछ दूरी पर S_1 तथा S_2 दो बारीक छिद्र (स्लिट) हैं। S_1 तथा S_2, S से समान दूरी पर स्थित हैं। S_1, S_2 से लगभग 1.5 मीटर की दूरी पर एक पर्दा (स्क्रीन) L है।

प्रयोग जब स्लिट S को किसी एकवर्णीय प्रकाश स्रोत से प्रतिदीप्त (illuminated) किया जाता है तो पर्दे पर दीप्त (bright) तथा अदीप्त (dark) फ्रिंज बन जाते हैं। यह फ्रिंज क्रमागत (alternate) होते हैं। पर्दे के मध्य बिंदु पर दीप्त (bright) फ्रिंज बनती है। यदि किसी भी एक स्लिट को ढक लिया जाये तो पर्दे पर एकसमान प्रकाश वितरण हो जाता है अर्थात् फ्रिंज गायब हो जाती है।



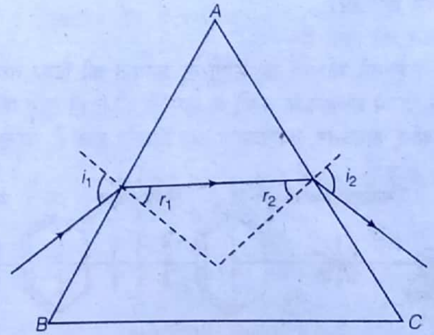
चित्र 2.16 यंग का डबल स्लिट प्रयोग (Young's double slit experiment)

प्रश्न 16. निम्न पर टिप्पणी लिखिए–

1. प्रिज्म, 2. उत्तल लेंस, 3. अवतल लेंस।

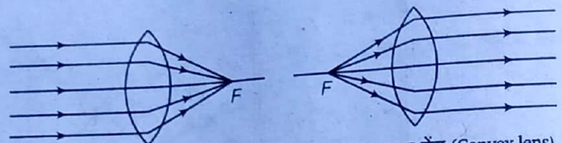
अथवा **लेंस पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।** **(2014)**

उत्तर 1. **प्रिज्म** Prism जब कोई एकवर्णीय प्रकाश किरण किसी प्रिज्म पर आपतित होती है तो किरण प्रिज्म के आधार की ओर मुड़ जाती है। इसके अतिरिक्त प्रिज्म की सहायता से किरणों को 90° तथा 180° पर मोड़ा जा सकता है। इस प्रकार के प्रिज्म पूर्ण आंतरिक परावर्तन सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। चित्र 2.17 में उपरोक्त घटना दर्शायी गयी है।



चित्र 2.17 प्रिज्म (Prism)

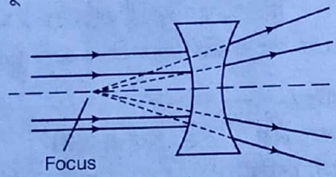
2. **उत्तल लेंस** Convex Lens जब किसी उत्तल लेंस के मुख्य अक्ष के समान्तर प्रकाश पुंज आपतित होता है त अपवर्तन के पश्चात् पुंज लेंस के मुख्य अक्ष के एक बिन्दु पर एकत्रित हो जाता है। इस बिन्दु को लेंस का फोक (focus) कहते हैं। उत्तल लेंस का फोकस वास्तविक (real) होता है, चित्र 2.18(a)।



चित्र 2.18 (a) उत्तल लेंस (Convex lens) चित्र 2.18 (b) उत्तल लेंस (Convex lens)

फोकस को F से प्रदर्शित करते हैं। यदि कोई प्रकाश स्रोत उत्तल लेंस के फोकस F पर रखा हो तो लेंस पर पड़ने के पश्चात् किरणें मुख्य अक्ष के समान्तर हो जाती हैं। जैसा कि चित्र 2.18 (b) में दर्शाया गया है। उत्तल लेंस प्रकाश किरणों को अपवर्तन के पश्चात् मुख्य अक्ष पर एकत्रित कर देता है, इसलिए इसे अभिसारी लेंस (converging lens) भी कहते हैं।

3. **अवतल लेंस** Concave Lens जब किसी अवतल लेंस पर उसके मुख्य अक्ष के समान्तर प्रकाश पुंज आपतित होता है तो अपवर्तन के पश्चात् पुंज मुख्य अक्ष से दूर हो जाता है। अपवर्तन के पश्चात् पुंज जिस बिन्दु से आता हुआ प्रतीत होता है, उसे लेंस का फोकस कहते हैं। अवतल लेंस का फोकस आभासी (virtual) होता है। अवतल लेंस प्रकाश किरणों अपवर्तन के पश्चात् मुख्य अक्ष से दूर भेज देता है इसलिए इसे अपसारी लेंस (diverging lens) भी कहते हैं।



चित्र 2.19 अवतल लेंस (Concave lens)

प्रश्न 17. प्रकाश के ध्रुवण से आप क्या समझते हैं? **(2013)**

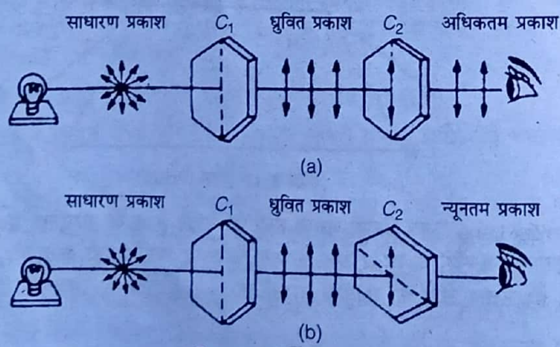
अथवा **ध्रुवीकरण का वर्णन कीजिए।** **(2017)**

उत्तर तरंगें निम्न दो प्रकार की होती हैं—

(i) **अनुदैर्घ्य तरंगें** वे तरंगें जिनमें माध्यम के कणों के कम्पनों की दिशा तरंग गति की दिशा में होती है तथा

(ii) **अनुप्रस्थ तरंगें** वे तरंगें जिनमें माध्यम के कणों के कम्पनों की दिशा तरंग गति की दिशा के लम्बवत् होती है।

दोनों प्रकार की तरंगों का परावर्तन, अपवर्तन, व्यतिकरण तथा विवर्तन होता है, परन्तु ध्रुवण केवल अनुप्रस्थ तरंग का ही हो सकता है।



चित्र 2.20 प्रकाश का ध्रुवण

सामान्य प्रकाश में, प्रकाशीय प्रभाव वाले विद्युत क्षेत्र के कम्पन प्रकाश के संचरण की दिशा के लम्बवत् होते हैं। यह कम्पन सभी दिशाओं में समान रूप से वितरित रहते हैं। माना टूरमैलीन के दो क्रिस्टल C_1 तथा C_2 का प्रयोग प्रकाश के ध्रुवण के लिए किया जाता है। जब साधारण प्रकाश C_1 क्रिस्टल पर डाला जाता है तो C_1 से निकलने वाले प्रकाश की तीव्रता कम तो हो जाती है, परन्तु C_1 को प्रकाश के अक्ष के परितः घुमाने पर C_1 से निकलने वाले प्रकाश की तीव्रता पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। इसका कारण यह है कि C_1 की किसी भी स्थिति में विद्युत क्षेत्र का कोई न कोई कम्पन C_1 के अक्ष के समान्तर होता है और वह C_1 से निकल जाता है (चित्र 2.20)। "C_1 से निकलने वाले इस प्रकाश में विद्युत क्षेत्र के कम्पन केवल एक ही दिशा में होते हैं, अन्य सभी दिशाओं के कम्पन शून्य हो जाते हैं। अतः C_1 से निकलने वाली प्रकाश की तरंग के एक ही तल में कम्पन होते हैं जिसे समतल-ध्रुवित तरंग (plane polarised wave) कहते हैं। प्रकाश की यह घटना 'प्रकाश का ध्रुवण' कहलाती है।"

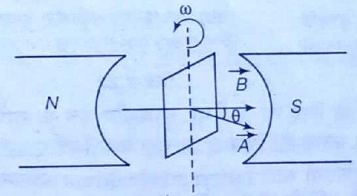
प्रश्न 18. विद्युत मापन-यन्त्रों के कार्य सिद्धान्त को समझाइए। **(2012, 13, 14)**

अथवा **विद्युत मापन-यन्त्रों के कार्य-सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए।** **(2015)**

अथवा **विद्युत-मापन यन्त्रों के कार्य सिद्धान्त का वर्णन करें।** **(2016)**

उत्तर विद्युत मापन-यन्त्रों द्वारा यान्त्रिक प्राचलों का मापन मूलतः निम्नलिखित दो सिद्धान्तों पर आधारित होता है—

1. **ऊर्जा का रूपान्तरण** Transformation of Energy किसी भी प्रकार की ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है और उसे संगत विद्युत प्राचल के माध्यम से नापा भी जा सकता है। किसी यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। यह घटना मूलतः विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण (electromagnetic induction) सिद्धान्त पर आधारित होती है।



चित्र 2.21

माना एक कुण्डली किसी एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में रखी हुई है। कुण्डली यांत्रिक ऊर्जा द्वारा चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् घूर्णन गति कर रही है। यदि

B = एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र का मान (Tesla),
A = कुण्डली का क्षेत्रफल (m^2),
N = कुण्डली के फेरों की संख्या,
θ = चुम्बकीय क्षेत्र तथा कुण्डली के तल पर डाले गए अभिलम्ब के मध्य कोण तथा
ω = कुण्डली की घूर्णन गति

तो किसी क्षण कुण्डली से गुजरने वाला चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi = (\vec{B}.\vec{A})N$$

या

$$\phi = B\ AN \cos\theta$$

या

$$\phi = B\ AN \cos\omega t$$

फैराडे के अनुसार, जब किसी कुण्डली से गुजरने वाले चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है तो कुण्डली में विद्युत वाहक बल (electromotive force) उत्पन्न हो जाता है तथा कुण्डली में उत्पन्न विद्युत वाहक बल का मान चुम्बकीय फ्लक्स के परिवर्तन की दर के समानुपाती होता है। इसलिए वि०वा०बल (emf),

$$e = \frac{-d\phi}{dt}$$

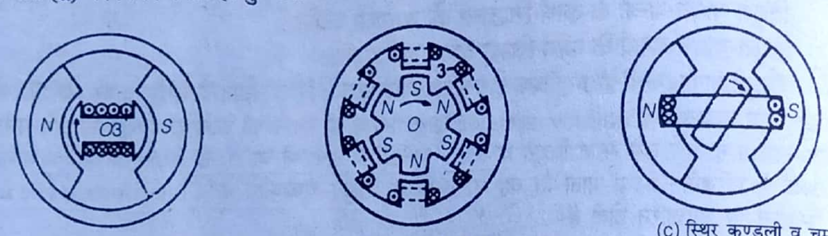
(–ve) चिह्न यह प्रदर्शित करता है कि प्रेरित वि०वा० बल सदैव चुम्बकीय फ्लक्स में होने वाले परिवर्तन का विरोध करत है। अतः ($\phi = B\ AN \cos\omega t$) का समय '$t$' के सापेक्ष अवकल करने पर

$$\frac{d\phi}{dt} = -B\,AN\omega \sin \omega t.$$

या
$$e = \frac{-d\phi}{dt} = -(-B\,AN\omega \sin \omega t)$$

अत: विद्युत वाहक बल
$$e = B\,AN\omega \sin \omega t$$

प्रेरित विद्युत वाहक बल को उत्पन्न करने के लिए मात्र एक ही प्रतिबन्ध है, "चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन"। इस प्रतिबन्ध की पूर्ति के लिए चुम्बक तथा कुण्डली के मध्य सापेक्ष गति होनी चाहिए। उपरोक्त सूत्र से यह स्पष्ट है कि चुम्बकीय क्षेत्र (B), कुण्डली के क्षेत्रफल (A) तथा फेरों की संख्या (N) स्थिर रहने पर emf का मान कुण्डली की कोणीय गति (ω) पर निर्भर करता है। कुण्डली की कोणीय जितनी अधिक होगी, उतना ही अधिक emf उत्पन्न होता है।

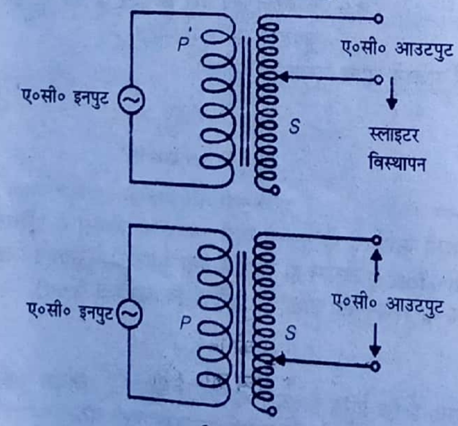


(a) स्थिर चुम्बक-गतिशील कुण्डली (Stationary magnet-moving coil)
(b) स्थिर कुण्डली-गतिशील चुम्बक (Stationary coil-moving magnet)
(c) स्थिर कुण्डली व चुम्बक गतिशील कोर (Stationary coil magnet-moving core)

चित्र 2.22

विद्युत वाहक बल उत्पन्न करने के लिए या तो स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र के सापेक्ष कुण्डली गति करती है या फिर स्थिर कुण्डली के सापेक्ष चुम्बक गति करता है। चित्र 2.22 (a) तथा चित्र 2.22 (b) में दो स्थितियाँ दर्शायी गयी हैं। उपरोक्त दोनों परिस्थितियों में प्रत्यावर्ती धारा (alternating current) उत्पन्न होती है जिसका आयाम (amplitude) तथा आवृत्ति (frequency) घूर्णन गति के समानुपाती होती है। अत: धारा या वि०वा० बल का मापन करके घूर्णन गति ज्ञात की जा सकती है।

कभी-कभी कुण्डली तथा चुम्बक दोनों स्थिर रखे जाते हैं, चित्र 2.22 (c)। इस परिस्थिति में प्रेरित विद्युत वाहक बल उत्पन्न करने के लिए कुण्डली के मध्य चुम्बकशीलता परिवर्तित की जाती है, इसके लिए मृदु लोहे की कोर (soft iron core) कुण्डली के भीतर गति करती है जिसके कारण चुम्बकीय क्षेत्र (B) परिवर्तित होता है, परिणामस्वरूप $e = \frac{-Nd\phi}{dt}$ के नियमानुसार कुण्डली में वि०वा० बल (emf) उत्पन्न होने लगता है।



चित्र 2.23

इस प्रकार, प्रेरित वि०वा० बल उत्पन्न करने के लिए चुम्बकीय फ्लक्स में किसी प्रकार परिवर्तन होना चाहिए। प्रत्यावर्ती धारा द्वारा किसी कुण्डली में उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र सदैव परिवर्तित होता रहता है। यदि ऐसी किसी कुण्डली के पास एक दूसरी कुण्डली रख दी जाए तो दूसरी कुण्डली के सिरों के मध्य भी प्रत्यावर्ती वि०वा० बल उत्पन्न हो जाता है। चित्र 2.23 में प्राथमिक कुण्डली (primary coil) P एक प्रत्यावर्ती विद्युत स्रोत से जुड़ी हुई है, समीप ही एक द्वितीयक कुण्डली (secondary coils) रखी हुई है। प्राथमिक कुण्डली के परिवर्तनीय चुम्बकीय क्षेत्र के द्वितीयक कुण्डली से संबद्ध होने पर द्वितीयक से गुजरने वाले चुम्बकीय फ्लक्स के मान में परिवर्तन होता है, परिणामस्वरूप द्वितीयक कुण्डली के सिरों पर प्रेरित वि०वा० बल उत्पन्न हो जाता है। यदि द्वितीयक कुण्डली का एक सिरा किसी चल यांत्रिक अवयव (moving mechanical part) से जोड़ दिया जाए तो द्वितीयक कुण्डली के फेरों की संख्या में परिवर्तन होने लगेगा जिसके कारण द्वितीयक का A.C. आउटपुट भी बदलने लगेगा। इस प्रकार रेखीय गति की यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है—

2. **विद्युत प्राचलों का परिवर्तन** Variation of Electrical Parameters विद्युत प्राचलों में मुख्यत: तीन प्रकार का परिवर्तन हो जाता है—

(i) **चालक के प्रतिरोध में परिवर्तन** Variation in Resistance of Conductor

(a) **चालक की विमा व प्रतिरोध में परिवर्तन्**

माना l = चालक की लम्बाई,
A = चालक के काट का क्षेत्रफल तथा
ρ = चालक के पदार्थ का विशिष्ट प्रतिरोध (specific resistance) है तो

चालक का विद्युत प्रतिरोध, $R = \rho \frac{l}{A}$

सूत्र से स्पष्ट है कि यदि किसी यांत्रिक परिवर्तन के कारण चालक की लम्बाई अथवा काट के क्षेत्रफल या दोनों में परिवर्तन होता है तो चालक का प्रतिरोध भी परिवर्तित हो जाएगा।

(b) **चालक के तापमान तथा प्रतिरोध में परिवर्तन** किसी चालक का तापमान बढ़ने पर उसका विद्युत प्रतिरोध बढ़ जाता है। यदि $R_0 = 0°C$ ताप पर चालक का प्रतिरोध,

$R_T = T°C$ ताप पर चालक का प्रतिरोध तथा

α = चालक के पदार्थ का प्रतिरोध ताप गुणांक (temperature coefficient of resistance) है तो

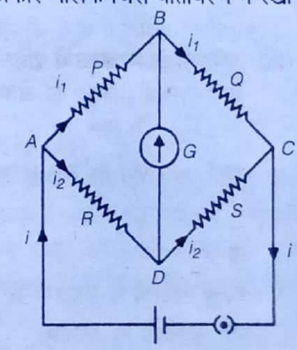
$$R_T = R_0(1 + \alpha T)$$

सूत्र से स्पष्ट है कि चालक के प्रतिरोध तथा तापमान के मध्य रेखीय संबंध होता है। अत: यदि किसी चालक तार का प्रतिरोध ज्ञात कर लिया जाए तो चालक का तापमान ज्ञात हो जाता है। इस प्रकार चालक जिस वातावरण में रखा है, वहाँ का तापमान ज्ञात किया जा सकता है। माना 100°C ताप पर चालक का प्रतिरोध R_{100} है तो

$$R_{100} = R_0(1 + \alpha \times 100)$$

अत: हल करने पर
$$T = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100$$

(c) **ह्वीटस्टोन ब्रिज** Wheatstone Bridge प्रतिरोध ज्ञात करने के लिए ह्वीटस्टोन ब्रिज का प्रयोग सर्वाधिक किया जाता है। इस ब्रिज में चार प्रतिरोध P, Q, R तथा S किसी चतुर्भुज की चार भुजाओं को निरूपित करते हैं। यदि बिन्दु B तथा D के विभव समान हैं तो उनके मध्य लगा हुआ गैल्वेनोमीटर



चित्र 2.24 ह्वीटस्टोन ब्रिज (Wheatstone Bridge)

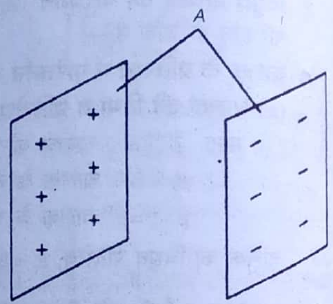
(G) शून्य विक्षेप दिखाएगा। यह स्थिति ब्रिज संतुलन (balance) की अवस्था कहलाती है, जबकि ब्रिज के संतुलन का प्रतिबंध $\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$.

अतः यदि चालकों P, Q तथा R के प्रतिरोध ज्ञात हैं तो अज्ञात प्रतिरोध S का मान ज्ञात किया जा सकता है। ह्वीटस्टोन ब्रिज का सिद्धान्त प्रयोग कर स्ट्रेन गेज के द्वारा विकृति ज्ञात की जाती है तथा प्रतिरोध तापमापी द्वारा तापमान भी ज्ञात किया जाता है।

(d) **चालक की कठोरता तथा प्रतिरोध में परिवर्तन** यदि किसी चालक की कठोरता (hardness) में परिवर्तन होता है तो चालक के पदार्थ के विशिष्ट प्रतिरोध में भी परिवर्तन हो जाता है, इसलिए विभिन्न मिश्र धातुओं का विशिष्ट प्रतिरोध ज्ञात कर उनकी कठोरता ज्ञात जा सकती है, परन्तु चालक की विमाएँ (लम्बाई, चौड़ाई) स्थिर रहनी चाहिए। चालक का प्रतिरोध ज्ञात करने के सूत्र $R=\rho\frac{l}{A}$ की सहायता से विशिष्ट प्रतिरोध ज्ञात कर लिया जाता है।

(e) **प्रकाश के कारण चालक के प्रतिरोध में परिवर्तन** कुछ ऐसे चालक तथा अर्द्धचालक (semiconductors) होते हैं जिन पर प्रकाश विकिरण डालने पर उनका प्रतिरोध परिवर्तित हो जाता है। प्रकाश की तीव्रता बदलने पर चालक तथा अर्द्धचालक का प्रतिरोध परिवर्तन होता है। इस प्रभाव का उपयोग फोटो चालक सेल (photo conductive cell) में किया जाता है।

(ii) **संधारित्र की धारिता में परिवर्तन** Varıration of Capacitance of a Capcitor माना एकसमान क्षेत्रफल A की दो समान्तर प्लेट एक दूसरे से d दूरी पर स्थित हैं। इस समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता (C) निम्न सूत्र द्वारा दी जाती है—



चित्र 2.25 संधारित्र (Capacitor)

$$C=\frac{A\varepsilon_0}{d}$$

जहाँ, ε_0 निर्वात की विद्युतशीलता है। यदि प्लेटों के मध्य कोई परावैद्युत पदार्थ भर दिया जाए तो संधारित्र की धारिता K गुना बढ़ जाती है, जहाँ K उस पदार्थ का परावैद्युत स्थिरांक है। उपरोक्त सूत्र से स्पष्ट है कि संधारित्र का d या A बदलने पर धारिता का मान परिवर्तित हो जाएगा। अतः धारिता को नापकर d तथा A का मान ज्ञात किया जा सकता है।

किसी संधारित्र का धारितीय प्रतिघात (capacitive reactance), $X_C=\frac{1}{2\pi fC}$

जहाँ, f प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति है।

(iii) **कुण्डली के प्रेरकत्व में परिवर्तन** Variation in Inductance of Coil माना किसी कुण्डली में फेरों की संख्या N, कुल लम्बाई l, काट का क्षेत्रफल A तथा प्रवाहित धारा का मान i है। कुण्डली में उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र

$$B=\mu_0 n i$$

जहाँ, $n=N/l$ है। अब कुण्डली से गुजरने वाला कुल चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi=BAN$$

या

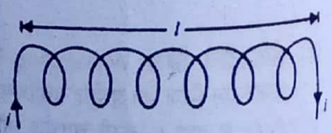
$$\phi=\mu_0 n i AN$$

परन्तु स्वप्रेरण के सिद्धान्त से,

$$\phi=Li$$

अतः कुण्डली का प्रेरकत्व,

$$L=\mu_0 n AN$$



चित्र 2.26 कुण्डली

या

$$L=\frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

जहाँ μ_0 निर्वात की चुम्बकशीलता है।

यदि प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति f हो तो कुण्डली का प्रेरण प्रतिघात (inductance reactance),

$$X_L=2\pi f L$$

माना कुण्डली बनाने में प्रयुक्त चालक तार का प्रतिरोध R है तो कुण्डली की प्रतिबाधा (impedance),

$$Z=\sqrt{X_L^2+R^2}$$

यदि कुण्डली के भीतर लौह-चुम्बकीय पदार्थ (मृदु लोहे की छड़) रख दें तो कुण्डली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स बढ़ जाता है; फलस्वरूप कुण्डली का प्रेरकत्व भी बढ़ जाता है।

$$L=\frac{\mu_r.\mu_0.N^2.A}{l}$$

जहाँ, μ_r लौह-चुम्बकीय पदार्थ की सापेक्ष चुम्बकशीलता है। यदि कुण्डली के फेरों की संख्या (N) तथा चुम्बकशीलता का मान किसी यांत्रिक प्राचल के प्रभाव में परिवर्तित होता है तो प्रेरकत्व L का मान बदल जाएगा, X_L का मान भी बदल जाएगा जिसके कारण विद्युत धारा तथा आउटपुट वोल्टेज परिवर्तित हो जाएगा। अतः आउटपुट वोल्टेज ज्ञात कर यांत्रिक प्राचल ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न 19. द्रवीय मापन-यन्त्रों के सिद्धान्त बताइए।

उत्तर विभिन्न द्रवीय राशियों (hydraulic quantities); जैसे—प्रवाह वेग (flow velocity), विसर्जन (discharge) तथा द्रव दाब (fluid pressure) को नापने के लिए द्रवीय मापन-यन्त्रों का प्रयोग किया जाता है। द्रवीय मापन यंत्र निम्न सिद्धान्तों पर कार्य करते हैं—

(i) पास्कल का नियम (Pascal' s law),
(ii) आर्किमिडीज का सिद्धान्त (Archimede's principle),
(iii) सततता का सिद्धान्त (Continuity principle),
(iv) बरनॉली का प्रमेय (Bernoulli's theorem) तथा
(v) संवेग संरक्षण का सिद्धान्त (Conservation of momentum principle)।

प्रश्न 20. वेन्चुरीमापी (Venturimeter) की संरचना एवं क्रियाविधि का सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर वेन्चुरीमापी एक ऐसा उपकरण है जिसकी सहायता से किसी पाइप में बहते हुए द्रव की मात्रा की दर, किसी भी बिन्दु पर ज्ञात की जा सकती है। इसकी सहायता से क्षैतिज (horizontal), ऊर्ध्वाधर (vertical) या नत (inclined) पाइपों में विसर्जन (discharge) मापा जा सकता है। अधिकतर इसका प्रयोग मुख्य पाइप लाइन (main pipe line) में पानी का विसर्जन मापने में किया जाता है जो कि शहर में पानी भेजने के काम आती है।

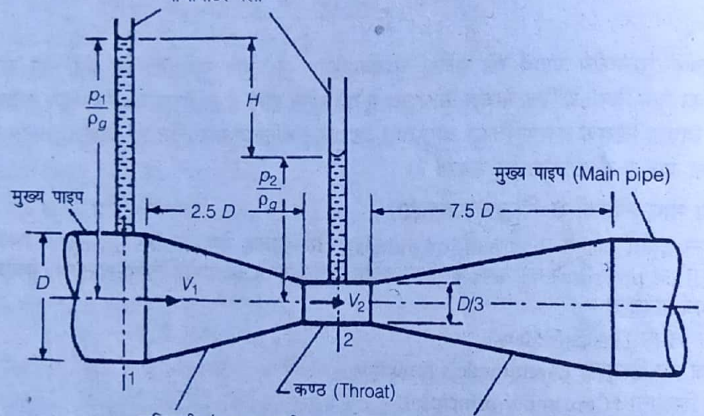
संरचना यह उपकरण निम्न तीन मुख्य भागों का बना होता है—

1. अभिसारी शंक्वाकार नली (Convergent conical pipe),
2. कंठ (Throat) तथा 3. अपसारी शंक्वाकार नली (Divergent conical pipe)।

ये तीनों भाग चित्र 2.27 में दिखाए वेन्चुरीमापी में प्रदर्शित किये गये हैं। अभिसारी शंक्वाकार नली का बड़े व्यास वाला सिरा मुख्य पाइप से जोड़ा जाता है। इसे सिरे को वेन्चुरीमापी का प्रवेश (inlet) कहते हैं। अभिसारी नली का दूसरा कम व्यास वाला सिरा कण्ठ से जुड़ा जाता है। कण्ठ (throat) समान व्यास वाली एक छोटी नली होती है। कण्ठ के दूसरे सिरे से, अपसारी शंक्वाकार नली (divergent concial pipe) का कम व्यास वाला सिरा जोड़ा जाता है तथा इसका अधिक व्यास वाला सिरा मुख्य पाइप से जोड़ते हैं।

कार्यविधि अभिसारी तथा अपसारी नलियों के बड़े सिरों के व्यास मुख्य पाइप के व्यास के बराबर होते हैं; क्योंकि इन सिरों पर मुख्य पाइप जोड़ा जाता है। इन नलियों के छोटे सिरों का व्यास, कण्ठ के व्यास के बराबर होता है। यदि मुख्य पाइप का व्यास D है तो कण्ठ का व्यास D/3 से कम नहीं होना चाहिए। अभिसारी शंक्वाकार नली (convergent conical pipe) की लम्बाई लगभग 2.5 D तथा अपसारी शंक्वाकार नली (divergent conical pipe) की लम्बाई 7.5 D रखी जाती है।

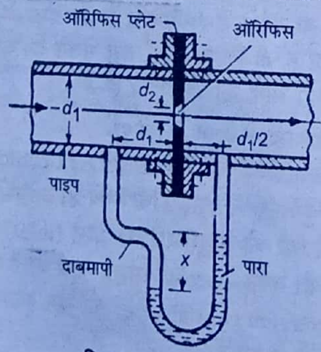
जब वेन्चुरीमापी में से द्रव बहता है तो अभिसारी नली में प्रवेश करने के पश्चात् कण्ठ पर उसकी गति बढ़ जाती है; क्योंकि अभिसारी नली का व्यास कम होता जाता है और विसर्जन (discharge) स्थित रहता है। अत: सातत्य समीकरण (continuity equation) के प्रयोग से कण्ठ पर दाब कम हो जायेगा। दाब में यह कमी वेन्चुरीमापी में कण्ठ तथा प्रवेश पर लगी पीजोमीटर नलियाँ (piezometer tubes) की सहायता से अथवा भेददर्शी द्रव-दाबमापी (differential manometer) की सहायता से ज्ञात की जा सकती है।



चित्र 2.27 वेन्चुरीमापी (Venturimeter)

प्रश्न 21. ऑरिफिस मीटर का सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर एक पतली प्लेट में तेज किनार (sharp edge) वाला छेद ऑरिफिस कहलाता है।



चित्र 2.28 ऑरिफिस प्लेट

इस प्रकार एक छेद वाली प्लेट को ऑरिफिस-प्लेट कहते हैं। जब इस प्लेट का उपयोग द्रव का विसर्जन मापने में किया जाता है तो इसे ऑरिफिस मीटर कहते हैं।

उपयोग ऑरिफिस-प्लेट की सहायता द्वारा पाइपों में से विसर्जन मापा जाता है। वेन्चुरीमापी की अपेक्षा यह पाइप में कम स्थान घेरती है। वेन्चुरीमापी की अपेक्षा इसका मूल्य भी कम होता है।

ऑरिफिस-प्लेट का प्रबन्ध तथा मापने की विधि चित्र 2.28 के अनुसार ऑरिफिस-प्लेट को फ्लैंजों (flanges) की सहायता से पाइप में लगा देते हैं। फिर प्लेट के दोनों ओर, पाइप में से दाबमापी के लिये संबंधन निकालते हैं, जहाँ पर दाबमापी की दो भुजाएँ सम्बन्धित कर दी जाती हैं। कभी-कभी दाबमापी के लिए संबंधनों का प्रबन्ध फ्लैंजों में ही कर दिया जाता है।

साधारणतया प्लेट में छेद का व्यास, पाइप के व्यास का आधा रखा जाता है ($d_2 = 0.5d_1$)। दाबमापी के संबंधन चित्र 2.28 के अनुसार प्लेट के द्रव प्रवेश वाले सिरे से d_1 दूरी पर तथा निकास से $d_1/2$ दूरी पर लगाये जाते है, जहाँ d_1 पाइप का व्यास है।

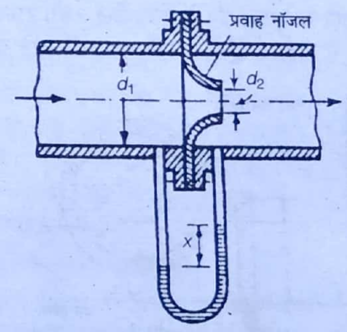
पाइप में से विसर्जन मापने के लिए वेन्चुरीमापी की भाँति ऑरिफिस-प्लेट के दोनों और बरनॉली प्रमेय लगायी जाती है। इस आधार पर निम्न सूत्र प्रयोग किया जाता है—

$$\text{विसर्जन, } Q = Ca_2\sqrt{\frac{2gh}{\left[1-\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4\right]}}$$

जहाँ, a_2 = छेद की काट का क्षेत्रफल,
h = प्रवाहित द्रव के पदों में दाब शीर्ष अन्तर तथा
C = घर्षण हानि के लिए गुणांक।

प्रश्न 22. प्रवाह नॉजल द्वारा विसर्जन मापन की क्रियाविधि का उल्लेख कीजिए।

उत्तर यदि वेन्चुरीमापी में से उसका विसर्जन (discharge) भाग हटा दिया जाए तो प्रवाह-नॉजल बन जाती है। इसे भी फ्लैंजों की सहायता से पाइप लाइन में लगाया जाता है तथा ऑरिफिस-प्लेट की भाँति विसर्जन मापने में प्रयोग किया जाता है,



चित्र 2.29

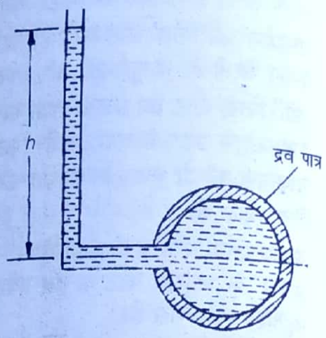
$$\text{विसर्जन, } Q = Ca_2\sqrt{\left(\frac{2gh}{1-(d_2/d_1)^4}\right)}$$

जहाँ, $a_2 = d_2$ व्यास का क्षेत्रफल,
h = प्रवाहित द्रव के पदों में दाब शीर्ष अन्तर तथा
C = घर्षण के लिये गुणांक।

प्रश्न 23. विभिन्न प्रकार की दाबमापी युक्तियाँ क्या हैं? वर्णन कीजिए। (2011)

उत्तर द्रव दाब नापने के लिए निम्नांकित विभिन्न युक्तियाँ प्रयोग में लायी जाती हैं—

1. **पीजोमीटर ट्यूब** Piezometer Tube किसी बिन्दु पर द्रव के अल्प दाब को मापने के लिए पीजोमीटर ट्यूब का सबसे सरल युक्ति के रूप में उपयोग किया जाता है। यह काँच की साधारण ट्यूब है जिसका एक सिरा वायुमण्डल में खुला होता है तथा उसका दूसरा सिरा उस पात्र में जोड़ा जाता है जिसमें भरे द्रव का दाब ज्ञात करना है। चित्र 2.30 में दर्शाया गया है कि द्रव के दाब के कारण पात्र का द्रव पीजोमीटर ट्यूब में स्वतन्त्रतापूर्वक ऊपर चढ़ जाता है। ट्यूब में द्रव स्वतन्त्रतापूर्वक जिस ऊँचाई तक चढ़ जाता है, वह पात्र में भरे द्रव के दाब शीर्ष (pressure head) को बतलाता है।

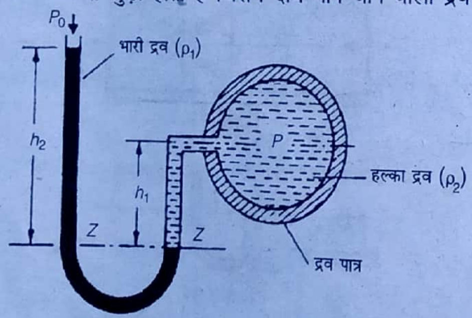


चित्र 2.30

माना पात्र में भरे द्रव का आपेक्षित भार (ρg) है तथा उसकी दाब तीव्रता 'p' है। ρ द्रव का घनत्व है, तब ट्यूब में स्वतन्त्रतापूर्वक चढ़े द्रव की ऊँचाई $h = \frac{p}{(\rho g)}$ अथवा $p = h \times \rho g$, इस सम्बन्ध से h का मान ज्ञात कर द्रव की दाब तीव्रता का मान ज्ञात किया जा सकता है, जो गेज दाब (gauge pressure) होगा; क्योंकि ट्यूब का सिरा वायुमण्डल में खुला होता है। इस पीजोमीटर ट्यूब द्वारा उच्च दाबों का मापन व्यावहारिक रूप से सुविधाजनक नहीं है। यह द्रव के बहुत कम दाब अथवा ऋणात्मक दाब मापने के लिए उपयुक्त नहीं है।

2. **मैनोमीटर** Manometer मैनोमीटर, पीजोमीटर ट्यूब का सुधरा हुआ रूप है जो U ट्यूब के आकार का होता है। इसका उपयोग पीजोमीटर ट्यूब की अपेक्षा किसी बिन्दु पर अधिक उच्च तथा बहुत कम अथवा ऋणात्मक दाब मापने के लिए किया जाता है। इसकी रचना एवं उपयोग के आधार पर मैनोमीटर निम्न प्रकार के होते हैं—

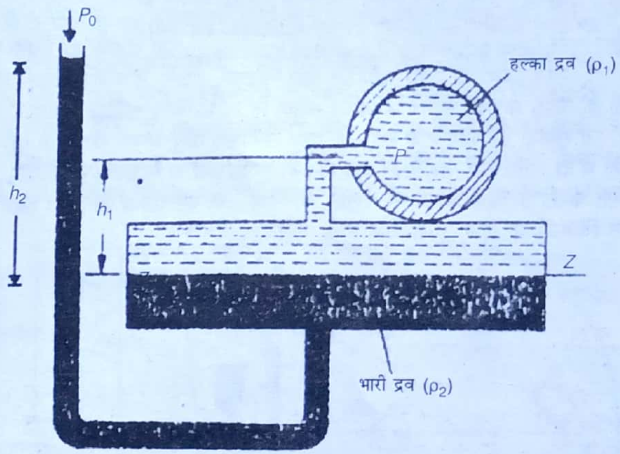
(i) **सरल मैनोमीटर** Simple Manometer इसका उपयोग उच्च अथवा ऋणात्मक दाब मापने के लिए किया जाता है। चित्र 2.31 के अनुसार इसकी बनावट 'U' ट्यूब के आकार की होती है। इसमें कोई भारी द्रव, सामान्यतया पारा भरा होता है जो दाब मापे जाने वाले द्रव में घुलनशील न हो। इसका एक सिरा वायुमण्डल में खुला होता है तथा दूसरा सिरा उस पात्र से जुड़ा होता है जिसमें दाब मापे जाने वाला द्रव भरा होता है।



चित्र 2.31

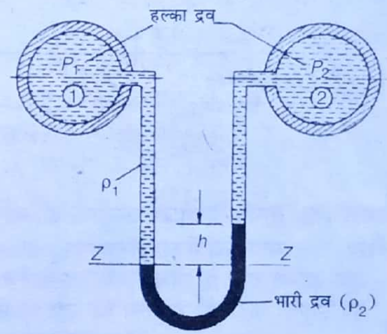
(ii) **माइक्रो मैनोमीटर** Micro manometer यह सरल मैनोमीटर का सुधरा हुआ रूप है। यह अत्यन्त सूक्ष्म दाब मापन के लिए किया जाता है। इसमें एक भुजा का काट क्षेत्रफल दूसरी भुजा की अपेक्षा 100 गुना तक हो सकता है। इसकी कम काट वाली भुजा ऊर्ध्वाधर अथवा नत रखी जाती है। नत भुजा वाला माइक्रोमीटर ऊर्ध्वाधर भुजा वाले माइक्रोमीटर, मैनोमीटर की अपेक्षा अधिक सुग्राही होता है।

दिये गये चित्र 2.32 के अनुसार ऊर्ध्वाधर माइक्रो मैनोमीटर दिखाया गया है। पात्र में भरे उच्च दाब वाले हल्के द्रव के कारण बड़ी काट वाली भुजा वाला द्रव का तल नीचे गिरता है, जबकि उसकी छोटी काट वाली भुजा में द्रव तल अपेक्षाकृत काफी ऊपर चढ़ता है।



चित्र 2.32

(iii) **भेददर्शी मैनोमीटर** Differential Manometer भेददर्शी दाबमापी का उपयोग किसी पाइप के दो बिन्दुओं के बीच अथवा दो पाइपों में दाबान्तर (pressure difference) मापने के लिए किया जाता है। इसकी रचना भी 'U' ट्यूब के आकार की होती है जिसके दोनों सिरे उन बिन्दुओं अथवा पाइप से जुड़े होते हैं जिनके मध्य का अन्तर मापा जाना है। 'U' ट्यूब में भारी द्रव पारा (mercury) भरा रहता है।



चित्र 2.33

चित्र 2.33 के अनुसार माना पाइप में द्रव भरा है। यदि पाइप 1 में द्रव दाब पाइप 2 की अपेक्षा अधिक है तो पाइप 1 में अधिक दाब वाला द्रव 'U' ट्यूब में भारी द्रव (पारा) को नीचे दबायेगा जिसके कारण 'U' ट्यूब के दाहिनी तरफ का भारी द्रव (mercury) ऊपर उठेगा।

प्रश्न 24. वायवीय मापन-यंत्रों का सिद्धान्त समझाइए।

उत्तर 'वायु' की सहायता से मापन प्रक्रिया का विकास मूलत: फ्रांस की सोलेक्स (solex) कम्पनी द्वारा कार्बुरेटर के जेट के लिए सर्वप्रथम किया गया। समय के साथ यह तकनीक अन्य मापन प्रणाली में भी प्रयोग होने लगी। आज वायवीय मापन-यन्त्रों के द्वारा आंतरिक व्यास, बाहरी व्यास, रूक्षता, कनेक्टिंग रॉड इत्यादि की भी जाँच की जाने लगी है चूँकि मापन शीर्ष (measuring head) व नापी जाने वाली सतह के मध्य कोई वास्तविक सम्पर्क नहीं होता है, इसलिए यन्त्र के घिसने (wear) की संभावना बहुत कम होती है।

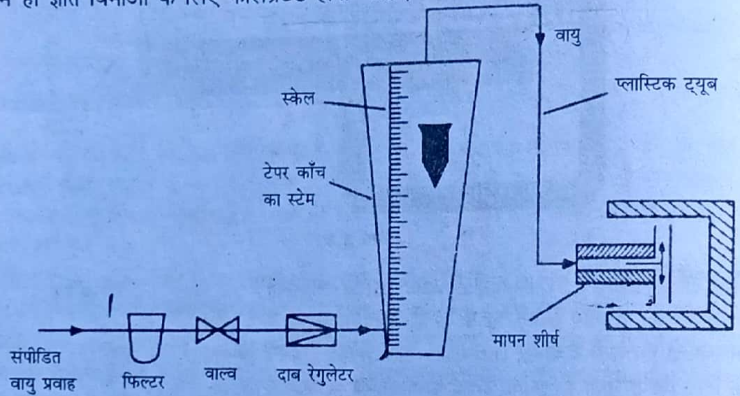
वायवीय यन्त्रों के द्वारा आंतरिक छिद्रों का न केवल व्यास नापा जा सकता है बल्कि उनका टेपर व राउन्डनेस भी ज्ञात किए जा सकते हैं। इन यन्त्रों की सहायता से न केवल वास्तविक माप मिल सकती है वरन् ये 'गो व नो गो गेज' के रूप में भी प्रयोग किए जा सकते हैं। वायवीय मापन-यन्त्र बरनॉली प्रमेय पर कार्य करते हैं।

प्रश्न 25. वायवीय मापन-यन्त्रों का वर्गीकरण दीजिए। किसी एक का स्वच्छ चित्र सहित वर्णन कीजिए।

उत्तर वायवीय मापन यंत्रों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जाता है—

1. प्रवाह या वेग वायवीय यन्त्र (Flow or velocity pneumatic instrument),
2. पश्च दाब वायवीय यन्त्र (Back pressure pneumatic instrument)।

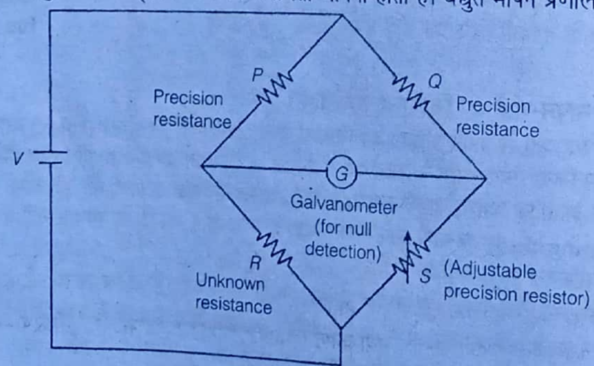
प्रवाह या वेग वायवीय तन्त्र Flow or Velocity Pneumatic Instrument इस यंत्र के द्वारा वायु प्रवाह की दर नाप पर किसी जॉब की विमा का मापन किया जाता है। संपीडित वायु फिल्टर, वाल्व, दाब रेगुलेटर से होती हुई काँच के टेपर कॉलम में प्रवेश करती है, जहाँ धातु का फ्लोट ऊर्ध्वाधर स्केल के सापेक्ष वायु ... लगता है। स्केल की सहायता से फ्लोट की स्थिति पढ़ी जा सकती है। प्लास्टिक ट्यूब के द्वारा संपीडित वायु मापन शीर्ष तक पहुँचती है। मापन शीर्ष के व्यास के विपरीत दिशा में दो ऑरिफिस (orifice) बने होते है। ऑरिफिस से निकलने वाली वायु प्रवाह की दर जॉब का आंतरिक व्यास प्रदर्शित करती है जिसे स्केल पर फ्लोट की स्थिति से पढ़ लिया जाता है। अतः यह आवश्यक है कि स्केल पूर्व में ही ज्ञात विमाओं के लिए कैलिब्रेटेड होना चाहिए।



चित्र 2.34

प्रश्न 26. मापन-यन्त्रों के सन्तुलन की व्याख्या कीजिए। **(2015)**

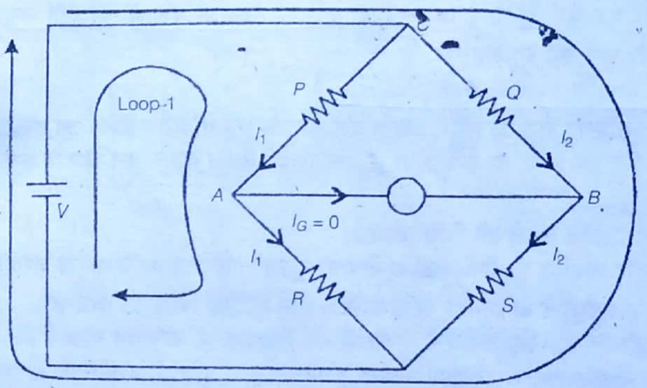
उत्तर **मापन-यंत्रों का सन्तुलन** Balance of Measuring-Instrument किसी एक भौतिक राशि के लिए ज्ञात राशि तथा अज्ञात राशि के बीच संख्यात्मक तुलना करने की क्रिया (act of quantitative comparison) को मापन-यन्त्रों का संतुलन कहते हैं। सन्तुलन का उद्देश्य माप की यथार्थता जानना होता है। वैद्युत मापन प्रणाली में प्रतिरोध, संधारित्र,



चित्र 2.35 (a) ह्वीटस्टोन ब्रिज

प्रेरण, आदि सभी राशियों के मापन के लिए प्रयोग किए जाने वाले ब्रिज परिपथों में प्रयोग की जाने वाली संतुलन प्रणाली, इसका सबसे अच्छा उदाहरण है। इसे समझने हेतु ह्वीटस्टोन ब्रिज का अध्ययन दिया गया है।

ह्वीटस्टोन ब्रिज में चित्र 2.35 (a) के अनुसार चार भुजायें होती हैं जिनमें से एक भुजा पर unknown resistor R होता है, जबकि शेष तीन भुजाओं में से दो भुजाओं पर precision reistances P तथा Q तथा तीसरी भुजा पर adjustable resistor S लगा होता है। ब्रिज में दो opposite points पर supply connect की जाती है, जबकि शेष दो opposite points के बीच galvanometer G connect किया जाता है। R की value ज्ञात करने के लिये variable resistor S को तब तक adjust किया जाता है जब तक कि galvanometer null (zero deflection) show न करने लगे। शुरू में galvanometer को excess current से protect करने हेतु शंट कर देना चाहिये। जैसे-जैसे galvanometer का deflection null के पास आ जाये तो shunt को open circuit करके galvanometer को zero position पर set



चित्र 2.35 (b) ह्वीटस्टोन ब्रिज Balance condition ($I_G = 0$) में

करना चाहिये। इस स्थिति में bridge को balanced कहा जाता है। जब तक galvanometer null पर नहीं आ जाता, bridge को unbalanced कहा जाता है। चूँकि null की condition (balanced condition) में galvanometer में कोई धारा नहीं होगी ($I_G = 0$) अतः इस स्थिति को चित्र 2.35 (b) में प्रदर्शित किया गया है।

चूँकि point A व B पर potential same है ($I_G = 0$ के कारण); अतः

$$I_1 P = I_2 Q \quad \text{तथा} \quad I_1 R = I_2 S$$

समीकरण (i) को (ii) से भाग देने पर,

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

अतः S, P व Q की values को put करके R की value determine की जा सकती है। इस प्रकार मापन यन्त्रों द्वारा अज्ञात राशियों के मापन हेतु मापन यन्त्रों का संतुलन किया जाना महत्त्वपूर्ण होता है।

प्रश्न 27. प्रतिबिम्ब का वर्णन कीजिए। **(2017)**

उत्तर **प्रतिबिम्ब** Reflection 1. आपाती किरण परावर्तित किरण तथा अभिलम्ब, तीनों एक ही तल में होते हैं और एक बिन्दु पर मिलते हैं तथा एक ही माध्यम में होते हैं।

2. आपतित किरण का अभिलम्ब से बनाया गया कोण (आपतन कोण) तथा परावर्तित किरण का अभिलम्ब से बनाये गये कोण (परावर्तन कोण) के ठीक बराबर होता है।

3 ट्रांसड्यूसर
Transducers

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ट्रांसड्यूसर क्या होता है?

उत्तर ट्रांसड्यूसर एक ऐसी युक्ति है जो ऊर्जा को एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित कर सकती है।

प्रश्न 2. LVDT का पूर्ण रूप लिखिए।

उत्तर Linear Variable Temperature Detector.

प्रश्न 3. क्या एक सुचालक सेल को विद्युत वाहक बल स्रोत के रूप में प्रयोग किया जा सकता है? स्पष्ट कीजिए।

उत्तर सुचालक सेल एक प्रकार का ट्रांसड्यूसर है, इसलिए इसे विद्युत वाहक बल स्रोत के रूप में प्रयोग नहीं किया जा सकता।

प्रश्न 4. धारिता परिवर्तित करने की विधि बताइए।

उत्तर समान्तर प्लेट संधारित्र की दोनों प्लेटों के बीच की दूरी को परिवर्तित करके धारिता परिवर्तित की जा सकती है।

प्रश्न 5. प्रेरित्रीय ट्रांसड्यूसर के निर्माण से सम्बन्धित तीन मौलिक सिद्धान्त क्या हैं?

उत्तर प्रेरित्रीय ट्रांसड्यूसर निम्नलिखित में से किसी एक सिद्धान्त पर आधारित होता है—
(i) स्व-प्रेरकत्व में परिवर्तन, (ii) सह-प्रेरकत्व में परिवर्तन, (iii) भँवर धाराओं का उत्पादन

प्रश्न 6. प्रेरणिक प्रेक्सिमिटी ट्रांसड्यूसर का उपयोग किसके लिए किया जाता है?

उत्तर मैटल डिटेक्टर, ट्रैफिक लाइट, कारों की धुलाई इत्यादि में।

प्रश्न 7. किन्हीं तीन सक्रिय ट्रांसड्यूसरों के नाम लिखिए।

उत्तर (i) थर्मोकपल या ताप वैद्युत युग्म ट्रांसड्यूसर, (ii) चल कुण्डली ट्रांसड्यूसर, (iii) फोटो-वोल्टेइक ट्रांसड्यूसर।

प्रश्न 8. LVDT पर उच्च तथा निम्न तापमान का क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

प्रश्न 9. स्वचालित वाश-बेसिन में जल प्रवाह को नियन्त्रित करने के लिए एक ट्रांसड्यूसर प्रयोग किया जाता है। यह किस प्रकार का ट्रांसड्यूसर होता है?

उत्तर प्रकाश-सुग्राही ट्रांसड्यूसर (जैसेकि फोटो-डायोड) सोलेनॉयड वाल्व के साथ प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 10. LDR का पूर्ण रूप लिखिए।

उत्तर Light Dependent Resistor.

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

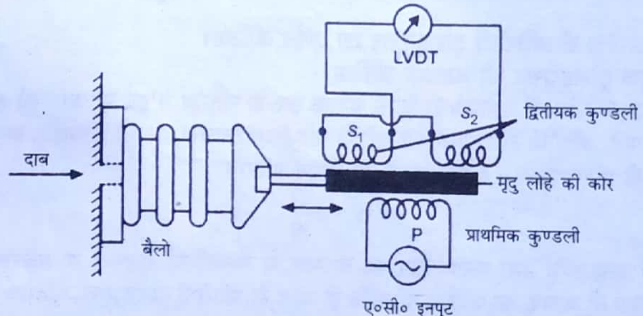
प्रश्न 1. ट्रांसड्यूसर की परिभाषा दीजिए। *(2016)*

उत्तर नापी जाने वाली राशि सर्वप्रथम इनपुट युक्ति के सम्पर्क में आती है। प्राप्त संवेदनाओं को इनपुट युक्ति समानुपाती विद्युत राशि में परिवर्तित कर देती है। सिग्नल कंडीशनर द्वारा विद्युत राशि को प्रवर्धित (amplified) किया जाता है। आउटपुट युक्ति द्वारा प्रवर्धित विद्युत राशि को पठनीय राशि में कर लिया जाता है। नापी जाने वाली राशि प्रायः अविद्युत

होती है; जैसे— बल, दाब, तापमान, गति, विस्थापन, विकृति, इत्यादि। इन्हें नापने के लिए इनको विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है। इस कार्य के लिए जिस युक्ति का प्रयोग किया जाता है, उसे ही 'ट्रांसड्यूसर' कहते हैं। अतः ट्रांसड्यूसर वह युक्ति है जिसकी सहायता से किसी अविद्युत राशि को विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है। अतः ट्रांसड्यूसर किसी यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर देते हैं। ट्रांसड्यूसर न केवल यांत्रिक ऊर्जा बल्कि ऊष्मा, प्रकाश तीव्रता, द्रव तल, प्रवाह दर इत्यादि अन्य राशियों को भी विद्युत राशि में परिवर्तित कर सकते हैं।

प्रश्न 2. प्राथमिक एवं द्वितीयक ट्रांसड्यूसर में भेद कीजिए।

उत्तर बैलो दाब की संवेदना को ग्रहण करता है तथा दाब को मृदु लोहे की कोर के विस्थापन के रूप में दर्शाता है। अतः बैलो एक प्राथमिक ट्रांसड्यूसर है।



चित्र 3.1 बैलो : प्राथमिक ट्रांसड्यूसर तथा LVDT : द्वितीयक ट्रांसड्यूसर

मृदु लोहे की कोर के विस्थापन से दोनों द्वितीयक कुण्डली के वोल्टेज में विपरीत प्रकृति का परिवर्तन हो जाता है। दोनों द्वितीयक कुण्डली पर उत्पन्न वोल्टेज का अंतर LVDT (linear variable differential transformer) के आउटपुट के रूप में प्रदर्शित होता है। अतः LVDT एक द्वितीयक ट्रांसड्यूसर है। इस प्रकार बल, दाब, विस्थापन आदि संवेदनाओं को प्रथम चरण में स्पर्श करने वाली युक्तियाँ प्राथमिक ट्रांसड्यूसर कहलाती हैं। प्राथमिक ट्रांसड्यूसर का आउटपुट अन्य युक्ति द्वारा संगत विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है जिसे द्वितीयक ट्रांसड्यूसर कहते है। अधिकतर यांत्रिक युक्तियाँ प्राथमिक ट्रांसड्यूसर तथा विद्युत युक्तियाँ द्वितीयक ट्रांसड्यूसर कहलाती हैं।

प्रश्न 3. ट्रांसड्यूसर के अभिलक्षणों का वर्णन कीजिए।

उत्तर एक अच्छे ट्रांसड्यूसर का चुनाव करते समय निम्न अभिलक्षणों को ध्यान रखना चाहिए—

1. **सिद्धांत** Principle ट्रांसड्यूसर के कार्य करने का सिद्धान्त; जैसे—प्रतिरोधी, प्रेरकत्व, धारितीय इत्यादि।
2. **परास** Range चयनित ट्रांसड्यूसर ऐसा होना चाहिए कि मापी जाने वाली राशि के पूर्ण परास (न्यूनतम से अधिकतम मान) में आउटपुट समान रूप से परिवर्तित हो सके।
3. **संवेदनशीलता** Sensitivity एक अच्छे ट्रांसड्यूसर को संवेदनशील होना चाहिए, अर्थात् मापी जाने वाली राशि में छोटे से परिवर्तन के भी संगत आउटपुट प्राप्त हो सके।
4. **यथार्थता या सटीकता** Accuracy एक अच्छा ट्रांसड्यूसर सदैव सटीक परिणाम देता है। शंका होने पर ट्रांसड्यूसर का कैलिब्रेशन कर लिया जाना चाहिए।
5. **लोडिंग प्रभाव** Loading Effect इनपुट यांत्रिक ऊर्जा का वह भाग, जो ट्रांसड्यूसर को क्रियाशील करने में खर्च हो जाता है, लोडिंग प्रभाव कहलाता है। अतः एक अच्छे ट्रांसड्यूसर का लोडिंग प्रभाव न्यूनतम होना चाहिए।
6. **वातावरणीय परिस्थितियाँ** Environmental Conditions ट्रांसड्यूसर को इनपुट-आउटपुट संबंध (input-output relation) वातावरणीय परिस्थितियाँ; जैसे— ताप, दाब नमी आदि के परिवर्तनों से अप्रभावित रहना चाहिए।

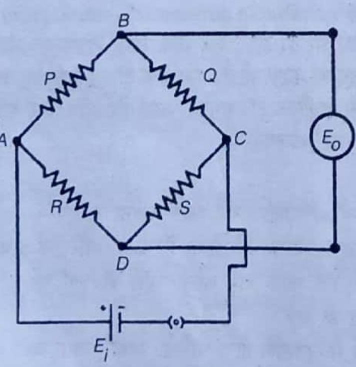
7. **स्थायित्व व विश्वसनीयता** Stability and Reliability एक ट्रांसड्यूसर के आउटपुट में स्थायित्व तथा विश्वसनीयता बरकरार रहनी चाहिए।
8. **उपयोग में आसानी** Ease in Use एक अच्छे ट्रांसड्यूसर को आकार में छोटा, भार में कम तथा अनुप्रयोग में आसान होना चाहिए।
9. **विद्युत इकाइयाँ** Electrical Units ट्रांसड्यूसर को चुनाव करते समय संयोजन तारों (connecting leads) का प्रकार तथा उनकी लम्बाई का विशेष ध्यान रखना चाहिए।
10. **रेखीयता का गुण** Linear Characteristics ट्रांसड्यूसर के इनपुट सिगनल तथा आउटपुट सिगनल के मध्य रेखीय संबंध होना चाहिए अर्थात् दोनों का अनुपात स्थिर रहना चाहिए तथा $\left(\frac{E_o}{E_i} = k\right)$.

प्रश्न 4. स्वच्छ आरेख से प्रतिरोधी ट्रांसड्यूसर का वर्णन कीजिए। **(2011, 13,14)**
अथवा **प्रतिरोधक ट्रांसड्यूसर की व्याख्या कीजिए।** **(2015)**

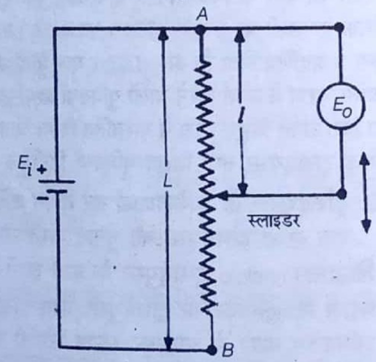
उत्तर वे ट्रांसड्यूसर, जिनकी सहायता से किसी चालक तार के प्रतिरोध में हुए परिवर्तन को ज्ञात कर किसी राशि का मापन किया जाता है, प्रतिरोधी ट्रांसड्यूसर कहलाते हैं। यदि किसी चालक तार की लम्बाई l, अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A तथा पदार्थ की प्रतिरोधकता ρ है तो चालक का विद्युत प्रतिरोध,

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

अब यदि किसी बाह्य राशि द्वारा चालक तार का तापमान या लम्बाई या क्षेत्रफल या प्रतिरोधकता या फिर तीनों में परिवर्तन किया जाए तो चालक का प्रतिरोध परिवर्तित हो जाता है। प्रतिरोधी ट्रांसड्यूसर, प्रतिरोध में हुए परिवर्तन को नाप कर बाह्य राशि का मापन आसानी से कर लेते हैं। प्रतिरोधी ट्रांसड्यूसर ह्वीटस्टोन ब्रिज तथा विभवमापी सिद्धान्त पर आधारित होते हैं। इन सिद्धान्तों का उपयोग कर विभिन्न प्रकार की मापन प्रक्रियाएँ पूर्ण की जाती हैं।



चित्र 3.2 ह्वीटस्टोन ब्रिज (Wheatstone bridge)



चित्र 3.3 विभवमापी(Potentiometer)

चित्र 3.2 में दर्शाये गये ह्वीटस्टोन ब्रिज में जब तक ब्रिज संतुलित रहता है $(P/Q = R/S)$, तब तक विकर्ण BD के मध्य आउटपुट वोल्टेज या धारा का मान शून्य रहता है। ब्रिज के असुंतलित होने पर विकर्ण BD पर आउटपुट प्राप्त होता है। चित्र 3.3 में दर्शाए गए विभवमापी तार AB की लम्बाई L है। यदि इसके सिरों पर विभवान्तर E_i है तो विभव प्रवणता का मान $= \frac{E_i}{L}$

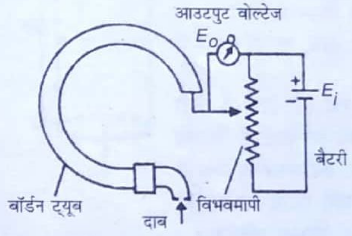
अब यदि स्लाइडर किसी क्षण बिन्दु A से l दूरी पर स्पर्श करता है तो आउटपुट वोल्टेज,

$$E_o = \left(\frac{E_i}{L}\right) l$$

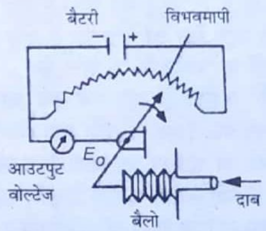
आउटपुट वोल्टेज ज्ञात कर विस्थापन l ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न 5. विभवमापी ट्रांसड्यूसर का कार्य सिद्धान्त और संरचना समझाइए। उसकी लाभ और हानियों का वर्णन भी कीजिए। **(2011,13)**

उत्तर **कार्य सिद्धान्त** Working Principle विभवमापी ट्रांसड्यूसर (POT) द्वारा दाब मापन की दो विधियाँ चित्र 3.4 व 3.5 में प्रदर्शित की गयी हैं। चित्र 3.4 बॉर्डन ट्यूब का मुक्त सिरा वाइपर (या स्लाइडर) से जुड़ा है। इसी प्रकार चित्र 3.5 में बैलो की मुक्त सतह से लीवरनुमा वाइपर जुड़ा हुआ है। दाब के बढ़ने या घटने पर दोनों वाइपर विभवमापी प्रतिरोध तार पर सरककर आउटपुट दर्शाते हैं। आउटपुट वोल्टेज का मान वाइपर द्वारा विभवमापी तार पर चली गयी दूरी के समानुपाती होता है जो वास्तव में दाब की माप देता है।

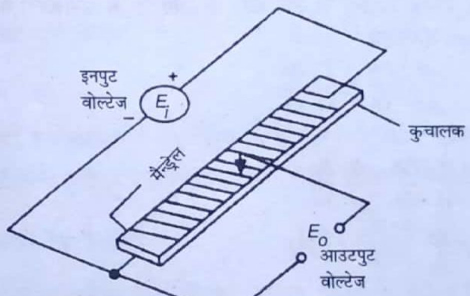


चित्र 3.4 बॉर्डन ट्यूब तथा पॉट (Bourdon tube and Pot)

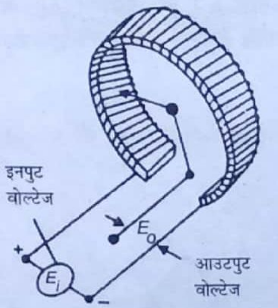


चित्र 3.5 बैलो तथा पॉट (Bellow and Pot)

संरचना Construction विभवमापी के ऊपर वाइपर के सरकने पर प्रतिरोध दर सतत् रूप से बढ़ता रहता है। इस उद्देश्य की पूर्ति के लिए प्रतिरोध तार को किसी बेलनाकार या चपटी वस्तु पर लपेटा जाता है। कोणीय विस्थापन वाले विभवमापी का बेलन वृत्ताकार कर दिया जाता है।



चित्र 3.6 रेखीय विस्थापन (Linear displacement)



चित्र 3.7 कोणीय विस्थापन (Angular displacement)

माना किसी विभवमापी की 50 mm लम्बाई पर प्रतिरोध तार के 1000 फेरे हैं तो इस अवस्था में एक फेरा विस्थापित होने पर वाइपर 0.05 mm (50 mm/1000) विस्थापित हो जायेगा।

लाभ Advantages इसके निम्नलिखित लाभ होते हैं—
1. ये सस्ते होते हैं।
2. ये प्रयोग में सुगम होते हैं।
3. ये बड़े विस्थापन तथा आयामों को ज्ञात करने में बेहद उपयोगी होते हैं।

4. इनकी विद्युत दक्षता उच्च होती है।
5. इनकी संरचना मजबूत (rugged) होती है।

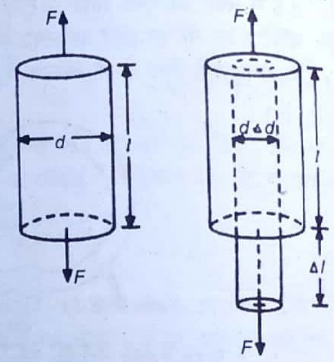
हानियाँ Disadvantages इनमें निम्नलिखित हानियाँ होती हैं—

1. वाइपर को विस्थापित करने के लिए अधिक बल की आवश्यकता पड़ती है; अत: निम्न दाब मापन में अनुपयोगी है।
2. वाइपर की सम्पर्क सतह घिस जाती है तथा सरकने पर आवाज उत्पन्न करती है।

प्रश्न 6. एक स्वच्छ चित्र द्वारा विकृतिमापी का सिद्धान्त तथा कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए। (2011, 12)

उत्तर **विकृतिमापी का सिद्धान्त** जब किसी चालक को खींचा जाता है या संपीडित किया जाता है तो चालक की लम्बाई तथा व्यास में परिवर्तन आ जाता है परंतु इसके साथ-साथ चालक की प्रतिरोधकता में भी परिवर्तन होता है, इस घटना को पीज़ोरेसिस्टिव प्रभाव कहते है। इसलिए स्ट्रेन गेज को पीज़ोरेसिस्टिव गेज (piezoresistive gauge) भी कहते हैं। स्ट्रेन गेज प्रतिबल तथा विकृति मापन कार्य में प्रयुक्त किए जाते हैं। स्ट्रेन गेज की सहायता से बल आघूर्ण, दाब, तापमान, त्वरण इत्यादि राशियों का मापन किया जाता है।

कार्य प्रणाली वास्तव में स्ट्रेन गेज एक पतला चालक तार होता है जिसे तनाव में खींचने पर लम्बाई में वृद्धि तथा व्यास में कमी आ जाती है जिसके कारण स्ट्रेन गेज का प्रतिरोध बढ़ जाता है। तनाव विकृति को धनात्मक विकृति तथा संपीडन विकृति को ऋणात्मक विकृति कहते हैं। यदि किसी चालक की लम्बाई 'l', व्यास 'd' तथा पदार्थ की प्रतिरोधकता 'ρ' हो तो चालक प्रतिरोध,



चित्र 3.8 स्ट्रेन गेज तनाव में

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

माना चालक पर लगा तनाव बल उसकी लम्बाई Δl बढ़ा देता है तो चालक का व्यास Δd घट जाता है। इस कारण चालक के प्रतिरोध में ΔR की वृद्धि हो जाती है। माना तनाव बल के कारण बल चालक में उत्पन्न प्रतिबल का मान s है तो प्रतिरोध R में हुए परिवर्तन (ΔR) की निर्भरता विभिन्न भौतिक राशियों पर ज्ञात करने के लिए 'R' के समीकरण को s के सापेक्ष आंशिक अवकलन (partial differentiation) करने पर,

$$\frac{dR}{d\sigma} = \frac{\rho}{A} \cdot \frac{\partial l}{\partial s} - \frac{\rho l}{A^2} \cdot \frac{\partial A}{\partial s} + \frac{l}{A} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial s} \quad \text{...(i)}$$

उपरोक्त समीकरण (i) को $R = \rho l / A$ से भाग देने पर,

$$\frac{1}{ds} \cdot \frac{dR}{ds} = \frac{1}{l} \cdot \frac{\partial l}{\partial s} - \frac{1}{A} \cdot \frac{\partial A}{\partial s} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial s} \quad \text{...(ii)}$$

$\therefore A = \frac{\pi}{4} d^2 \therefore$ $$\frac{\partial A}{\partial s} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d \cdot \frac{\partial d}{\partial s}$$

या $$\frac{1}{A} \cdot \frac{\partial A}{\partial s} = \frac{2}{d} \cdot \frac{\partial d}{\partial s}$$

उक्त मान समीकरण (ii) में रखने पर,

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{ds} = \frac{1}{l} \cdot \frac{\partial l}{\partial s} - \frac{2}{d} \cdot \frac{\partial d}{\partial s} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial s} \quad \text{...(iii)}$$

चूँकि पॉयजन अनुपात (Poison ratio), $\frac{1}{m} = \mu = \frac{\text{अनुप्रस्थ विकृति}}{\text{अनुदैर्घ्य विकृति}}$

या $$\mu = \frac{-\partial d / d}{\partial l / l}$$

या $$\frac{\partial d}{d} = -\mu \frac{\partial l}{l}$$

अब उक्त मान समीकरण (iii) में रखने पर,

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{d\sigma} = \frac{1}{l} \cdot \frac{\partial l}{\partial \sigma} + \frac{2\mu}{l} \cdot \frac{\partial l}{\partial \sigma} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial \sigma}$$

सूक्ष्म परिवर्तनों के लिए उपरोक्त समीकरण निम्न रूप में लिखा जा सकता है—

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} + 2\mu \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \quad \text{...(iv)}$$

चूँकि किसी चालक तार के प्रतिरोध के प्रति इकाई परिवर्तन तथा लम्बाई में हुए प्रति इकाई परिवर्तन को गेज फैक्टर (gauge factor) कहते हैं। इसलिए गेज फैक्टर,

$$G_f = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l}$$

या $$\frac{\Delta R}{R} = G_f \times \frac{\Delta l}{l}$$

या $$\frac{\Delta R}{R} = G_f \times \epsilon$$

जहाँ, $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$, चालक तार की अनुदैर्घ्य विकृति है। अत: समीकरण (iv) को पुन: लिखने पर

$$G_f \, \epsilon = \frac{\Delta l}{l} + 2\mu \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

या $$G_f \, \epsilon = \epsilon + 2\mu \, \epsilon + \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

अत: गेज फैक्टर, $$G_f = 1 + 2\mu + \frac{\Delta \rho / \rho}{\epsilon}$$

या $$G_f = 1 + 2\mu + \frac{\Delta \rho / \rho}{\epsilon}$$

जहाँ 1 = लम्बाई में हुए परिवर्तन के कारण प्रतिरोध परिवर्तन, 2μ = क्षेत्रफल में हुए परिवर्तन के कारण प्रतिरोध परिवर्तन तथा $\frac{\Delta \rho / \rho}{\epsilon}$ = प्रतिरोधकता में हुए परिवर्तन के कारण प्रतिरोध परिवर्तन

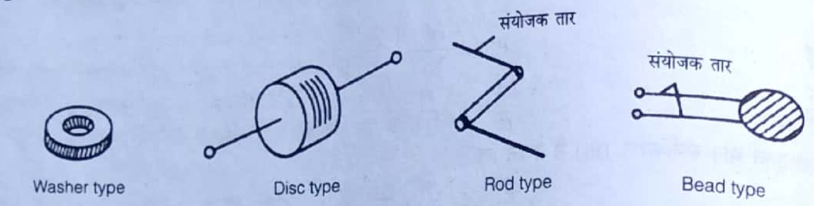
अत: गेज फैक्टर, $$G_f = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} = 1 + 2\mu + \frac{\Delta \rho / \rho}{\Delta l / l}$$

चूँकि धातुओं के लिए पॉयजन अनुपात का मान 0 से 0.5 के मध्य होता है, इसलिए धातुओं के गेज फैक्टर का मान सामान्यत: 2 के निकट रहता है। यदि स्ट्रेन गेज का पीजोरेसिस्टिव प्रभाव नगण्य माना जाए तो गेज फैक्टर,

$$G_f = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} = 1 + 2\mu$$

प्रश्न 7. थर्मिस्टर को चित्र सहित समझाते हुए उसके उपयोग बताइए।

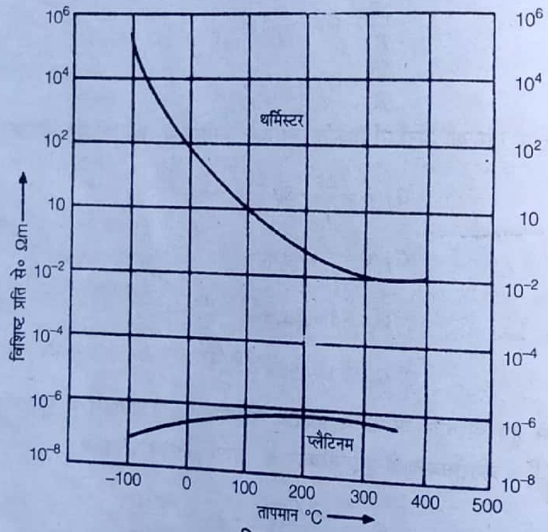
उत्तर 'थर्मिस्टर' शब्द थर्मल (thermal) तथा रेजिस्टर (resistor) से मिलकर बना है। ये ऊष्मा के प्रति अत्यंत संवेदनशील होते हैं। ऊष्मा के सम्पर्क में आने पर इनका प्रतिरोध घट जाता है। थर्मिस्टर अर्द्धचालक पदार्थों से बनाए जाते हैं। थर्मिस्टर मैंगनीज, निकिल तथा कोबाल्ट के ऑक्साइड से बनाए जाते हैं। विभिन्न प्रकार के थर्मिस्टर चित्र 3.9 में दर्शाए गए हैं।



चित्र 3.9 थर्मिस्टर (Thermistor)

थर्मिस्टर का प्रतिरोध ताप गुणांक उच्च तथा ऋणात्मक (– ve) होता है। इस कारण इनके द्वारा निम्न तापमान भी मापा जा सकता है। चित्र 3.11 में थर्मिस्टर तथा प्लैटिनम पर तापमाप के पड़ने वाले प्रभाव की तुलना की गयी है। लगभग 500°C तापमान वृद्धि करने पर (–100°C से 400°C) एक ओर जहाँ प्लैटिनम की प्रतिरोधकता में लगभग दस गुना की वृद्धि होती है तो वहीं उतने ही तापमान वृद्धि पर थर्मिस्टर की प्रतिरोधकता में लगभग 10^7 गुना की कमी होती है। अत: स्पष्ट है कि तापमान मापन के लिए प्लैटिनम से कहीं अधिक सुग्राही थर्मिस्टर है। 'बीड' टाइप थर्मिस्टर का आकर सबसे छोटा होता है।

चित्र 3.10 थर्मिस्टर का संकेत



चित्र 3.11

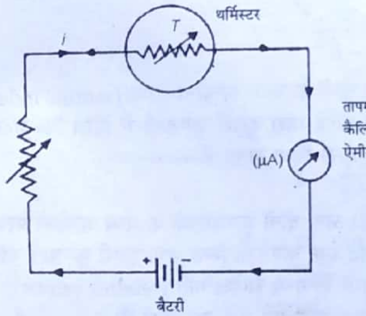
यदि $R_2 = T_2$ K पर थर्मिस्टर का प्रतिरोध, $R_1 = T_1$K पर थर्मिस्टर का प्रतिरोध

थर्मिस्टर का प्रतिरोध, $$R_2 = R_1 \cdot e\beta\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

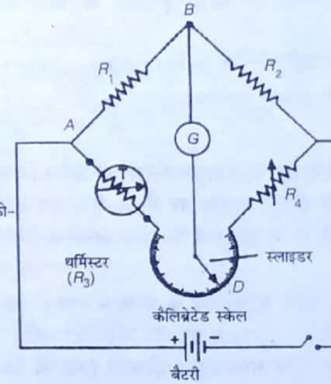
जहाँ β एक नियतांक है जिसका मान थर्मिस्टर के पदार्थ पर निर्भर करता है। सामान्यत: β का मान 3500 K से 4500 K के मध्य स्थित रहता है।

थर्मिस्टर के उपयोग Uses of Thermistor थर्मिस्टर का उपयोग तापमान मापन में किया जाता है। बहुत कम तापमान परिवर्तन होने पर भी थर्मिस्टर का प्रतिरोध बहुत अधिक परिवर्तित हो जाता है। दो तरह के परिपथ के द्वारा थर्मिस्टर का प्रयोग दर्शाया गया है।

अत्यधिक संवेदनशील होने के कारण थर्मिस्टर यथार्थ अधिक मान देते हैं। औद्योगिक थर्मिस्टर, जिसका प्रतिरोध 25°C ताप पर 2000 Ω होता है, मात्र 1°C ताप परिवर्तन होने पर प्रतिरोध में 78Ω का परिवर्तन (3.9% प्रति °C) हो जाता है। चित्र 3.12 में तापमान के लिए कैलिब्रेटेड एक माइक्रोमीटर दर्शाया गया है। तापमान बढ़ने पर थर्मिस्टर का प्रतिरोध बदल जाता है जिससे परिपथ में धारा बदल जाती है। धारा में हुए परिवर्तन का संगत तापमान कैलिब्रेटेड माइक्रोएमीटर (μA) पर पढ़ लिया जाता है।



चित्र 3.12 साधारण परिपथ (Simple circuit)



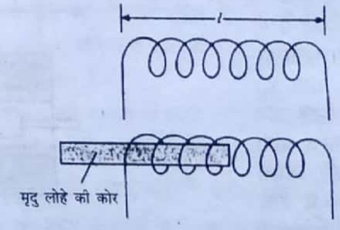
चित्र 3.13 ह्वीटस्टोन ब्रिज (Wheatstone bridge)

चित्र 3.13 में थर्मिस्टर एक ह्वीटस्टोन ब्रिज में लगा हुआ दिखाया गया है। सर्वप्रथम R_1, R_2, R_4 तथा थर्मिस्टर का प्रतिरोध R_3 इस प्रकार से समायोजित किए जाते हैं कि स्लाइडर आसानी से गैल्वेनोमीटर का शून्य विक्षेप प्राप्त कर लेता है। तापमान परिवर्तन थर्मिस्टर का प्रतिरोध बदल देता है जिससे ब्रिज असंतुलित ($R_1/R_2 \neq R_3/R_4$) होकर गैल्वेनोमीटर की विक्षेपित कर देता है। स्लाइडर को तापमान के लिए अंशांकित स्केल पर सरकाकर गैल्वेनोमीटर का विक्षेप पुन: शून्य कर लिया जाता है। स्केल पर स्लाइडर की नयी स्थिति तापमान प्रदर्शित करती है।

प्रश्न 8. एक प्रेरकीय ट्रांसड्यूसर की कार्यविधि समझाइए। **(2012)**

उत्तर माना किसी कुण्डली की लम्बाई L, अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A तथा फेरों की संख्या N है तो कुण्डली का प्रेरकत्व निम्न सूत्र से दिया जाता है—

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$



चित्र 3.14

जहाँ, μ_0 निर्वात् की चुम्बकशीलता है। यदि कुण्डली के भीतर मृदु लोहे की कोर रखी हो तो प्रेरकत्व μ_r गुना बढ़ जाता है,

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{l}$$

जहाँ, μ_r पदार्थ की चुम्बकशीलता है। यदि मृदु लोहे की कोर कुण्डली की केवल आधी लम्बाई में समायी है तो प्रेरकत्व,

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{2l}$$

अतः हम देखते हैं कि कुण्डली के भीतर मृदु लोहे की छड़ की लम्बाई परिवर्तित होने पर कुण्डली का प्रेरकत्व भी परिवर्तित हो जाता है। किसी कुण्डली का प्रेरण प्रतिघात,

$$X_L = 2\pi fL$$

जहाँ, f प्रत्यावर्ती वोल्टेज (allternating voltage) की आवृत्ति है। यदि कुण्डली के तार का प्रतिरोध R हो तो कुण्डली की प्रतिबाधा (impedance),

$$E = \sqrt{X_L^2 + R^2}$$

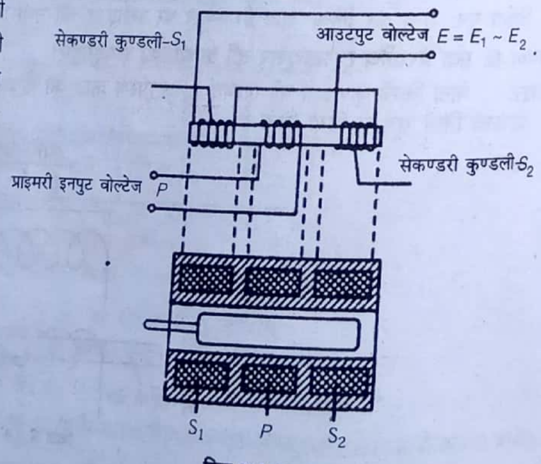
यदि एक के स्थान पर दो कुण्डलियों का प्रयोग किया जाए तो दोनों के मध्य अन्योन्य प्रेरण (mutual induction) की घटना घटेगी। इसका कारण यह है कि एक कुण्डली में बहने वाली धारा दूसरी कुण्डली में प्रेरित वि०वा०बा० उत्पन्न करने लगेगी। दो कुण्डलियों के मध्य अन्योन्य प्रेरण निम्न सूत्र से दिया जाता है—

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

जहाँ, L_1, L_2 दोनों कुण्डलियों के प्रेरकत्व तथा K एक गुणांक है। अतः दोनों कुण्डलियों के मध्य अन्योन्य प्रेरण परिवर्तित करने के लिए L_1, L_2 या K का मान परिवर्तित करना पड़ेगा। यदि एक कुण्डली स्थिर तथा दूसरी कुण्डली गतिमान है तो दोनों कुण्डलियों के मध्य प्रेरण परिवर्तन होगा जो कि कुण्डलियों के मध्य सापेक्ष गति (relative velocity) का सूचक है। अतः उपरोक्त गुणों का प्रयोग कर विभिन्न प्रकार की मापन प्रक्रियाएँ पूर्ण की जाती हैं।

प्रश्न 9. रेखीय वोल्टेज विभेदी ट्रांसफॉर्मर (LVDT) की कार्य पद्धति समझाइए।

उत्तर LVDT रेखीय विस्थापन को सिगनल में परिवर्तित करने के लिए सबसे अधिक प्रयोग किया जाने वाला प्रेरकीय ट्रांसड्यूसर है। LVDT की संरचना चित्र 3.15 में दर्शायी गयी है। LVDT में एक प्राइमरी कुण्डली (primary coil) 'P' तथा दो सेकण्डरी कुण्डलियाँ S_1 व S_2 एक बेलनाकार फॉर्मर के ऊपर लिपटी रहती हैं। दोनों सेकण्डरी कुण्डलियों के फेरों की संख्या तथा प्राइमरी कुण्डली से उनकी दूरी एकसमान रखी जाती है। प्राइमरी कुण्डली को प्रत्यावर्ती वोल्टेज स्रोत से जोड़ दिया जाता है। चल मृदु लोहे की कोर (movable soft iron core) फॉर्मर के अंदर रखी होती है।

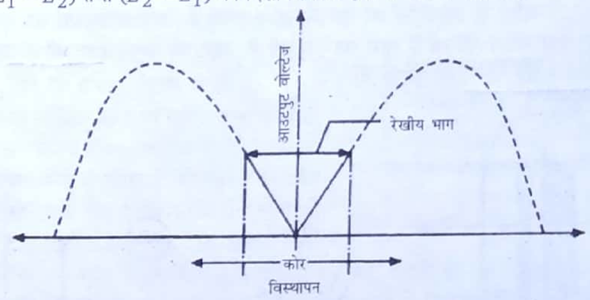


चित्र 3.15 LVDT

अब प्राइमरी में प्रत्यावर्ती धारा बहती है तो प्रेरण के सिद्धान्त से दोनों सेकण्डरी कुण्डलियों में भी प्रत्यावर्ती वोल्टेज उत्पन्न हो जाता है। माना S_1 कुण्डली का आउटपुट वोल्टेज E_1 तथा S_2 कुण्डली का आउटपुट वोल्टेज E_2 समान रहते हैं, परन्तु दोनों वोल्टेज से एक वोल्टेज प्राप्त करने के लिए दोनों सेकण्डरी कुण्डली आपस में विपरीत दिशा से श्रेणीक्रम (series) में जोड़ दी जाती हैं। इस प्रकार LVDT का आउटपुट वोल्टेज दोनों कुण्डलियों के आउटपुट का अन्तर (difference) बन जाता है। अतः LVDT का विभेदी आउटपुट वोल्टेज (differential output voltage),

$$E_O = E_1 - E_2$$

जब कोर मध्य में रहता है, तब दोनों कुण्डलियों के आउटपुट वोल्टेज E_1 तथा E_2 समान रहते हैं। इस अवस्था में विभेदी आउटपुट वोल्टेज शून्य (zero) रहता है। माना कोर बायीं ओर विस्थापित होती है। इस अवस्था में कुण्डली S_1 का वोल्टेज E_1 बढ़ जाता है, जबकि S_2 का वोल्टेज E_2 घट जाता है; अतः विभेदी वोल्टेज आउटपुट $(E_1 - E_2)$ प्राप्त होता है। जब कोर दायीं ओर आता है तो कुण्डली S_2 का वोल्टेज E_2 बढ़ने लगता है तथा कुण्डली S_2 का वोल्टेज E_1 घटने लगता है। इस प्रकार पुनः विभेदी वोल्टेज आउटपुट $(E_1 - E_2)$ प्राप्त होता है। दोनों परिस्थितियों में प्राप्त आउटपुट वोल्टेज $(E_1 - E_2)$ तथा $(E_2 - E_1)$ की दिशा विपरीत होने के कारण कोर की स्थिति का भी ज्ञान हो जाता है।



चित्र 3.16 LVDT आउटपुट वोल्टेज अभिलाक्षणिक

प्रश्न 10. LVDT की लाभ तथा कमियाँ लिखिए।

उत्तर **LVDT के लाभ** इसके लाभ निम्नलिखित हैं—

1. LVDT एक प्राथमिक संवेदन युक्ति के रूप में कार्य करता है जो यांत्रिक विस्थापन को समानुपाती वोल्टेज में परिवर्तित कर देता है।
2. LVDT द्वारा नापे जाने वाले विस्थापन का परास (range) उच्च होता है।
3. LVDT स्वयं विस्थापन को समानुपाती वोल्टेज में परिवर्तित करने में सक्षम है, जबकि स्ट्रेन गेज के साथ किसी प्रत्यास्थ अवयव (elastic member) की भी आवश्यकता होती है।
4. LVDT की कोर का किसी दूसरे अवयव से कोई सम्पर्क (contact) नहीं होता है, इसलिए कोर पर घर्षण तथा इसके अधिक भार का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।
5. LVDT पर उच्च तथा निम्न तापमान का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।
6. LVDT का शैथिल्य (hysteresis) निम्न होता है, फलस्वरूप परिणाम की पुनरावृत्ति आसानी से की जा सकती है।
7. LVDT का वोल्टेज आउटपुट उच्च होता है, इसलिए वोल्टेज प्रवर्धन (voltage amplification) की आवश्यकता नहीं पड़ती है।
8. LVDT की कोर किसी स्प्रिंग से जुड़ी होने पर यह ट्रांसड्यूसर झटके तथा कंपन को आसानी से सहन कर सकता है।
9. LVDT के प्रचालन में कम ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

LVDT की कमियाँ इसकी कमियाँ निम्नलिखित हैं—

1. LVDT के कोर का द्रव्यमान स्ट्रेन गेज की तुलना में बहुत अधिक होता है।
2. LVDT बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र से प्रभावित हो सकता है।

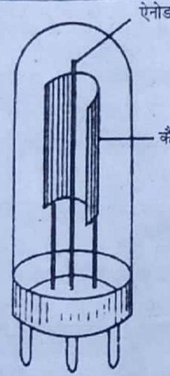
प्रश्न 11. एक फोटोइलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर की कार्य पद्धति समझाइए।

अथवा **फोटो इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर से क्या तात्पर्य है? इंस्ट्रूमेन्टेशन में प्रयोग होने वाले इस ट्रांसड्यूसर की व्याख्या उचित उदाहरण की सहायता से कीजिए।** **(2018)**

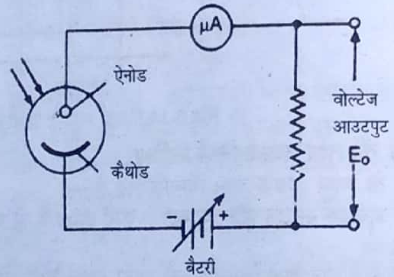
उत्तर **फोटोइलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर** Photoelectric Transducer ऐसी युक्तियाँ जो प्रकाश के प्रति संवेदनशील हों तथा जिनकी प्रतिरोधकता एवं चालकता प्रकाश व प्रकाश की तीव्रता से प्रभावित होती हैं, उन्हें फोटोइलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर कहते हैं। फोटोइलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर को अग्र दो भागों में बाँटा जा सकता है—

1. **फोटो उत्सर्जक सेल** Photo Emissive Cell निर्वात फोटो उत्सर्जक सेल चित्र 3.17 में दर्शाया गया है। इसमें धातु की एक पतली वक्राकार चादर होती है जिसकी अवतल सतह पर फोटो उत्सर्जक पदार्थ का लेप लगा दिया जाता है। धातु की चादर को बैटरी के (–ve) सिरे से जोड़ देते हैं। चादर के वक्र के केन्द्र पर एक धात्विक रॉड लगी रहती है जिसे बैटरी के (+ve) सिरे से जोड़ देते हैं।

चित्र 3.18 में सेल का विद्युत परिपथ दर्शाया गया है। जब वक्राकार धात्विक चादर पर उपयुक्त आवृत्ति का प्रकाश आपतित होता है तो चादर से इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन होने लगता है जिन्हें धनावेशित रॉड द्वारा आकर्षित कर लिया जाता है। इसके फलस्वरूप परिपथ में धारा बहने लगती है। धारा का मान प्रकाश की तीव्रता, प्रकाश की तरंगदैर्घ्य तथा ऐनोड वोल्टेज पर भी निर्भर करता है।



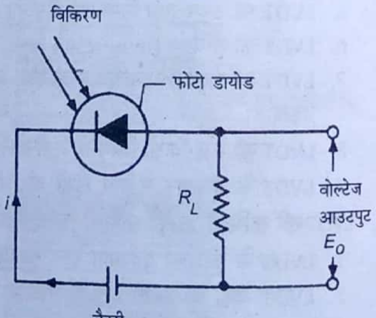
चित्र 3.17 फोटो उत्सर्जक सेल



चित्र 3.18 फोटो उत्सर्जक सेल द्वारा प्रकाश का मापन

2. **अर्द्धचालक फोटो इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर** Semiconductor Photo Electric Transducer—

(i) **फोटो कन्डक्टिव सेल** Photo Conductive Cell अर्द्धचालक की संधि पर जब उपयुक्त आवृत्ति का प्रकाश पड़ता है, तब सह-संयोजक बंध टूटने के कारण इलेक्ट्रॉन-होल (electron-hole) युग्म की उत्पत्ति होती है जिसके फलस्वरूप प्रवाहित धारा में वृद्धि होती है। यदि अर्द्धचालक के सिरों पर लगाया गया वोल्टेज स्थिर रहे तथा प्रकाश की तीव्रता बढ़ाई जाए तो इलेक्ट्रॉन-होल युग्म उत्पादन बढ़ने लगता है, जिससे परिपथ में धारा बढ़ने लगती है। इसका अर्थ यह हुआ कि अर्द्धचालक का प्रतिरोध घटने लगता है। इसलिए इन अर्द्धचालकों को फोटो प्रतिरोध (photo resistor) या लाइट डिपेन्डेंट प्रतिरोध (light dependent risistor –LDR) भी कहते हैं। कैडमियम सल्फाइड : CdS (ऊर्जा अंतराल : 2.4 eV) तथा कैडमियम सैलेनाइड : CdSe (ऊर्जा अंतराल : 1.74 eV) का अधिक प्रयोग किया जाता है।



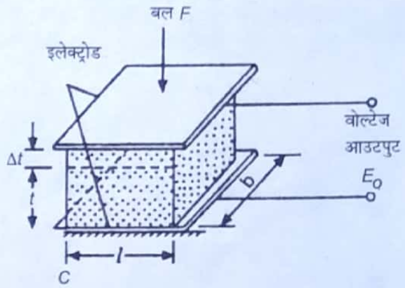
चित्र 3.19 फोटो डायोड

(ii) **फोटो डायोड** Photo Diode फोटो डायोड एक P-N संधि है जिसे उत्क्रम अभिनत (reverse biased) रखकर प्रकाश से प्रतिदीप्त किया जाता है (देखें चित्र 3.19)। जब संधि पर उपयुक्त आवृत्ति का प्रकाश गिरता है तो इलेक्ट्रॉन-होल युग्म का उत्पादन होता है जिसके फलस्वरूप उत्क्रम धारा में तेजी से वृद्धि होती है। धारा तथा प्रकाश तीव्रता के मध्य रेखीय संबंध बड़े परास में बना रहता है। फोटो डायोड छोटे होते हैं। इनका प्रतिक्रिया समय (response time) अत्यंत कम होता है। प्रकाश की तीव्रता मापन में ये बहुत उपयोगी होते हैं।

प्रश्न 12. एक पीजो-इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर का कार्य सिद्धान्त समझाइए तथा अनुप्रयोग भी बताइए। *(2016)*

अथवा **पीजो-इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर का वर्णन कीजिए।** *(2017)*

उत्तर **कार्य सिद्धान्त** Working Principle सभी क्रिस्टल अणु, परमाणु तथा आयन के नियमित तथा पुनरावृत्ति करने वाले पैटर्न के बने होते हैं। किसी परमाणु से इलेक्ट्रॉन के चले जाने पर या आ जाने पर 'आयन' का निर्माण होता है। आयन दो प्रकार के होते हैं। इलेक्ट्रॉन चले जाने पर (+ve) आयन तथा इलेक्ट्रॉन आ जाने पर (–ve) आयन बनता है।



चित्र 3.20 पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल (Piezo-electric crystal)

जब किसी क्रिस्टल पर संपीडन या तनन बल लगाया जाता है, तब क्रिस्टल के आयन अपनी साम्य अवस्था से विस्थापित हो जाते हैं। जिसके परिणामस्वरूप क्रिस्टल की सतहों के मध्य विभवांतर उत्पन्न हो जाता है। इसलिए पीजो-इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर सक्रिय ट्रांसड्यूसर (active transducer) श्रेणी में गिने जाते हैं; क्योंकि इन्हें बाह्य विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता नहीं पड़ती है। इसके विपरीत यदि किसी क्रिस्टल की सतहों के मध्य प्रत्यावर्ती वोल्टेज (alternating voltage) लगाया जाये तो क्रिस्टल की सतह पर यांत्रिक कम्पन शुरू हो जाते हैं। क्रिस्टल के इस व्यवहार को पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव (piezo-electic effect) कहते हैं।

क्वार्ट्ज (quartz), रोशेल साल्ट (rochelle salt), बेरियम टाइटेनेट, लीथियम फॉस्फेट, सिरेमिक इत्यादि पदार्थ के बने क्रिस्टल तनाव, संपीडन कर्तन तथा नमन विकृतियाँ ज्ञात करने के लिए प्रयोग किये जाते हैं। कोई भी क्रिस्टल पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव स्वयं प्रकट नहीं करता है जब तक कि उसका 'ध्रुवण उपचार' (polarizing treatment) न कर दिया जाए। क्रिस्टल का ध्रुवण उपचार करने के लिए उसको क्यूरी ताप के ऊपर लगभग 120° ताप तक गर्म करते हैं। तत्पश्चात् क्रिस्टल की सतहों के मध्य 10^4 V/cm का डी०सी० वोल्टेज उत्पन्न करते हैं। अब डी०सी० वोल्टेज लगे रहते हुए क्रिस्टल को ठंडा कर देते हैं। तैयार क्रिस्टल पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव प्रदर्शित करने में सक्षम हो जाता है।

चित्र 3.20 में एक पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल पर संपीडन बल लग रहा है। संपीडन के कारण क्रिस्टल की मोटाई (thickness) Δt कम हो जाती है जिसके फलस्वरूप सतहों पर आवेश आ जाता है। सतहों पर लगी इलेक्ट्रोड प्लेटों के मध्य संधारित्र बन जाता है। पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव विरूपण बल की दिशा बदलने से भी प्रभावित होता है। उदाहरण के तौर पर संपीडन के स्थान पर तनाव बल की दिशा में क्रिस्टल की सतहों के मध्य वोल्टेज की दिशा भी बदल जाती है। यदि सतहों पर F बल लग रहा है तो सतह पर उत्पन्न आवेश,

$$Q = q \times F \qquad \text{...(i)}$$

जहाँ q क्रिस्टल की आवेश संवेदिता (charge sensitivity) है जिनका मान क्रिस्टल पर निर्भर करता है। यदि क्रिस्टल की सतह का क्षेत्रफल A, मोटाई t तथा मोटाई में Δt की कमी आती है तो क्रिस्टल का यंग प्रत्यास्थता गुणांक,

$$Y = \frac{\text{प्रतिबल}}{\text{विकृति}} = \frac{F/A}{\Delta t/t}$$

अत: बल,

$$F = \frac{AY}{t} . \Delta t \qquad \text{...(ii)}$$

समीकरण (i) व (ii) से आवेश,

$$Q = qAY\left(\frac{\Delta t}{t}\right)$$

इलेक्ट्रोड के मध्य दबे (pressed) क्रिस्टल की धारिता,

$$C = \frac{A \epsilon_0 K}{t}$$

जहाँ, K क्रिस्टल का परावैद्युत स्थिरांक है। अब इलेक्ट्रोड के मध्य आउटपुट वोल्टेज,

$$E_o = \frac{Q}{C} = \frac{qAY(\Delta t/t)}{A \epsilon_0 K/t} = \frac{qY\Delta t}{\epsilon_0 K}$$

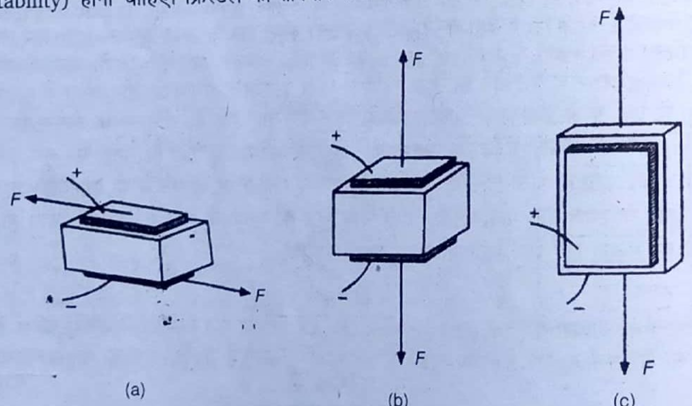
या
$$E_o = \frac{q\left(\frac{F/A}{\Delta t/t}\right)\Delta t}{\epsilon_0 K} = \frac{qt}{\epsilon_0 K} \cdot \frac{F}{A}$$

या
$$E_o = \frac{qt}{\epsilon_0 K} \cdot P \qquad \left(\because \frac{F}{A} = P = \text{प्रतिबल}\right)$$

या
$$E_o = \frac{q}{\epsilon_0 K} \cdot tP$$

अतः स्पष्ट है कि क्रिस्टल की सतहों के मध्य उत्पन्न विभवांतर क्रिस्टल के पदार्थ पर निर्भर करता है तथा साथ ही प्रतिबल P के समानुपाती होता है।

पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल के अनुप्रयोग Applications of Piezo-electric Crystals सभी क्रिस्टलों में क्वार्ट्ज़ सर्वाधिक स्थायी क्रिस्टल है, परन्तु इसका आउटपुट अत्यंत कम होता है। शैल साल्ट का आउटपुट उच्च होता है, परंतु इन्हें नमी से बचाना पड़ता है व ये 46°C से अधिक ताप पर प्रयोग नहीं किए जा सकते हैं। अतः एक अच्छे क्रिस्टल में स्थायित्व (stability) होना चाहिए। क्रिस्टल को तापमान तथा नमी के प्रति असंवेदनशील होना चाहिए।



चित्र 3.21 मुख्य पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल

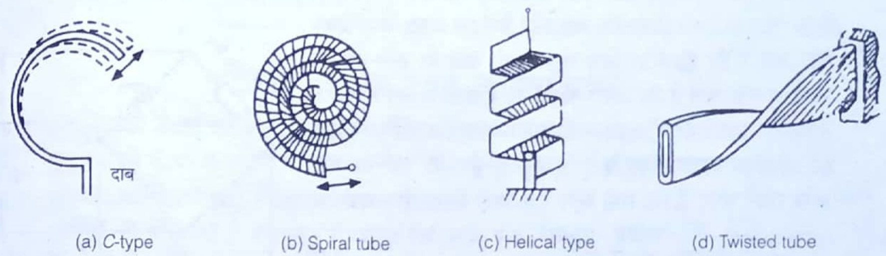
पीजो-इलेक्ट्रिक विभिन्न प्रकार से प्रयोग किए जा सकते हैं। क्रिस्टल के विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोग चित्र 3.21 में दर्शाए गए हैं। पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल का प्रयोग रूक्षता मापन, त्वरण मापन तथा कम्पन मापन में किया जाता है। ध्यान रखें कि पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल बल लगाकर रोक लेने पर उत्पन्न वोल्टेज समाप्त हो जाता है। पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल केवल गतिशील बल (dynamic force) लगने पर ही वोल्टेज आउटपुट देते हैं।

प्रश्न 13. बॉर्डन ट्यूब का वर्णन कीजिए।

उत्तर बॉर्डन ट्यूब चार प्रकार की होती हैं—(i) C-टाइप, (ii) स्पाइरल ट्यूब, (iii) हेलिकल टाइप तथा (iv) ट्विस्टेड ट्यूब।

सभी प्रकार की बॉर्डन चित्र 3.22 में दर्शायी गयी हैं।

बॉर्डन ट्यूब की अनुप्रस्थ काट (cross-section) दीर्घवृत्ताकार (elliptical) होती है। इन ट्यूब का एक सिरा स्थिर तथा दूसरा सिरा स्वतंत्र होता है। स्थिर सिरा खुला रहता है तथा यहाँ से वह द्रव (fluid) प्रवेश करता है जिसका दाब ज्ञात करना है। ट्यूब का बंद सिरा स्वतंत्र (free) रखा जाता है। दाब के बढ़ने तथा घटने पर इस सिरे पर समानुपाती विस्थापन होता है। यह विस्थापन यांत्रिक विधि से आवर्धित कर लिया जाता है। बॉर्डन ट्यूब की दीर्घवृत्ताकार काट (cross-section) इसको दाब के प्रति संवेदनशील बनाती है। बॉर्डन ट्यूब बनाने के लिए पीतल, फॉस्फर ब्रॉज या स्टील का प्रयोग किया जाता है।

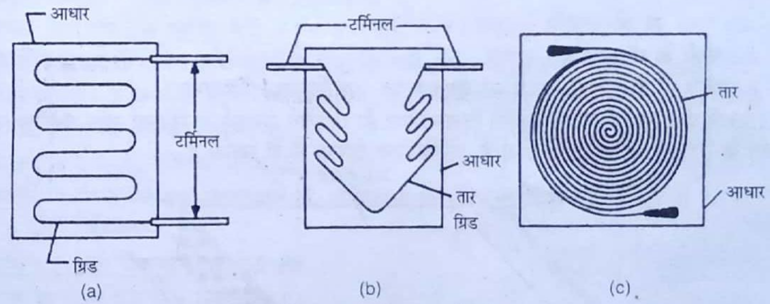


चित्र 3.22 बॉर्डन-ट्यूब

प्रश्न 14. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए–

(i) बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज (ii) अनबाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज।

उत्तर (i) **बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज** Bonded Wire Strain Gauge प्रतिबल तथा विकृति का विश्लेषण करने के लिए बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज प्रयोग किया जाता है। प्रतिबल लगाने पर बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज का विद्युत प्रतिरोध परिवर्तित हो जाता है। स्ट्रेन गेज वास्तव में लगभग 25 माइक्रॉन (0.025 mm) व्यास के तारों की ग्रिड (grid) नुमा संरचना होती है जो किसी बैकेलाइट (bakelite), कागज या टेफ्लॉन की दो पतली शीट के मध्य चिपकी रहती है। इस शीट को आधार (base) या कैरियर (carrier) कहते हैं।



चित्र 3.23 बाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज

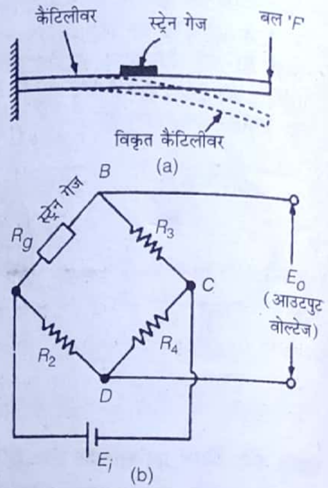
स्ट्रेन गेज को कैरियर की सहयता से उस अवयव पर चिपका दिया जाता है जिसका प्रतिबल (या विकृति) ज्ञात करनी होती है। चित्र 3.23 में एक कैंटिलीवर छड़ दिखायी गयी है। बल के लगने पर कैंटिलीवर में विकृति उत्पन्न होती है। स्ट्रेन गेज कैंटिलीवर के ऊपर लगा है, इसलिए इस गेज में तनाव उत्पन्न होगा जिससे इसका प्रतिरोध बढ़ जाता है।

स्ट्रेन गेज को संयोजक तारों की सहायता से एक व्हीटस्टोन ब्रिज से जोड़ दिया जाता है। आरंभ में ब्रिज के अन्य तीनों प्रतिरोध स्ट्रेन गेज के प्रतिरोध के साथ संतुलन बनाकर रखते हैं। जब बल लगाया जाता है तो कैंटिलीवर में विकृति उत्पन्न होती है जिसके फलस्वरूप स्ट्रेन गेज में भी विकृति उत्पन्न हो जाती है। इस कारण ब्रिज असंतुलित हो जाता है। इस दशा में विकर्ण BD के सिरों पर विभवांतर उत्पन्न हो जाता है। आउटपुट वोल्टेज का मान विकृति के समानुपाती होता है, इसलिए

$$E_o = \frac{G_f . \epsilon . E_i}{4}$$

जहाँ, ∈ उत्पन्न विकृति, E_i इनपुट वोल्टेज तथा G_f स्ट्रेन गेज का गेज फैक्टर है।

(ii) **अनबाण्डेड वायर स्ट्रेन गेज** Unbonded Wire Strain Gauge अनबाण्डेड वायर वे स्ट्रेन गेज होते हैं जो किसी अवयव पर चिपकाये नहीं जाते हैं, वरन् ये किन्हीं दो बिन्दुओं के मध्य खींचकर बाँध दिए जाते हैं। इनका प्रयोग दाब तथा त्वरण इत्यादि के मापन में किया जाता है। इसमें सामान्यतः चार स्ट्रेन गेज इस प्रकार समायोजित किए जाते हैं कि ह्वीटस्टोन ब्रिज संतुलित हो जाता है। चारों को इस प्रकार लगाया जाता है कि अगल-बगल की भुजाओं में लगे स्ट्रेन गेज में विपरीत प्रकृति का स्ट्रेन उत्पन्न हो सके। असंतुलित ह्वीटस्टोन ब्रिज का आउटपुट वोल्टेज विकृति के समानुपाती होता है। यहाँ यह बात ध्यान रखने योग्य है कि सभी स्ट्रेन गेज पहले से ही कुछ तनाव में (preloaded) होने चाहिए, अन्यथा कम दाब लगने पर ब्रिज असंतुलित नहीं हो पायेगा व आउटपुट वोल्टेज नहीं प्राप्त हो सकेगी।



चित्र 3.24

प्रश्न 15. कैपेसिटिव ट्रांसड्यूसर की व्याख्या कीजिए। **(2015)**

अथवा **कैपेसिटिव ट्रांसड्यूसर का वर्णन कीजिए।** **(2016)**

उत्तर **कैपेसिटिव ट्रांसड्यूसर** Capacitive Transducer इस प्रकार के ट्रांसड्यूसरों के कार्य करने का सिद्धान्त समान्तर प्लेट संधारित्र (capacitors) की धारिता (capacitance) का निम्न सूत्र होता है—

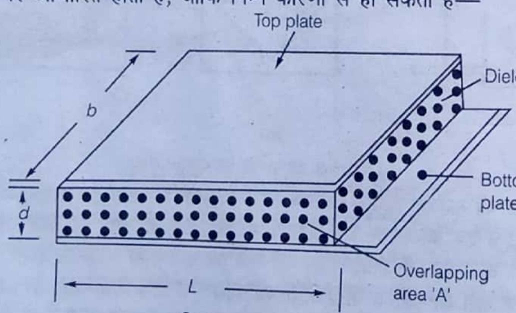
$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

जहाँ A = प्लेटों का ओवरलैपिंग क्षेत्रफल (मीटर^2)

d = प्लेटों के बीच की दूरी (मीटर)

ε = प्लेटों के बीच स्थित पदार्थ की वैद्युतशीलता (परावैद्युतांक) फैरड/मीटर

चित्र 3.25 में एक समान्तर प्लेट संधारित्र दिखाया गया है। धारितीय ट्रांसड्यूसर समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता में परिवर्तन के सिद्धान्त पर आधारित होता है, जोकि निम्न कारणों से हो सकता है—



चित्र 3.25 समान्तर प्लेट संधारित्र

1. ओवरलैपिंग क्षेत्रफल A में परिवर्तन।
2. प्लेटों के बीच की दूरी d में परिवर्तन।
3. प्लेटों के बीच के पदार्थ के परावैद्युतांक में परिवर्तन।

4 तुलनित्र
Comparators

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. तुलनित्र की ऊँचाई का सूक्ष्म समायोजन किसकी सहायता से किया जाता है?

उत्तर तुलनित्र की ऊँचाई का सूक्ष्म समायोजन फाइन एडजस्टमेंट स्क्रू की सहायता से किया जाता है।

प्रश्न 2. तुलनित्र को कितने वर्गों में वर्गीकृत किया गया है?

उत्तर तुलनित्र को पाँच वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

(i) यान्त्रिक तुलनित्र, (ii) प्रकाशीय तुलनित्र, (iii) विद्युत इलेक्ट्रॉनिक तुलनित्र, (iv) द्रव विस्थापन तुलनित्र, (v) वायवीय तुलनित्र।

प्रश्न 3. डायल गेज का कार्य सिद्धान्त समझाइए।

उत्तर डायल गेज इस सिद्धान्त पर कार्य करते हैं कि सम्पर्क बिन्दु पर प्राप्त सूक्ष्म विस्थापन प्लंजर के माध्यम से सम्बद्ध संयुक्त गियर यन्त्रावली द्वारा इस प्रकार आवर्धित किया जाता है कि डायल के फेस पर सूचक विस्थापित हो जाता है।

प्रश्न 4. डालय गेज का अल्पतमांक कितना होता है?

उत्तर डायल गेज का अल्पतमांक 0.01 mm होता है।

प्रश्न 5. डायल गेज फेस कितने भागों में बँटा होता है?

उत्तर डायल गेज फेस 100 बराबर भागों में बँटा होता है।

प्रश्न 6. विभिन्न प्रकार के मापन कार्य करने के लिए किसकी आवश्यकता होती है?

उत्तर विभिन्न प्रकार के मापन कार्य करने के लिए भिन्न-भिन्न सम्पर्क बिन्दुओं की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 7. सम्पर्क बिन्दु किसके बनाए जाते हैं?

उत्तर सम्पर्क बिन्दु कठोर स्टील के बनाए जाते हैं।

प्रश्न 8. कार्यखण्ड पर लगने वाले मापन बल का अधिकतम मान कितना होता है?

उत्तर 1.8 N

प्रश्न 9. स्टेम का व्यास कितना रखा जाता है?

उत्तर स्टेम का व्यास 8.0 mm रखा जाता है।

प्रश्न 10. कभी-कभी कोनों या ऐसी विमा का मापन जहाँ डायल पहुँचाना मुश्किल हो, उसके लिए किसका प्रयोग किया जाता है?

उत्तर लीवर का।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. तुलनित्र से आप क्या समझते हैं?

उत्तर तुलनित्र वे सूक्ष्म यन्त्र हैं जो किसी अवयव की विमा की तुलना करने के काम आते हैं। तुलना करने के लिए मानक की आवश्यकता होती है जो सामान्यतः स्लिप गेज होते हैं। तुलनित्र इंजीनियरिंग मापनिकी के लिए मूल (fundamental) का कार्य करते हैं। तुलनित्र का अपना कोई 'मानक' नहीं होता है वरन् ये स्लिप गेज की सहायता से किसी माप पर सेट (set) कर देने के बाद किसी अवयव की मापी जाने वाली विमा का 'सेट मान' (set value) के

अन्तर प्रदर्शित करते हैं। इस प्रकार के अल्प मान के अन्तर को प्रदर्शित करने के लिए मापन-यन्त्र अत्यंत सुग्राही होना चाहिए। इस कारण तुलनित्र बहुत ही उपयोगी साबित होते हैं। ये सुग्राही होने के साथ-साथ संवेदन को आवर्धित भी करते हैं। मापन-यन्त्र की तरह तुलनित्र को बार-बार अंशांकित करने की आवश्यकता नहीं पड़ती है। तुलनित्र शून्य त्रुटि से स्वतंत्र होते हैं अपितु तुलनित्र अत्यंत सूक्ष्म मान के लिए प्रयोग किए जाते हैं, फिर भी इन्हें प्रयोग करने के लिए किसी विशेष योग्यता की अवश्यकता नहीं होती है। इनके द्वारा शीघ्रतापूर्वक तथा पूर्ण विश्वसनीयता के मापन किया जा सकता है तथा आवश्यकता अनुभव किए जाने पर स्लिप गेज से सेटिंग (setting) जाँची जा सकती है।

प्रश्न 2. तुलनित्र के उपयोग बताइए। **(2013)**

उत्तर इंजीनियरिंग मापनिकी में तुलनित्र का व्यापक वृहद् रूप से विभिन्न क्षेत्रों में उपयोग किया जाता है—

1. तुलनित्र को मापनिकी लैब (metrology lab) के मानक के रूप में प्रयोग किया जाता है जिनकी सहायता से कार्यकारी मापन यन्त्र तथा गेज का कैलिब्रेट किया जाता है।
2. किसी मापन प्रक्रिया के लिए गेज या मापन यन्त्र उपलब्ध न होने की दशा में तुलनित्र कार्यकारी गेज (working gauge) के रूप में कार्य करते हैं।
3. नए गेज को जाँचने में इनका उपयोग किया जाता है।
4. वृहद् उत्पादन (mass production) में मापन कार्य तुलनित्र की सहयता से शीघ्रतापूर्वक किया जा सकता है।
5. चयनित ऐसेम्बली (selective assembly) में अवयव की विमा की जाँच करने के लिए तुलनित्र प्रयोग किए जाते हैं।

प्रश्न 3. तुलनित्रों के अभिलक्षणों को बताइए। **(2017)**

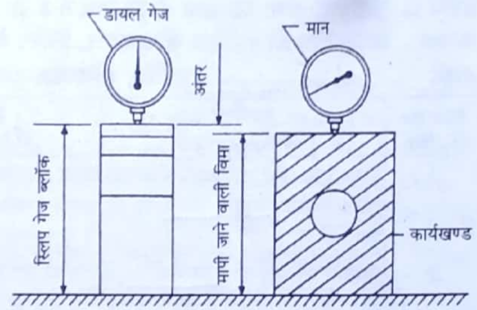
उत्तर किसी अच्छे तुलनित्र में निम्नलिखित गुण या अभिलक्षण होने चाहिए—

1. **मजबूत डिजाइन तथा निर्माण** Robust Design and Construction तुलनित्र का डिजाइन तथा निर्माण इतना मजबूत तथा टिकाऊ होना चाहिए कि सामान्य प्रयोग में इसकी यथार्थता प्रभावित न हो।
2. **रेखीय स्केल** Linear Scale मापन स्केल रेखीय तथा एकसमान होना चाहिए।
3. **उच्च आवर्धन** High Magnification तुलनित्र का आवर्धन उच्च होना चाहिए जिससे कि सूक्ष्म-से-सूक्ष्म विचलन भी पढ़ा जा सके।
4. **शीघ्र परिमाण** Quick in Result तुलनित्र के द्वारा मापी गई विमा की सूचना शीघ्रता से प्राप्त होनी चाहिए।
5. **सम्पर्क बिन्दु का न्यूनतम घिसाव** Minimum Wear of Contact Point मापन प्लंजर कठोर स्टील (hard steel) या हीरे (diamond) का होना चाहिए जिससे कि घिसाव कम-से-कम हो तथा प्लंजर अधिक आयु तक कार्य कर सके।
6. **तापमान से निष्प्रभावी** Unaffected from Temperature तापमान परिवर्तन से तुलनित्र की यथार्थता प्रभावित नहीं होनी चाहिए।
7. **व्यापकता** Versality तुलनित्र इस प्रकार का डिजाइन होना चाहिए कि इसका परास (range) बड़ा हो।
8. **कम्पन मुक्त** Free from Vibration मापन के पश्चात् तुलनित्र का सूचक (pointer) शीघ्रता से 'शून्य' पर वापस आ जाना चाहिए।
9. **निम्न मापन दाब** Low Measuring Pressure तुलनित्र के सम्पर्क बिन्दु पर मापन दाब कम होना चाहिए; अतः एक अच्छे तुलनित्र में उपरोक्त सभी गुण होने चाहिए। इसके अतिरिक्त तुलनित्र का आकार छोटा तथा भार कम होना चाहिए जिससे कि इन्हें उठाने-रखने में आसानी हो।

प्रश्न 4. एक स्वच्छ चित्र बनाकर तुलनित्र प्रयोग का सिद्धान्त लिखिए।

अथवा **तुल्यक की संरचना के सामान्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।** **(2013, 14)**

उत्तर सर्वप्रथम किसी दी गई माप के स्लिप गेज ब्लॉक की सहायता से तुलनित्र के सूचक को शून्य पर सेट किया जाता है। स्लिप गेज ब्लॉक का माप मापी जाने वाली विमा के समान ही होता है। अब कार्यखण्ड की जिस विमा के लिए सेटिंग की गयी है, इसे तुलनित्र के प्लंजर के नीचे लाया जाता है। तुलनित्र का सूचक सेटिंग माप से जितना अन्तर है, उसकी सूचना कैलिब्रेटेड स्केल पर दे देता है। यदि मापी गयी कार्यखण्ड की विमा सेटिंग के समान है तो सूचक पुनः शून्य पर

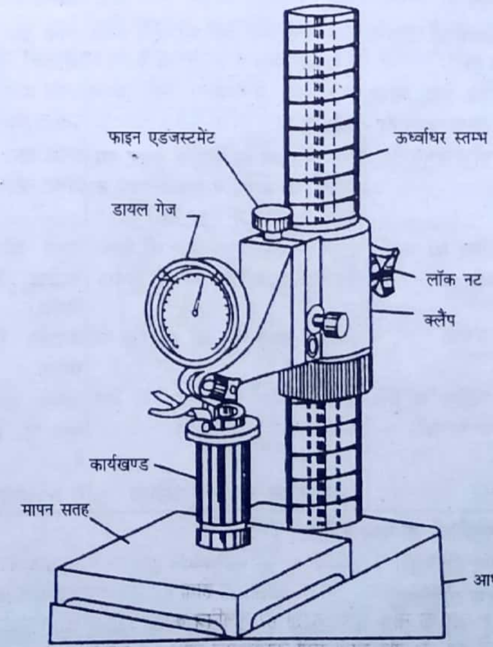


चित्र 4.1 तुलनित्र का प्रयोग (Operation of Comparator)

आ जाती है। यदि विमा का मान सेटिंग से अधिक है तो सूचक दायीं ओर घूम जाता है। यदि विमा का मान सेटिंग से कम है तो सूचक बायीं ओर घूम जाता है, जैसा कि चित्र 4.1 में दिखाया गया है। इस प्रकार एक तुलनित्र सेटिंग मान से कार्यखण्ड विमा का अन्तर बताता है। अतः एक तुलनित्र विमा की वास्तविक माप नहीं बताता है। अतः विमा का वास्तविक मान ज्ञात करने के लिए प्राप्त अन्तर को स्लिप गेज ब्लॉक की माप के साथ समायोजित किया जाता है।

तुलनित्र स्टैण्ड Comparator Stand तुलनित्र को पकड़कर जाँच कार्य मे प्रयोग करने के लिए एक मजबूत तथा दृढ़ आधार की आवश्यकता होती है। इसके ब्रैकेट में तुलनित्र को बाँध दिया जाता है। तत्पश्चात् मापन सतह (measuring table) पर स्लिप गेज रखकर ऊर्ध्वाधर कॉलम पर तुलनित्र की ऊँचाई समायोजित कर ली जाती है। तुलनित्र की ऊँचाई का सूक्ष्म समायोजन फाइन एडजस्टमेंट स्क्रू की सहायता से कर लिया जाता है।

नट व ब्रैकेट के मध्य स्थित थ्रस्ट बियरिंग ब्रैकेट के ऊपर-नीचे विस्थापन के समय घर्षण में कमी करती है। लीवर की सहायता से मापन प्लंजर को उठाया जाता है जिससे कि उसके नीचे कार्यखण्ड या आवश्यकता पड़ने पर स्लिप गेज ब्लॉक लगाया जा सके। आजकल आने वाले तुलनित्र स्टैण्ड की मापन सतह पर खाँचे कटे रहते है जो कार्यखण्ड या स्लिप गेज को उससे चिपकने से बचाता है। इसके अतिरिक्त ग्रेनाइट (granite) की मापन सतह वाले तुलनित्र स्टैण्ड भी प्रयोग किए जाने लगे हैं।



चित्र 4.2 तुलनित्र स्टैण्ड (Comparator Stand)

प्रश्न 5. तुलनित्र, सीमा गेज तथा मापन-यन्त्र में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
अथवा **स्वच्छ चित्र की सहायता से कम्परेटर, लिमिट गेज एवं मापन उपकरणों के अंतर को समझाइए।** (2018)

उत्तर **तुलनित्र, सीमा गेज तथा मापन-यंत्र में अन्तर**

क्र० सं० (S. No.)	तुलनित्र (Comparator)	सीमा गेज (Limit Gauge)	मापन-यन्त्र (Measuring Instrument)
1.	इनके द्वारा नापी जाने वाली विमा की तुलना किसी निर्धारित मानक से की जाती है।	इनके द्वारा यह ज्ञात होता है कि कोई साइज अपनी उच्च और निम्न सीमा में है या नहीं।	इनके द्वारा साइज की सही माप ज्ञात कर ली जाती है।
2.	अवयव की माप का वास्तविक साइज ज्ञात किया जा सकता है, परन्तु इसके लिए गणना करनी पड़ती है।	अवयव की माप का वास्तविक साइज नहीं ज्ञात हो पाता है।	ये वास्तविक साइज ही बताते हैं।
3.	मापन प्रक्रिया में बहुत कम समय लगता है।	मापन प्रक्रिया में कम समय लगता है।	मापन प्रक्रिया में अधिक समय लगता है।
4.	वृहद् उत्पादन (mass production) में बहुत उपयोगी होते हैं।	वृहद् उत्पादन में इनके द्वारा शीघ्रता से मापन किया जाता है।	वृहद् उत्पादन के लिए उपयोगी नहीं हैं।
5.	मशीन पर अवयव का साइज सेट करने में उपयोगी होते हैं।	मशीन सेट करने में उपयोग नहीं होते हैं।	मशीन सेट करते समय अत्यंत उपयोगी होते हैं।
6.	रीडिंग को उपयुक्त विधि द्वारा आवर्धित किया जा सकता है।	आवर्धन संभव नहीं।	आवर्धन संभव नहीं।
7.	इनके द्वारा अवयवों की ज्यामितीय त्रुटि ज्ञात की जा सकती है।	ज्यामितीय त्रुटि ज्ञात करना संभव नहीं।	ज्यामितीय त्रुटि ज्ञात नहीं की जा सकती है।
8.	इनके द्वारा किसी अवयव की विभिन्न मापों की जाँच संभव है।	इनके द्वारा उन्हीं माप की जाँच संभव है जिनके लिए ये बनाए गए हैं।	इनके द्वारा विभिन्न प्रकार के मापन प्रक्रियाएँ की जा सकती हैं।
9.	इनके द्वारा सीमा गेज तथा मापन यन्त्रों का कैलिब्रेशन किया जाता है।	इनके द्वारा कैलिब्रेशन कार्य संभव नहीं।	इनके द्वारा कैलिब्रेशन नहीं किया जा सकता है।
10.	विशेष प्रोफाइल की जाँच संभव है।	जिन प्रोफाइल के लिए ये बनाए गए, हैं उन्हीं के मापन में प्रयुक्त किए जा सकते हैं, अन्य के लिए नहीं।	इनके द्वारा विशेष प्रोफाइल की जाँच संभव नहीं।
11.	मापन की शुद्धता व्यक्ति की कार्य-कुशलता पर निर्भर नहीं।	मापन की शुद्धता कारीगर की कार्य-कुशलता पर आंशिक रूप से निर्भर।	मापन की शुद्धता पूरी तरह से कारीगर की कार्य-कुशलता पर निर्भर।
12.	अधिक यथार्थ मापन संभव।	यथार्थता सीमा गेज की यथार्थता पर निर्भर।	यथार्थता निश्चित सीमा तक ही संभव।
13.	अधिक समय तक उपयोग के बाद भी शून्य त्रुटि की संभावना नहीं।	अधिक समय तक प्रयोग के बाद घिसकर बेकार हो जाते हैं।	अधिक समय तक प्रयोग के बाद शून्य त्रुटि ज्ञात होना आवश्यक होता है।
14.	ये महँगे होते हैं।	ये अपेक्षाकृत कम महँगे होते हैं।	ये अपेक्षाकृत सस्ते होते हैं।

प्रश्न 6. विभिन्न प्रकार के तुलनित्रों के नाम दीजिए। (2011, 12)
अथवा **तुलनित्र का वर्गीकरण दीजिए।**
अथवा **तुलनित्रों का वर्गीकरण कीजिए।** (2016)

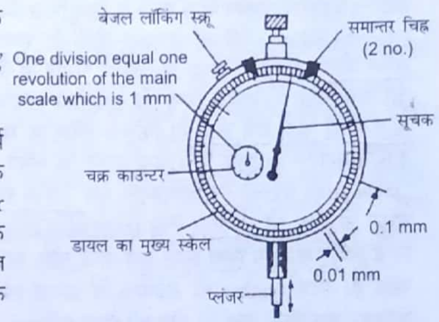
उत्तर प्रयोग के आधार पर, मापन शीर्ष के आधार पर, संवेदिता के आधार पर, आवर्धन के आधार पर तथा कार्य-प्रणाली के सिद्धान्त के आधार पर तुलनित्रों को अग्र रूप में वर्गीकृत किया जाता है—

1. यांत्रिक तुलनित्र (Mechanical comparator),
2. प्रकाशीय तुलनित्र (Optical comparator),
3. विद्युत-इलेक्ट्रॉनिक तुलनित्र (Electrical-electronic comparator),
4. द्रव विस्थापन तुलनित्र (Fluid displacement comparator) तथा
5. वायवीय तुलनित्र (Pneumatic comparator)।

प्रश्न 7. यांत्रिक तुलनित्र क्या है? किसी एक यांत्रिक तुलनित्र का वर्णन कीजिए।

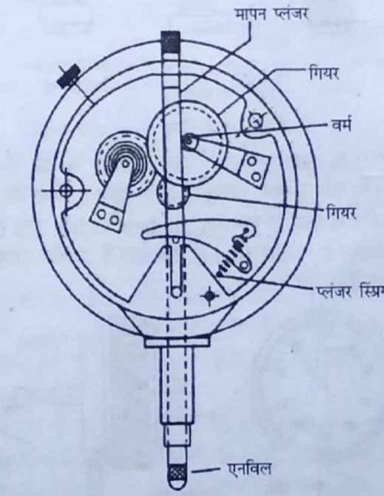
उत्तर जिस तुलनित्र में यांत्रिकी सिद्धान्त प्रयोग कर प्लंजर के सूक्ष्म विस्थापन को आवर्धित कर विक्षेप प्राप्त किया जाता है, वह तुलनित्र यांत्रिक तुलनित्र कहलाता है। 'डायल गेज तुलनित्र' सर्वाधिक प्रयोग में आने वाला यांत्रिक तुलनित्र है।

डायल गेज Dial Gauge डायल गेज इस सिद्धान्त पर कार्य करते हैं कि सम्पर्क बिन्दु पर प्राप्त सूक्ष्म विस्थापन प्लंजर के माध्यम से सम्बद्ध संयुक्त गियर यंत्रावली (compound gear mechanism) द्वारा इस प्रकार आवर्धित किया जाता है कि डायल के फेस पर सूचक विस्थापित हो जाता है। डायल गेज बड़ी ही शीघ्रता से परिणाम देते हैं। इन्हें बड़ी ही सुगमतापूर्वक तुलनित्र स्टैण्ड पर लगाया जा सकता है।



चित्र 4.3 डायल गेज (Dial gauge)

सामान्यत: डायल गेज का अल्पतमांक 0.01 mm होता है, अर्थात् मुख्य स्केल पर सूचक का एक भाग के बराबर विस्थापन सम्पर्क बिन्दु का उतना ही विस्थापन दर्शाता है। डायल गेज फेस 100 बराबर भागों में बँटा होता है। सम्पर्क बिन्दु का 1 mm विस्थापन होने पर, सूचक एक चक्र पूर्ण कर लेता है। इसके अतिरिक्त चक्करों की संख्या गिनने के लिए इस पर 'चक्र काउन्टर' (revolution counter) लगा होता है। बहुत अधिक सूक्ष्म मापन कार्य करने के लिए आजकल 0.001 mm (one micron) यथार्थता वाले डायल गेज भी उपलब्ध हैं। डायल गेज के भीतर की यंत्रावली चित्र 4.4 में प्रदर्शित की गयी है।

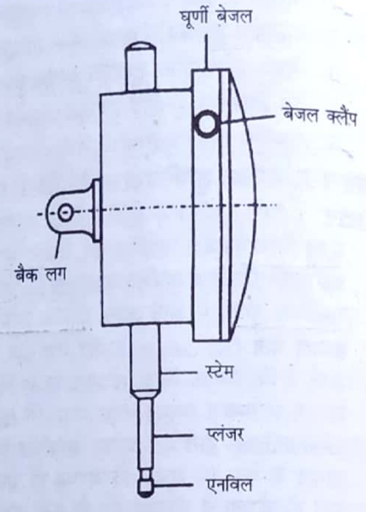


चित्र 4.4 संयुक्त गियर यंत्रावली (Compound gear mechanism)

डायल गेज के विभिन्न भाग Various Parts of Dial Gauge एक डायल गेज को चित्र 4.5 मे दर्शाया गया है। सभी प्रकार के डायल गेज में एक घूर्णी बेजल (rotable bezel) लगा होता है जिसकी सहायता से सूचक (pointer) की किसी भी स्थिति में शून्य सेट किया जा सकता है। बेजल घुमाने के बाद उसे बेजल क्लैंप से कस दिया जाता है जिससे बेजल अपनी जगह स्थिर हो जाता है।

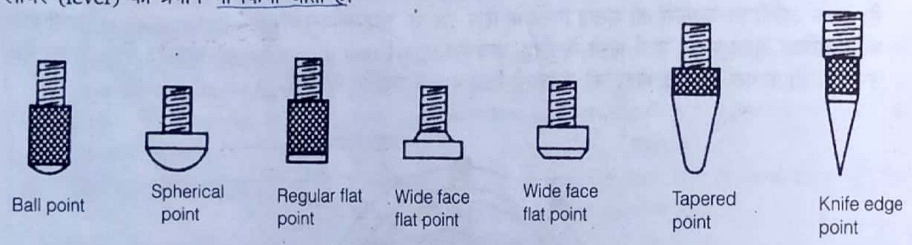
विभिन्न प्रकार का मापन कार्य करने के लिए भिन्न-भिन्न सम्पर्क बिन्दु (control points) की आवश्यकता होती है। सम्पर्क बिन्दु कठोर स्टील के बनाए जाते हैं तथा खुरचने से बचाने के लिए इन्हें पॉलिश कर दिया जाता है। सम्पर्क बिन्दु को डायल पर लगाने के लिए इन पर M 2.5 की चूड़ी बनी होती है। विभिन्न प्रकार के सम्पर्क बिन्दु चित्र 4.6 में प्रदर्शित हैं। इनके द्वारा कार्य खण्ड पर लगने वाले मापन बल (measuring force) का अधिकतम मान 1.8 N होता है।

बेजल के ऊपर दो सीमान्तर चिह्न (tolerance marks) बने होते हैं जिन्हें किसी मापन में निम्न सीमा तथा उच्च सीमा पर स्थिर कर लिया जाता है। स्टेम (stem) की सहायता से डायल को बुश के भीतर डालकर कस लिया जाता है। स्टेम का व्यास 8.0 mm रखा जाता है।



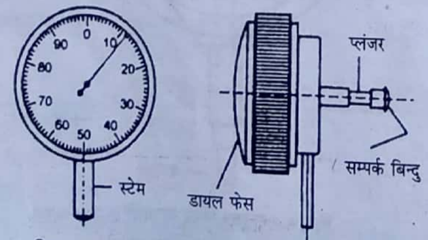
चित्र 4.5 टाइप-1 डायल गेज (Type-1 dial gauge)

डायल गेज का डिजाइन इस प्रकार किया जाता है कि वह झटकों (shocks) को सह सके। इसके लिए प्लंजर पर विशेष प्रकार के अटैचमेंट लगाए जाते हैं। कभी-कभी कोनों या ऐसी विमा का मापन, जहाँ डायल पहुँचाना मुश्किल हो, के लिए लीवर (lever) का प्रयोग भी किया जाता है।



चित्र 4.6 सम्पर्क बिन्दु (Contact Points)

भारतीय मानक (IS : 2092-1962) के अनुसार डायल गेज दो प्रकार के होते हैं—टाइप-1 तथा टाइप-2, जिसमें से टाइप-1 का प्लंजर विस्थापन डायल के फेस के समान्तर (parallel) होता है, जैसा कि चित्र 4.5 में दर्शाया गया है। टाइप-2 डायल गेज का प्लंजर विस्थापन डायल के फेस के लम्बवत् (perpendicular) होता है, जैसा चित्र 4.7 में दिखाया गया है। टाइप-1 डायल गेज का प्लंजर विस्थापन 3, 5 तथा 10 mm तक होता है, जबकि टाइप-2 डायल गेज का प्लंजर विस्थापन 1, 2, 3, 5 तथा 10 mm तक होता है।



चित्र 4.7 टाइप-2 डायल गेज (Type-2 Dial Gauge)

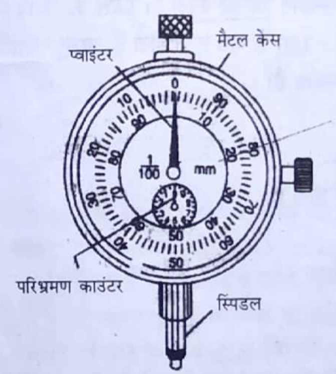
प्रश्न 8. यान्त्रिक मापनों में प्रयोग होने वाले कम्परेटर से आप क्या समझते हैं? डायल इंडिकेटर की कार्य प्रणाली को स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइए। **(2016, 18)**

अथवा **डायल-इंडिकेटर की कार्यविधि का वर्णन कीजिए।** **(2016)**

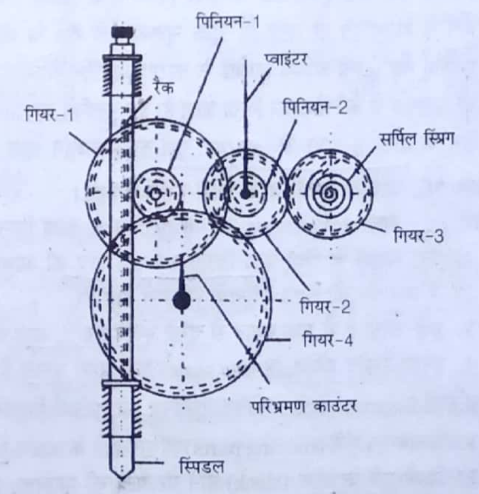
उत्तर **यान्त्रिक कम्परेटर/यान्त्रिक तुलनित्र** यान्त्रिक कम्परेटर के लिए प्रश्न संख्या 7 देखें।

डायल इंडिकेटर/डायल सूचक डायल-सूचक का उपयोग मशीनित सतहों की यथार्थता (accuracy) की जाँच करने के लिए किया जाता है; जैसे—चौरस सतहों के चपटेपन (flatness) की जाँच करना, वृत्ताकार सतहों की गोलीयता (circularity) की जाँच करना आदि।

रचना Construction चित्र 4.8 (a) के अनुसार, डायल-सूचक में एक **मैटल केस** (metal case) होता है जिसमें अंशांकित डायल सूचक की चालन यन्त्रावली (drive mechanism) लगी होती है। चालन यन्त्रावली से, रैक तथा पिनियन व्यवस्था द्वारा सम्बन्धित एक **रैक-स्पिंडल** (rack spindle) होता है जिसका एक सिरा मैटल केस से बाहर निकला रहता है। रैक स्पिंडल प्रत्येक दशा में एक स्प्रिंग द्वारा नियन्त्रित होता है। क्रिया के अन्तर्गत रैक स्पिंडल जब ऊर्ध्वाधर ऊपर उठता है तो डायल पर लगा प्वाइंटर (pointer) घूमता है। डायल की परिधि पर बराबर मान के 100 विभाजन होते हैं। प्रत्येक विभाजक स्पिंडल-चाल का 1/100 मिमी भाग दर्शाता है। इस प्रकार स्पिंडल जब 1 मिमी ऊर्ध्वाधर चलता है तो प्वाइंटर-डायल का एक पूर्ण चक्र लगा लेता है। डायल पर एक अन्य छोटा प्वाइंटर भी होता है, जो बड़े प्वाइंटर के चक्करों की संख्या बताता है। इसे परिभ्रमण काउन्टर (revolution counter) कहते हैं।



चित्र 4.8 (a) डायल-सूचक



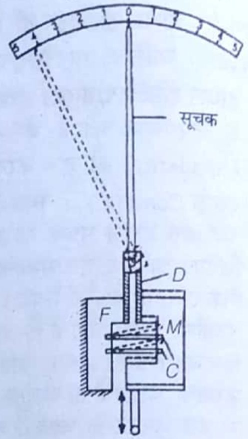
चित्र 4.8 (b) डायल-सूचक की क्रियाविधि

क्रियाविधि Working principle डायल-सूचक की क्रियाविधि चित्र 4.8 (b) में प्रदर्शित की गयी है। इसके अनुसार, स्पिंडल पर कटी हुई रैक पिनियन (pinion)-1 के साथ मिली रहती है और स्पिंडल की ऊर्ध्वाधर चाल से अपने अक्ष पर घूमती है। पिनियन एक ही शाफ्ट पर लगे गियर-1 को घुमाती है। यह गियर पिनियन-2 से मिला होता है जो अपने अक्ष पर लगे प्वाइंटर को घुमाता है।

प्वाइंटर तथा गियर-2 एक ही शाफ्ट पर घूमते हैं। यह गियर एक अन्य गियर-3 से मिला रहता है जो सर्पिल स्प्रिंग (spiral spring) की क्रिया से नियन्त्रित होता है। इस स्प्रिंग का मुख्य कार्य स्पिंडल को मापने वाली सतह पर बलपूर्वक टिकाए रखना है जिससे सतह की जाँच करते समय स्पिंडल सम्पर्क बिन्दु पर टिका रह सके। स्प्रिंग द्वारा लगाया गया यह बल 0.1 से 0.25 किग्रा तक होता है। परिभ्रमण काउन्टर, जो स्पिंडल-चाल को मिलीमीटर के पूर्ण अंकों में दर्शाता है, गियर-4 के साथ घूमता है। यह गियर पिनियन-1 में मिला रहता है और उससे गति प्राप्त करता है।

प्रश्न 9. एक स्वच्छ चित्र बनाकर रीड प्रकार के यांत्रिक तुलनित्र की कार्य-प्रणाली का वर्णन कीजिए। (2012)

उत्तर रीड टाइप यांत्रिक तुलनित्र का मापन शीर्ष (measuring head) उच्च गुणवत्ता का बेहद सुग्राही डायल होता है जो किसी मजबूत स्तम्भ (column) पर टिका होता है। यह स्पिंडल के बहुत कम विस्थापन को आवर्धित करने वाली घर्षणहीन युक्ति होती है। इसमें एक स्थिर ब्लॉक (fixed block) '*F*' होता है जो मापन शीर्ष के आवरण के साथ बद्ध रहता है। एक दूसरा चल ब्लॉक (moving block) '*M*' होता है जिस पर स्पिंडल लगा होता है। यह दोनों ही ब्लॉक क्षैतिज रीड '*C*' (horizontal reeds '*C*') के द्वारा एक-दूसरे से निरुद्ध रहते हैं। दोनों ब्लॉक के ऊपर ऊर्ध्वाधर रीड '*D*' (vertical reeds '*D*') लगी होती है जो ऊपर से आपस में जुड़ी रहती हैं। इस जोड़ से ऊपर की ओर सूचक (pointer) लगा रहता है।



चित्र 4.9 रीड टाइप यांत्रिक तुलनित्र

स्पिंडल का ऊर्ध्व विस्थापन चल ब्लॉक को ऊपर की ओर विस्थापित करता है जिसके कारण चल ब्लॉक के ऊपर लगी हुई रीड स्थिर ब्लॉक के ऊपर लगी हुई रीड से आगे बढ़ने की चेष्टा करती है। चूँकि दोनों ही रीड ऊपर एक-दूसरे से जुड़ी होती हैं, इसलिए एक रीड दूसरी रीड के ऊपर फिसलने के विरुद्ध दोनों एक साथ वृत्ताकार चाप में विस्थापित हो जाती हैं। चूँकि सूचक दोनों रीड के शीर्ष से जुड़ा रहता है, इसलिए वह अपनी अधिक लम्बाई के कारण आवर्धित होकर बड़े चाप में विस्थापन प्रदर्शित करता है। स्केल को स्लिप गेज की सहायता से कैलिब्रेट कर लिया जाता है। इस तुलनित्र का यांत्रिक आवर्धन × 100 से कम प्राप्त होता है, परन्तु प्रकाशीय लेंस के द्वारा × 500 से × 1000 गुना तक आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है।

प्रश्न 10. यांत्रिक तुलनित्र के लाभ-हानि बताइए।

उत्तर **लाभ** Advantages यांत्रिक तुलनित्र के लाभ निम्नलिखित हैं—

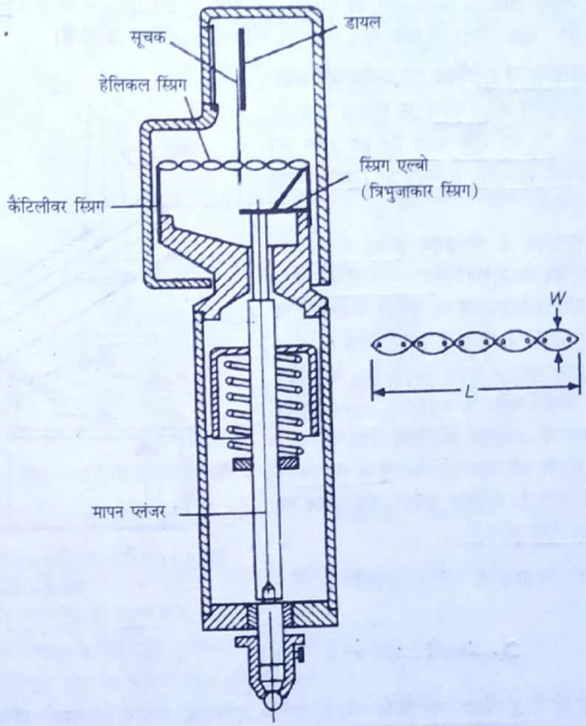
1. इन्हें चलाने के लिए बाह्य विद्युत ऊर्जा या वायु की आवश्यकता नहीं होती है।
2. ये आवर्धन की अन्य युक्तियों से सस्ते होते हैं।
3. इन्हें आसानी से एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाया जा सकता है—
4. इनका रेखीय स्केल (linear scale) इन्हें सुगम बनाता है।

हानियाँ Disadvantages यांत्रिक तुलनित्र की हानियाँ निम्नलिखित हैं

1. चलायमान पुर्जे (moving parts) अधिक होने के कारण घर्षण की अधिकता इनकी यथार्थता को प्रभावित करती है।
2. किसी पुर्जे के ढीले (slack) होने पर यन्त्र की गुणवत्ता प्रभावित करती है।
3. जड़त्व अधिक होने के कारण यह यन्त्र कम्पनों के प्रति अधिक संवेदनशील होते हैं।
4. इन यन्त्रों का परास सीमित होता है।
5. लम्बन त्रुटि की संभावना बनी रहती है।

प्रश्न 11. एक स्वच्छ चित्र की सहायता से माइक्रोकेटर की कार्य-प्रणाली का वर्णन कीजिए।

उत्तर यह तुलनित्र सी०एफ० जोहनसन लि० द्वारा बनाया गया है, इसलिए इसका यह नाम पड़ा। चित्र 4.10 में यह तुलनित्र दर्शाया गया है। इस तुलनित्र में एक ऐंठी हुई पत्ती (twisted strip) के द्वारा आवर्धन (magnification) प्राप्त करने का सिद्धान्त प्रयोग किया जाता है, इसलिए इसे twisted strip comparator भी कहते हैं। प्लंजर पर प्राप्त रेखीय विस्थापन को ऐंठी हुई पत्ती की सहायता से सूचक पर घूर्णन विस्थापन प्राप्त किया जाता है।



चित्र 4.10 जोहनसन माइक्रोकेटर तुलनित्र

ऐंठी हुई पत्ती के केन्द्र पर एक काँच का बारीक हल्का (thin light glass) सूचक लगा होता है। पत्ती का एक सिरा समायोज्य कैंटिलीवर (adjustable lever) पर लगा होता है, जबकि पत्ती का दूसरा सिरा स्प्रिंग एल्बो (spring elbow) पर बँधा होता है जिसकी नीचे वाली भुजा से प्लंजर लगा रहता है।

इस प्रकार मापन प्लंजर के ऊपर या नीचे विस्थापित होने पर त्रिभुजाकार स्प्रिंग एक बेल क्रैंक लीवर (bell crank lever) की तरह कार्य करती है जिसकी सहायता से पत्ती की लम्बाई परिवर्तित होती है। पत्ती की लम्बाई में होने वाला परिवर्तन उसकी ऐंठन (twist) को और ऐंठता है या फिर खोलता है। इस यन्त्र का आवर्धन सूचक के कोणीय विस्थापन तथा पत्ती की लम्बाई में हुए परिवर्तन के अनुपात के बराबर होता है, अर्थात् $\frac{d\theta}{dL}$, अत: जोहनसन माइक्रोकेटर तुलनित्र का आवर्धन,

$$\frac{d\theta}{dL} \propto \frac{L}{w^2 n}$$

जहाँ, $d\theta$ = सिरे के सापेक्ष पत्ती के मध्य बिन्दु की ऐंठन,
dL = पत्ती की लम्बाई में परिवर्तन, L = पत्ती की उदासीन अक्ष पर लम्बाई,
w = पत्ती की चौड़ाई तथा n = पत्ती के ऐंठनों की संख्या

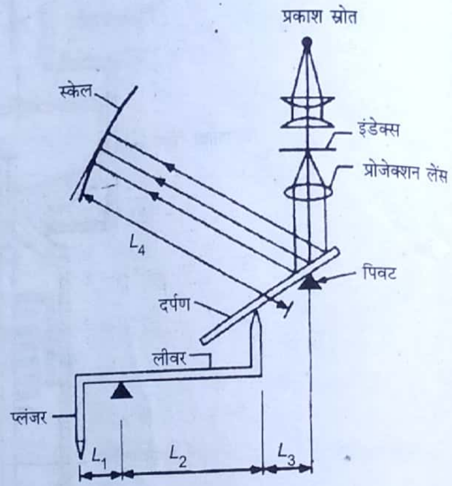
इसलिए यन्त्र का आवर्धन बढ़ाने के लिए पत्ती की चौड़ाई कम रखी जाती है। इसके अतिरिक्त पत्ती के मध्य बिन्दु पर प्रतिबलों के कम रखने के लिए पत्ती को छिद्रयुक्त (perforated) बनाया जाता है। शून्य सेटिंग को ठीक करने के लिए तुलनित्र के स्केल को कुछ घुमाया जा सकता है। एक झिर्रीदार वाशर (slit washer) प्लंजर को नीचे की ओर से सपोर्ट

देने के लिए प्रयोग किया जाता है। इससे यन्त्र का घिसाव कम होता है। इस तुलनित्र के द्वारा 5000 गुना आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है। इसके स्केल के एक भाग का मान 0.0002 mm तक होता है।

प्रश्न 12. यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र का वर्णन कीजिए।

उत्तर जब किसी दर्पण को θ कोण पर घुमाया जाता है, तब परावर्तित किरण 2θ पर घूम जाती है। इस तथ्य का प्रयोग करते हुए यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र का निर्माण किया गया है।

यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र में सर्वप्रथम पिवट लीवर की सहायता से मापन प्लंजर का सूक्ष्म विस्थापन आवर्धित किया जाता है। आवर्धित यांत्रिक विस्थापन को प्रकाशीय प्रणाली के द्वारा पुन: आवर्धित कर लिया जाता है (देखें चित्र 4.11)। यांत्रिक प्रणाली के द्वारा समतल दर्पण अपने अक्ष के सापेक्ष तिरछा हो जाता है। चिकने काँच के स्क्रीन (ground glass screen) परा इंडेक्स का प्रक्षेपित प्रतिबिम्ब प्राप्त हो जाता है। स्क्रीन पर बने स्केल की सहायता से प्लंजर का ऊर्ध्व विस्थापन पढ़ लिया जाता है। यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र का आवर्धन दो चरणों में पूर्ण होता है।



चित्र 4.11 यांत्रिक-प्रकाशीय तुलनित्र (Mehanical-Optical Comparator)

1. लीवर सिद्धान्त से यांत्रिक आवर्धन $= \frac{L_2}{L_1}$

2. प्रकाशीय आवर्धन $= \frac{L_4}{L_3} \times 2$

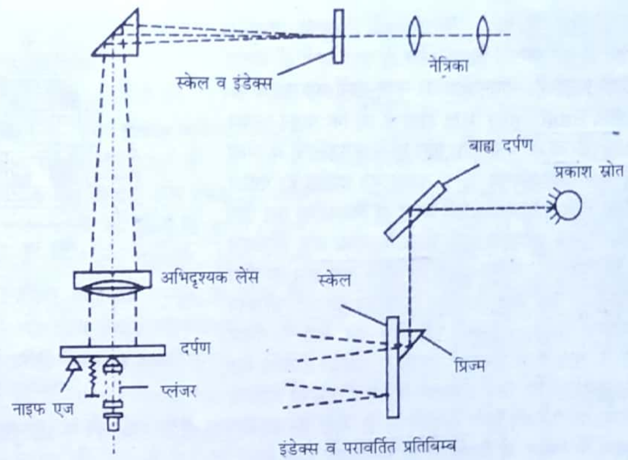
प्रकाशीय आवर्धन को दो से इसलिए गुणा किया गया है; क्योंकि दर्पण को θ कोण पर घुमाने पर परावर्तित किरण 2θ पर घूम जाती है।

अत: तुलनित्र का समग्र आवर्धन $= 2 \times \left(\frac{L_2}{L_1}\right) \times \left(\frac{L_4}{L_3}\right)$

उपरोक्त से स्पष्ट है कि प्रकाशीय तुलनित्र उच्च यथार्थता प्रकट करते हैं। इसके अतिरिक्त चल पुर्जे (moving parts) कम होने के कारण उच्च आवर्धन के साथ परिशुद्ध माप भी प्रदान करते हैं, परन्तु यह ध्यान रखा जाना चाहिए कि दर्पण front reflecting type होना चाहिए, अन्यथा back reflecting type दर्पण होने की दशा में द्वि-परावर्तन होगा जिसके कारण तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब नहीं दिखायी पड़ेगा।

प्रश्न 13. जीस ऑप्टोटेस्ट तुलनित्र की क्रिया विधि समझाइए।

उत्तर इस तुलनित्र में एक प्लंजर, तिरछा दर्पण (tilted mirror), अभिदृश्यक लेंस (objective lens), प्रिज्म तथा एक नेत्रिका (eye piece) होती है जिनकी सहायता से उच्च आवर्धन प्राप्त किया जाता है। चित्र 4.12 में दर्शाया गया है कि दर्पण को एक नाइफ एज (knife edge) पर टिका रहता है जो प्लंजर के उर्ध्व विस्थापन के कारण तिरछा हो जाता है। एक स्प्रिंग द्वारा दर्पण को पूर्व अवस्था में लाया जाता है। दर्पण के ऊपर अभिदृश्यक लेंस तथा प्रिज्म लगे रहते हैं। प्रिज्म पूर्ण आंतरिक परावर्तन के सिद्धान्त पर कार्य करता है। नेत्रिका के फोकल तल (focal plane) पर एक इंडेक्स स्केल लगा रहता है। लेंसों की व्यवस्था इस प्रकार रहती है कि दर्पण से परावर्तन के पश्चात् प्रतिबिम्ब फोकल तल में ही बने। जब दर्पण क्षैतिज अवस्था में रहता है, तब प्रतिबिम्ब पैमाने की संदर्भ रेखा पर बनता है। प्लंजर के ऊर्ध्व विस्थापन से दर्पण एक ओर झुक जाएगा तथा प्रतिबिम्ब संदर्भ रेखा से हटकर बनेगा। पैमाने पर संदर्भ रेखा से प्रतिबिम्ब की प्लंजर का विस्थापन दर्शाती है। इस तुलनित्र का आवर्धन अग्र सूत्र से दिया जाता है—



चित्र 4.12 जीस ऑप्टोटेस्ट तुलनित्र (Zeiss Optotest Comparator)

तुलनित्र का आवर्धन $= \frac{2f}{d} \times$ नेत्रिका का आवर्धन

जहाँ 'f' लेंस की फोकस दूरी तथा 'd' नाइफ एज तथा प्लंजर के मध्य की दूरी है।

प्रश्न 14. प्रकाशीय तुलनित्र के लाभ तथा हानि बताइए।

उत्तर **लाभ** Advantages प्रकाशीय तुलनित्र के लाभ निम्नलिखित हैं—

1. चल पुर्जो की संख्या होने के कारण उच्च यथार्थता।
2. इनमें लम्बन त्रुटि की संभावना नहीं होती है।
3. इनके प्रकाशीय लीवर भारहीन होते हैं।
4. उच्च आवर्धन के कारण परिशुद्ध मापन में अत्यंत उपयोगी होते हैं।
5. चूँकि स्केल प्रकाश से प्रतिदीप्त (illuminated) रहता है, इसलिए प्रेक्षण लेने के लिए कमरे के प्रकाश पर निर्भरता नहीं रहती है।

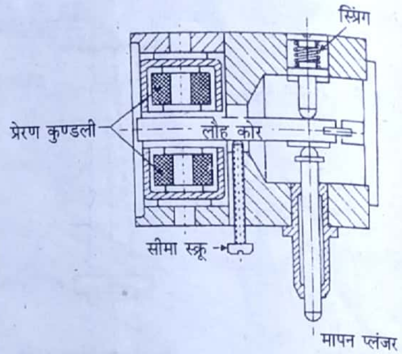
हानियाँ Disadvantages प्रकाशीय तुलनित्र की हानियाँ निम्नलिखित हैं—

1. इस यन्त्र की आवर्धन क्षमता अधिक होती है, इसलिए बल्ब की ऊष्मा, ट्रांसफॉर्मर की ऊष्मा या अन्य कारण सेटिंग को विचलित कर सकते हैं।
2. झटके इत्यादि के कारण यन्त्र अपनी यथार्थता खो सकता है।
3. विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता होती है।
4. यह तुलनित्र बड़ा तथा महँगा होता है।
5. यदि प्रकाश प्रक्षेपण किसी स्क्रीन पर किया जा रहा है, तब कमरे में अँधेरा रखना पड़ता है।
6. लगातार नेत्रिका के द्वारा प्रतिबिम्ब देखना कष्टदायी होता है।

प्रश्न 15. इलेक्ट्रो-लिमिट तुलनित्र के सिद्धान्त का उल्लेख कीजिए।

उत्तर इलेक्ट्रो-लिमिट तुलनित्र 'ह्वीटस्टोन ब्रिज' सिद्धान्त पर कार्य करता है। इस तुलनित्र में एक विद्युत मापन शीर्ष, मापन प्लंजर, ए०सी० विद्युत ऊर्जा स्रोत, माइक्रोमीटर तथा चार प्रेरण कुण्डलियाँ लगी होती हैं। इन कुण्डलियों से ही ए०सी० ह्वीटस्टोन ब्रिज का निर्माण होता है।

इलेक्ट्रो-लिमिट तुलनित्र के क्रिया सिद्धान्त के अनुसार ए०सी० व्हीटस्टोन ब्रिज की दो कुण्डलियाँ विद्युत स्रोत से तथा अन्य दो विद्युत मापन शीर्ष से जुड़ी रहती हैं। मापन शीर्ष से जुड़ी दोनों कुण्डलियों के मध्य एक लौह कोर (iron core) स्थित होता है जो कि मापन प्लंजर पर टिका (resting) रहता है। जब लौह कोर दोनों कुण्डलियों के मध्य में स्थिर रहता है, तब ब्रिज परिपथ 'शून्य' आउटपुट दर्शाता है। प्लंजर का ऊर्ध्व विस्थापन लौह कोर को अपनी जगह से विस्थापित कर देता है। इस कारण किसी एक कुण्डली तथा क्रोड के मध्य वायु अन्तराल (air gap) कम हो जाता है, जबकि दूसरी कुण्डली तथा कोर के मध्य वायु अन्तराल उतना ही बढ़ जाता है। वायु अन्तराल का यह परिवर्तन कुण्डली का प्रेरकत्व (inductance) परिवर्तित कर देता है। जिस कुण्डली का कोर के साथ वायु अन्तराल बढ़ता है, उसका प्रेरकत्व घट जाता है तथा जिस कुण्डली का वायु अन्तराल घटता है, उसका प्रेरकत्व बढ़ जाता है जिसके फलस्वरूप ब्रिज असंतुलित हो जाता है। माइक्रोमीटर में से अंसतुलन के समानुपाती धारा का प्रवाह होने लगता है जो वास्तव मे प्लंजर के विस्थापन के समानुपाती होता है।



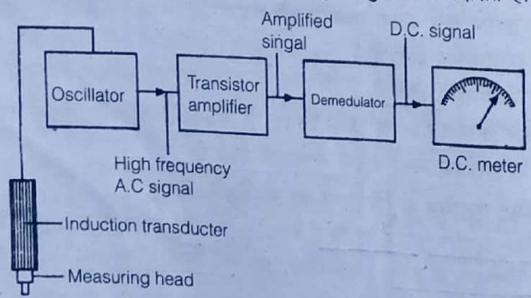
चित्र 4.13 इलेक्ट्रो-लिमिट तुलनित्र (Electro-limit Comparator)

इस तुलनित्र की सुग्राहिता पूरी तरह से कुण्डली तथा लौह कोर मध्य वायु अन्तराल पर निर्भर करती है। तुलनित्र के स्केल का मान 0.001 mm है। यह तुलनित्र विद्युत आवर्धन को 1,000 से 20,000 के मध्य परिवर्तित कर सकता है। आवर्धन का अलग-अलग परास अलग-अलग स्विच द्वारा प्राप्त किया जाता है।

प्रश्न 16. इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र के मुख्य अंग बताते हुए उसकी कार्य-विधि समझाइए।

उत्तर इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र के द्वारा अत्यंत सूक्ष्म मापन प्रक्रिया पूर्ण यथार्थता के साथ सम्पन्न की जा सकती है। इसमें एक मापन शीर्ष, प्रेरक ट्रांसड्यूसर (inductive transducer), ऑसिलेटर (oscillator), एम्प्लीफायर (amplifier), डिमॉडुलेटर (demodulator) तथा डी०सी० सूचक युक्ति (D.C. indicating device) का प्रयोग किया जाता है। विभिन्न प्रक्रियाओं को क्रमबद्ध तरीके से चित्र 4.14 में दर्शाया गया है। मापन संवेदना को ग्रहण करने वाले स्टाइलस को प्रोब (probe) कहते है। प्रोब वास्तव में एक प्रेरक ट्रांसड्यूसर होता है जो सिरे (tip) पर प्राप्त विस्थापन को डी०सी० सिगनल में परिवर्तित कर देता है। डी०सी० सिगनल एक उच्च आवृत्ति के ए०सी० ऑसिलेटर में भेजा जाता है, जहाँ दोनों सिगनल का अध्यारोपण (superimposition) हो जाता है।

अध्यारोपित सिगनल समान आवृत्ति का ए०सी० सिगनल ही होता है जिसका मान डी०सी० सिगनल के अनुसार घटता-बढ़ता रहता है। अध्यारोपित सिगनल एक ट्रांजिस्टर एम्प्लीफायर में भेजा जाता है, जहाँ सिगनल की क्षमता में वृद्धि होती है। यह एम्प्लीफाइड सिगनल डिमॉडुलेटर में भेजा जाता है, जहाँ ए०सी० सिगनल को फिल्टर कर हटा दिया जाता है तथा हमें एम्प्लीफाइड डी०सी० सिगनल प्राप्त होता है। डी०सी० सिगनल अब किसी डी०सी० सूचक युक्ति को चलाने के लिए सक्षम है। अत: मापन शीर्ष पर प्राप्त विस्थापन सूचक युक्ति पर प्रदर्शित होता है।

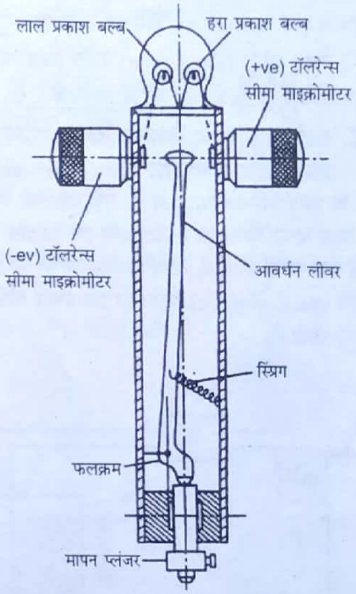


चित्र 4.14 इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र (Electronics Comparator)

प्रश्न 17. इलेक्ट्रो-मैकेनिकल टाइप कम्परेटर से क्या तात्पर्य है? इसके संरचनात्मक लक्षणों को स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइए।

अथवा **इलेक्ट्रो-मैकेनिकल तुलनित्र को चित्र बनाकर समझाइए।**

उत्तर इस कम्परेटर में मापन प्लंजर यान्त्रिक विधि से सम्पर्कों (contacts) को उठाता-गिराता है और इन दो विद्युत परिपथों में से एक जुड़ जाता है और दूसरा टूट जाता है। इस तुलनित्र में मापन प्लंजर का ऊर्ध्व विस्थापन (ऊपर अथवा नीचे) आवर्धन लीवर द्वारा आवर्धित होकर किसी एक माइक्रोमीटर एनविल के साथ सम्पर्क में आता है। सम्पर्क होने पर उस ओर वाला विद्युत परिपथ पूर्ण हो जाता है और बल्ब जल उठता है। अत: इस तुलनित्र में विद्युत परिपथ 'बनता और टूटता' (make and break) रहता है। एक ओर लाल तथा दूसरी ओर हरा बल्ब लगा होता है। अत: बल्ब के रंगीन प्रकाश की सहायता से किसी मापन की उच्च सीमा (upper limit) तथा निम्न सीमा (lower limit) ज्ञात हो जाती है। माइक्रोमीटर की सहायता से यथार्थ मान भी ज्ञात किया जा सकता है।



चित्र 4.15 इलेक्ट्रो-मैकेनिकल तुलनित्र (Electro-Mechanical Comparator)

बैटरी का (–ve) इलेक्ट्रोड आवर्धन लीवर से जुड़ा रहता है, जबकि बैटरी का (+ve) सिरा लाल तथा हरे बल्ब के साथ दोनों माइक्रोमीटर की एनविल से जुड़ा रहता है। जब प्लंजर तथा आवर्धन लीवर अपनी मध्य स्थिति में रहते हैं, तब दोनों माइक्रोमीटर की नापी जाने वाली माप की सीमाओं के अनुसार पीछे कर व्यवस्थित कर लेते हैं। बाएँ माइक्रोमीटर को धनात्मक टॉलरेंस (+ve tolerance) अर्थात् मापन की उच्च सीमा (upper limit) के लिए तथा दाएँ माइक्रोमीटर को ऋणात्मक टॉलरेंस (–ve tolerance) अर्थात् मापन की निम्न सीमा (lower limit) के लिए सेट कर लिया जाता है। जब आवर्धन लीवर दाएँ एनविल को स्पर्श करता है, तब हरा बल्ब जल उठता है जो मापन के over size होने का सूचक है। इसी प्रकार जब आवर्धन लीवर बाएँ एनविल को स्पर्श करता है, तब लाल बल्ब जल उठता है जो माप के under size होने का सूचक है। अत: यदि माप टॉलरेंस के भीतर है तो कोई भी बल्ब नहीं जलेगा। माइक्रोमीटर का एक भाग प्लंजर का 0.001 mm विस्थापन प्रदर्शित करता है। माइक्रोमीटर का परास ± 0.3 mm होता है।

प्रश्न 18. इलेक्ट्रिकल-इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र के लाभ व हानि बताइए।

उत्तर **लाभ** Advantages इलेक्ट्रिकल-इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र के लाभ निम्नलिखित हैं—

1. इनमें चल पुर्जों (moving parts) की संख्या कम होती है।
2. इनका सूचक छोटा तथा हल्का होता है।
3. इनकी सहायता से अत्यंत उच्च आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है।
4. एक ही यन्त्र के कई आवर्धन हो सकते हैं, इसलिए इस यन्त्र का परास कई गुना बढ़ाया जा सकता है।
5. ए०सी० विद्युत स्रोत पर आधारित होने के कारण घर्षण त्रुटियाँ कम हो जाती हैं।
6. मापन-यन्त्र बहुत छोटा बनाया जा सकता है।
7. सूचक युक्ति (indicating device) मापन शीर्ष से दूर भी स्थित की जा सकती है।

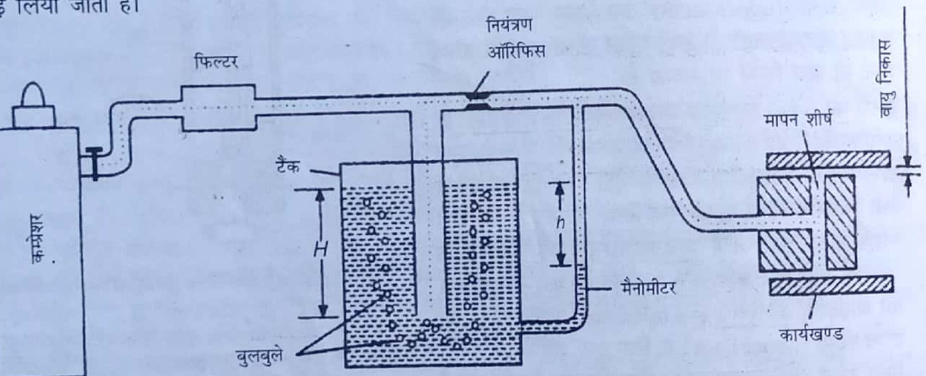
8. सूचक पर कम्पनों का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

हानियाँ Disadvantages इलेक्ट्रिकल-इलेक्ट्रॉनिक्स तुलनित्र की हानियाँ निम्नलिखित हैं—

1. यह तुलनित्र ए०सी० स्रोत पर आधारित होते हैं, इसलिए वोल्टेज या आवृत्ति का परिवर्तन परिणाम को प्रभावित कर सकता है।
2. प्रोब में लगी कुण्डली गर्म होने पर यन्त्र का कैलिब्रेशन प्रभावित कर देती है।
3. यदि स्थिर स्केल (fixed scale) प्रयोग किया जा रहा है तो आवर्धन बढ़ाने पर परास कम हो जाता है।
4. यह यांत्रिक तुलनित्रों की अपेक्षा महँगे होते हैं।

प्रश्न 19. सोलेक्स वायवीय गेज का चित्र बनाकर विवरण दीजिए तथा इसके लाभ और हानियाँ भी बताइए।

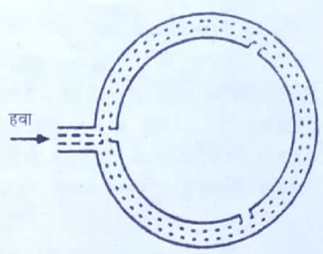
उत्तर **सोलेक्स वायवीय गेज** Solex Pneumatic Gauge यह वायवीय मापन-यन्त्र सोलेक्स एयर गेज लिमिटेड कम्पनी के द्वारा निर्मित किया गया है। यह आंतरिक व्यास मापन के लिए उपयुक्त है, परन्तु उचित मापन शीर्ष लगाकर बाहरी व्यास मापन भी संभव है। यह यन्त्र इस सिद्धान्त पर कार्य करता है कि जब संपीडित वायु किसी सतह पर पड़ती है तो सतह तथा मापन शीर्ष जो वास्तव में एक-दूसरे के सम्पर्क में नहीं हैं, उनके मध्य का वायु अन्तराल घटने पर वायु का पश्च दाब (back pressure) बढ़ता है। इस प्रकार पश्च दाब का मान मापी गई विमा है जिसे किसी कैलिब्रेटेड स्केल पर पढ़ लिया जाता है।



चित्र 4.16 सोलेक्स वायवीय गेज (Solex Pneumatic Gauge)

सोलेक्स वायवीय गेज (या सोलेक्स एयर गेज) में फिल्टर के माध्यम से नियत दाब पर संपीडित वायु भेजी जाती है। एक टैंक में पानी भर लिया जाता है जिसमें एक नली निश्चित गहराई तक डुबो दी जाती है। नली की गहराई उतनी रखी जाती है जितने दाब पर वायु को नियंत्रण ऑरिफिस (control orifice) में प्रवेश करना होता है। चित्र में उसे 'H' से दर्शाया गया है। चूँकि नली में भेजी जाने वाली वायु का दाब 'H' से भी अधिक होता है तो अतिरिक्त वायु बुलबुलों (bubbles) के रूप में पानी से बाहर आ जाती है। इस प्रकार नियंत्रण ऑरिफिस में वायु 'H' के नियत दाब पर प्रवेश करती है। नियंत्रण ऑरिफिस से 'H' दाब की वायु नम्य नली (flexible tube) से होती हुई मापन शीर्ष (measuring head) पर पहुँचती है जहाँ वायु मापन ऑरिफिस तथा नापे जा रहे कार्यखण्ड के मध्य से बाहर निकलती है। वायु का पश्च दाब मैनोमीटर ट्यूब पर प्रदर्शित हो जाता है जिसका एक सिरा टैंक की तली से जुड़ा होता है तथा दूसरा सिरा नियंत्रण ऑरिफिस के ठीक पीछे स्थित होता है। मैनोमीटर मापन हेतु कार्यखण्ड के साइज के अनुसार कैलिब्रेटेड रहती है जिससे कार्यखण्ड का आंतरिक व्यास ज्ञात हो जाता है।

मापन शीर्ष को स्थिर रखकर कार्यखण्ड को घुमाने पर कार्यखण्ड की गोलीयता (roundness) ज्ञात हो सकती है। इसी प्रकार कार्यखण्ड को अक्ष के अनुदिश आगे-पीछे बढ़ाने पर छिद्र का टेपर ज्ञात किया जा सकता है। मापन शीर्ष को बदलकर बाहरी व्यास का मापन भी किया जा सकता है। इस मापन शीर्ष में समान दूरी पर तीन ऑरिफिस बने होते हैं जिन्हें चित्र 4.17 में प्रदर्शित किया गया है। सोलेक्स वायवीय गेज का आवर्धन बढ़ाने के लिए कार्यकारी दाब बढ़ाने की सलाह नहीं दी जाती है। बल्कि मापन शीर्ष व कार्यखण्ड के मध्य वायु अन्तराल घटाने से अधिक आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है। संपीडित वायु का दाब 2 से 5 kg/cm^2 के मध्य रखा जाता है।



चित्र 4.17 बाहरी व्यास का मापन शीर्ष (Measuring Head of Outside

लाभ Advantages इसके लाभ निम्नलिखित हैं—

1. मापन शीर्ष कार्यखण्ड के साथ स्पर्श नहीं करता है, इसलिए इसका घिसाव कम होता है।
2. चल पुर्जों की संख्या कम होने के कारण या न होने के कारण उच्च यथार्थ मान प्राप्त होते हैं।
3. संपीडित वायु जेट के रूप में बाहर निकलती है जिससे कार्यखण्ड पर उपस्थित धूल इत्यादि स्वतः हट जाती है।
4. मापन शीर्ष तथा मापन स्केल एक-दूसरे से दूर रह सकते हैं।
5. छिद्रों की गोलीयता (roundness) तथा टेपर ज्ञात करने के लिए उत्तम विधि है।
6. उच्च आवर्धन प्राप्त किया जा सकता है।
7. छोटे छिद्रों के मापन के लिए बहुत उपयुक्त है।

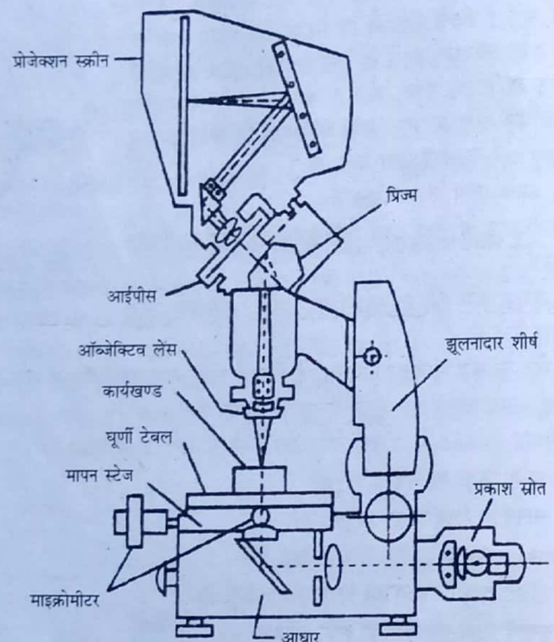
हानियाँ Disadvantages इसकी हानियाँ निम्नलिखित हैं—

1. इसके लिए संपीडित वायु के स्रोत की आवश्यकता होती है।
2. दाब रेगुलेटर यथार्थ उच्च गुणवत्ता का होना चाहिए।
3. मापन परास छोटा होता है।
4. विद्युत तुलनित्रों की तुलना में इनका प्रत्युत्तर (response) देर में आता है।
5. इनका स्केल सामान्यतः एकसमान नहीं होता है।
6. यदि मापन काँच की नली पर पढ़ना हो तो आवर्धन अधिक रहना चाहिए अन्यथा पृष्ठ तनाव के कारण द्रव की सतह त्रुटि उत्पन्न कर सकती है।
7. इन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान पर आसानी से ले जाना आसान नहीं है; क्योंकि दूसरे स्थान पर भी संपीडित वायु फिल्टर की आवश्यकता होती है।
8. विभिन्न प्रकार की मापन प्रक्रिया के लिए भिन्न-भिन्न मापन शीर्ष की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 20. एक स्वच्छ चित्र की सहायता से टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप की कार्य-विधि तथा उपयोग लिखिए। *(2012)*

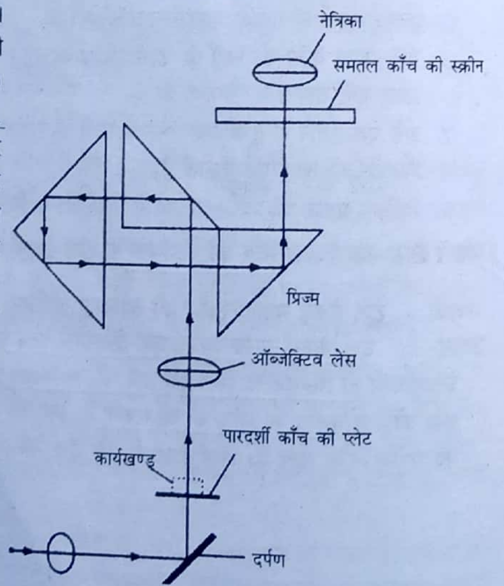
अथवा **टूल मेकर माइक्रोस्कोप की व्याख्या कीजिए।** *(2015, 17)*

उत्तर टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप एक प्रकाशीय यन्त्र है जो प्रकाश के सिद्धान्तों पर कार्य करता है। इस यन्त्र की सहायता से दो बिन्दुओं के मध्य दूरी ज्ञात की जा सकती है, स्क्रू या बोल्ट की प्रोफाइल (profile) जाँची जा सकती है तथा कोण व वक्रता की जाँच की जा सकती है, इसलिए माइक्रोस्कोप के साथ विभिन्न मापन संलग्नी (attachment) का प्रयोग किया जाता है। चित्र 4.18 में एक टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप दर्शाया गया है।



चित्र 4.18 टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप (Tool Makers Microscope)

इस यन्त्र में एक भारी, दृढ़ व खोखला आधार होता है। इस पर पारदर्शी काँच की कार्य टेबल (work table) लगी रहती है जिसे मापन स्टेज (measuring stage) कहते हैं। मापन स्टेज बॉल बियरिंग (ball bearing) पर टिकी होती है जो दो माइक्रोमीटर शीर्ष (micrometer head) द्वारा संचालित होती है। माइक्रोमीटर की शुद्धता 0.001 mm तथा परास 2.5 mm होती है। मापन स्टेज के ऊपर एक घूर्णी टेबल (rotary table) लगी होती है जिस पर कार्यखण्ड को 360° घुमाया जा सकता है। कोणीय विस्थापन वर्नियर प्रोट्रैक्टर (vernier protractor) द्वारा 3 मिनट तक की शुद्धता तक पढ़ा जा सकता है। ऑप्टिकल शीर्ष एक ऊर्ध्वाधर स्तम्भ पर लगा होता है जिसे ऊपर-नीचे करके कार्यखण्ड पर फोकस प्राप्त किया जाता है। ऑप्टिकल शीर्ष को किसी स्थिति में स्थिर रखने के लिए स्लाइड लॉक का प्रयोग किया जाता है। आधार के पीछे स्थित बल्ब के प्रकाश को कोलिमेटिंग लेंस द्वारा क्षैतिज प्रकाश पुंज के रूप में परिवर्तित किया जाता है। यह प्रकाश पुंज 45° के कोण पर झुके दर्पण के द्वारा परावर्तन के पश्चात् 90° पर मोड़ दिया जाता है।



चित्र 4.19 प्रकाश किरण पथ (Light Ray Path)

यह प्रकाश पुंज पारदर्शी काँच की प्लेट पर रखे हुए कार्यखण्ड को नीचे से प्रतिदिप्त करता है। कार्यखण्ड के बाहरी आकार का छाया प्रतिबिम्ब (shadow image) अभिदृश्यक (objective) से होता हुआ तीन प्रिज्मों द्वारा एक समतल स्क्रीन पर प्रक्षेपित कर दिया जाता है जहाँ नेत्रिका द्वारा चित्र का प्रेक्षण कर लिया जाता है। टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप में कार्यखण्ड पर ऊपर से प्रकाशित करने की अलग से व्यवस्था होती है। अभिदृश्य कई आवर्धन, जैसे— 1 X, 1.5 X, 3 X, तथा 5 X में उपलब्ध रहते हैं। यदि नेत्रिका (eye piece) का आवर्धन 10 X हो तो टूल मेकर माइक्रोस्कोप का आवर्धन 10 X, 15 X, 30 X तथा 50 X तक प्राप्त किया जा सकता है। नेत्रिका पर एक गोलीय पैमाना बना होता है जिससे 1 मिनट तक की शुद्धता का कोण नापा जा सकता है।

मुख्य उपयोग Main Applications इसके मुख्य उपयोग निम्नलिखित हैं—

1. टूल मेकर्स माइक्रोस्कोप का प्रयोग अत्यंत जटिल आकृति वाले अवयव की जाँच के लिए किया जाता है।
2. इसके द्वारा क्रॉस वायर (cross-wire) पर कार्यखण्ड के किसी एक बिन्दु पर पहुँचकर माइक्रोमीटर रीडिंग नोट कर ली जाती है, तत्पश्चात् दूसरे बिन्दु पर पहुँचकर कर पुनः माइक्रोमीटर रीडिंग नोट कर ली जाती है। दो रीडिंग का अन्तर उन बिन्दुओं के मध्य की दूरी होती है।
3. नेत्रिका पर बने मानक प्रोफाइल (standard profile) से मिलान कर चूड़ी का प्रोफाइल, गियर की प्रोफाइल इत्यादि की जाँच की जा सकती है।
4. दो छिद्रों के मध्य की दूरी ज्ञात की जा सकती है।
5. चूड़ी का पिच व्यास नापा जा सकता है।

प्रश्न 21. यांत्रिक व विद्युत तुलनित्रों की तुलना कीजिए।

उत्तर **यांत्रिक व विद्युत तुलनित्रों की तुलना**

क्र० सं०	यांत्रिक तुलनित्र (Mechanical Comparator)	विद्युत तुलनित्र (Electrical Comparator)
1.	इनमें चल पुर्जों (moving parts) की संख्या अधिक होती है।	इनमें चल पुर्जों की संख्या कम होती है।
2.	इनमें घर्षण व घिसाव अधिक होने के कारण यथार्थता कम होती है।	इनमें घर्षण व घिसाव कम होने के कारण अधिक यथार्थता होती है।
3.	इन्हें विद्युत ऊर्जा की अवश्यकता नहीं होती है, इसलिए ये वोल्टेज, आवृत्ति के परिवर्तन से अप्रभावित रहते हैं।	ये विद्युत ऊर्जा के द्वारा ही संचालित होते हैं, इसलिए वोल्टेज, आवृत्ति के परिवर्तन से प्रभावित हो जाते हैं।
4.	ये यन्त्र हल्के, उठाने में आसान तथा सस्ते होते हैं। इन्हें आसानी से एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाया जा सकता है। ये सस्ते होते हैं।	चूँकि ये यन्त्र विद्युत ऊर्जा से कार्य करते हैं, इसलिए इन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाना आसान नहीं होता है। ये अपेक्षाकृत महँगे होते हैं।
5.	जड़त्व के कारण ये यन्त्र कम्पनों के प्रति संवेदनशील होते हैं।	सूचक के हल्के होने के कारण कम्पनों के प्रति असंवेदनशील।
6.	स्थिर स्केल के कारण परास अपरिवर्तित रहता है।	इनका परास बड़ा होता है।

5 सतह फिनिश
Surface Finish

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ले किसे कहते हैं?

उत्तर किसी सतह की मशीनिंग के उपरान्त प्राप्त सबसे अधिक स्पष्ट सतह के पैटर्न को ले कहते हैं।

प्रश्न 2. सर्फेस तैयारी किसे कहते हैं?

उत्तर लट्ठों की सतहों से सभी अशुद्धियों को हटाने की प्रक्रिया को सर्फेस तैयारी कहते हैं।

प्रश्न 3. सैम्पलिंग लम्बाई किसे कहते हैं?

उत्तर किसी रुक्ष प्रोफाइल की वह लम्बाई, जो रुक्षता की गणना करने के लिए आवश्यक होती है, सैम्पलिंग लम्बाई कहलाती है।

प्रश्न 4. सुपर फिनिशिंग किसके द्वारा की जाती है?

उत्तर होनिंग के ही समान बॉण्डेड एब्रेसिव स्टोन के द्वारा सुपर फिनिशिंग की जाती है।

प्रश्न 5. किसी सतह की रुक्षता को किस प्रकार महसूस किया जा सकता है?

उत्तर स्पर्श करके अथवा किसी नुकीली वस्तु को सतह पर रगड़ने से उत्पन्न आवाज को सुनकर।

प्रश्न 6. माध्य रेखा से माध्य विचलन किस सूत्र द्वारा निकाला जाता है?

उत्तर माध्य रेखा से माध्य विचलन, $R_a = \dfrac{h_1 + h_2 + h_3 + \ldots\ldots + h_n}{n}$

प्रश्न 7. दो समतल प्लेट संधारित्र की धारिता का सूत्र लिखिए।

उत्तर $C = \dfrac{AE_0}{d}$, जहाँ A = प्लेटों का क्षेत्रफल, E_0 = वायु की विद्युतशीलता तथा d = प्लेटों के बीच की दूरी है।

प्रश्न 8. वायवीय मापन विधि किसे कहते हैं?

उत्तर यह विधि मृदु पदार्थों कागज, लकड़ी इत्यादि सतहों की रुक्षता मापन में अधिक उपयोगी है। रुक्षता मापन की इस विधि को एयर लीकेज भी कहते हैं।

प्रश्न 9. रुक्षता का संख्यात्मक मान ज्ञात करने की विधियाँ बताइए।

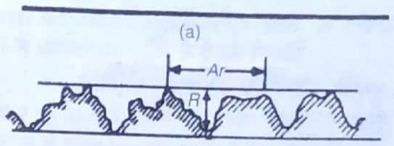
उत्तर इन्टरसेक्शन विधि, इन्टरफीयरैन्स विधि, स्टाइलस विधि, न्यूमैटिक मापन विधि तथा पर्थेन् कण्डेन्सर विधि आदि।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. सतह रुक्षता को समझाइए।

उत्तर किसी भी मशीन की सतह पर कुछ-न-कुछ अपूर्णताएँ (imperfections) सदैव पायी जाती हैं। ये अपूर्णताएँ सतह पर शीर्ष व गड्ढों के रूप में पायी जाती हैं। शीर्ष व गड्ढों की ऊँचाई तथा दूरी एकसमान नहीं होती है। सतह का यह स्वरूप (texture) प्रत्येक मशीनिंग प्रक्रम का एक विशेष चारित्रिक गुण होता है। यदि सिंगल प्वॉइंट कटिंग टूल (single point cutting tool) से मशीनिंग की गयी है तो सतह की रुक्षता एकसमान तथा निश्चित दिशा में होती है, सिलिंड्रिकल ग्राइडिंग प्रक्रिया के फलस्वरूप प्राप्त मशीन सतह पर रुक्षता अनियमित परन्तु निश्चित दिशा में होती हैं जबकि बोरिंग व लैपिंग के पश्चात् सतह रुक्षता अनियमित तथा दिशाहीन होती है। इसलिए प्रत्येक मशीनिंग प्रक्रम की सतह रुक्षता का अपना अलग ढंग होता है। इसके अतिरिक्त मशीनिंग संक्रिया की कमियों के कारण भी सतह रुक्षता

उत्पन्न होती है, इसलिए किसी भी मशीन सतह के रुक्षता के पीछे विभिन्न प्रकार की अनियमितताओं तथा मशीनिंग संक्रिया की कमियों का मिला जुला असर होता है।



चित्र 5.1

किसी सतह की मशीनिंग के उपरांत प्राप्त सबसे अधिक स्पष्ट सतह के पैटर्न (predominant surface pattern) को 'ले' (lay) कहते हैं। सतह की रुक्षता का मापन सदैव 'ले' की लम्बवत् दिशा में किया जाता है। जब मापन-यन्त्र का स्टाइलस (stylus) रुक्ष सतह पर शीर्ष व गड्ढों को स्पर्श करता है तो प्राप्त ग्राफ पर शीर्ष व गड्ढे 50,000 गुना बड़े दिखायी देते हैं तथा जितनी लम्बाई में प्रेक्षण लिया गया है, वह लगभग 300 गुना बड़ी दिखायी देती है। इस ग्राफ की सहायता से अनियमितताओं की कुल ऊँचाइयाँ ज्ञात की जाती हैं। चित्र 5.1 में सतह रुक्षता दर्शायी गयी हैं। यदि दो क्रमागत शीर्ष के मध्य की दूरी उन शीर्ष के मध्य स्थित गड्ढे की ऊँचाई से 20 गुना से कम है तो सतह रुक्ष कही जाती है, देखे चित्र 5.1(b)। यदि शीर्ष से गड्ढों की ऊँचाई तथा उनके मध्य की दूरी अत्यंत छोटी है तो सतह चिकनी कही जाती है, देखें आदर्श सतह चित्र 5.1(a)।

प्रश्न 2. सतह रुक्षता को प्रभावित करने वाले कारकों का वर्णन कीजिए। (2011, 13)

***अथवा* सतह-सज्जा को प्रभावित करने वाले अंशों का वर्णन कीजिए।** (2017)

उत्तर किसी उत्पादन प्रक्रम में निम्नलिखित कारक उत्पाद की सतह रुक्षता को प्रभावित करते हैं—

1. मशीन में उत्पन्न होने वाले कम्पन उत्पाद की सतह को रुक्ष बनाते हैं।
2. यदि मशीन के विभिन्न प्राचल; जैसे—स्पीड, फीड व डेप्थ ऑफ कट कार्यखण्ड के पदार्थ के अनुकूल नहीं हैं तो सतह रुक्षता बढ़ जाती है।
3. यदि मशीन का चयन, कटिंग टूल का चयन या मशीनिंग का प्रकार सही सामंजस्य में नहीं है तो रुक्षता की संभावना बढ़ जाती है।
4. मशीन, फिक्स्चर, टूल तथा कार्यखण्ड में से किसी की दृढ़ता (rigidity) कम होने पर सतह रुक्ष बनती है।
5. कटिंग टूल की तीक्ष्णता (sharpness) कम होने पर सतह रुक्ष बनती है।
6. कूलेंट का समुचित प्रयोग न करने पर सतह रुक्ष हो जाती है।
7. पदार्थ की कठोरता कम होने पर सतह रुक्ष बनती है।

प्रश्न 3. सतह रुक्षता का उसके कार्य गुणों पर पड़ने वाले प्रभाव का वर्णन कीजिए। (2012)

***अथवा* धरातल गुणों का कार्यात्मक गुणों पर असर, पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।** (2015)

उत्तर प्रत्येक उत्पादन में कुछ-न-कुछ सतह रुक्षता आ जाती है जिन्हें सदैव कम करने का प्रयास किया जाता है। परन्तु ऐसा करने से पहले किसी अवयव के कार्य (functions) तथा मेटिंग पार्ट (mating part) के साथ 'फिटमेंट' की जानकारी अवश्य होनी चाहिए। इसलिए किसी अवयव की सतह रुक्षता उसके द्वारा किए जाने वाले कार्य पर निर्भर करती है—

1. ब्रेक ड्रम तथा क्लच प्लेट तभी दक्षता के साथ कार्य कर सकती है, जबकि उनमें निश्चित रुक्षता अवश्य हो।
2. हीट एक्सचेंजर ट्यूब (heat exchanger tube) द्वारा ऊष्मा स्थानांतरण तभी अधिक होता है जब वे कुछ रुक्ष हों।
3. कनेक्टिंग रॉड के दोनों छिद्र अत्यंत चिकने होने चाहिए अन्यथा छिद्र तथा पिस्टन पिन व क्रैंक पिन के मध्य डाली गयी रोलर बियरिंग शीघ्र ही आवाज करने लगेगी।
4. ऐसे अवयव जिन पर लगने वाला भार विपरीत दिशा में भी लगता है; जैसे— कनेक्टिंग रॉड, उनकी सतह रुक्ष होने पर गड्ढों में प्रतिबल उत्पन्न होता है जिसके फलस्वरूप फटीग क्रैक (fatigue crack) के कारण अवयव विफल हो सकता है।
5. 4 S इंजन के 'वाल्व' तथा 'वाल्व सीट' चिकनी होनी चाहिए अन्यथा 'लीकेज' का संशय बन जाता है।
6. उच्च घूर्णन गति करने वाले अवयव तथा बुश व बियरिंग अत्यंत चिकने होने चाहिए अन्यथा चलने के दौरान 'सीटी' (whistle) की आवाज आती है।

प्रश्न 4. सतह अनियमितता (Surface irregularity) को समझाइए। मशीन सतह की अनियमितताओं को कितने भागों में बाँटा जा सकता है ? वर्णन कीजिए। (2017)

अथवा **तरंगिता का वर्णन कीजिए।**

उत्तर किसी सतह की रुक्षता देखकर या स्पर्श कर अनुभव प्राप्त करने वाली राशि है। हालाँकि इसे परिभाषित करना आसान तो नहीं है, फिर भी हम जानते हैं कि मशीनिंग संक्रिया वास्तव में एक 'चिप निकालने' (chip removal) की प्रक्रिया है जो किन्हीं कारणों से आदर्श नहीं हो पाती है। यह पूरी तरह से डिजाइनर (designer) का विवेक है किसी अवयव की किस विमा पर सतह रुक्षता का मान कितना रहे। मशीन सतह की ज्यामितीय अनियमितताएँ (geometrical irregularities) को उनके कारणों के आधार पर निम्न चार वर्गों में बाँटा जाता है—

प्रथम श्रेणी First Order मशीनिंग संक्रिया मे प्रथम श्रेणी की सतह अनियमितता निम्न स्थितियों में उत्पन्न होती हैं, जब

(i) कटिंग टूल यथार्थ न हों,

(ii) मशीन के गाइड वे (guide way) सीधे न हों,

(iii) मशीन संरेखन (machine alignment) त्रुटिपूर्ण हो,

(iv) कटिंग बलों के कारण कार्यखण्ड विकृत हो जाए तथा

(v) स्वयं के भार के कारण कार्यखण्ड विकृत हो जाए।

द्वितीय श्रेणी Second Order मशीनिंग संक्रिया में द्वितीय श्रेणी की सतह अनियमितता किसी भी प्रकार के कम्पनों (vibrations) के फलस्वरूप उत्पन्न होती है। इस अनियमितता में मशीन सतह पर चैटर के निशान (chatter marks) बन जाते हैं। चैटर आने के बाद मशीन सतह पर दरारों के निशान उभर आते हैं।

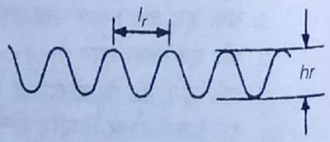
तृतीय श्रेणी Third Order माना मशीन पूरी तरह से आदर्श (perfect) है तथा किसी प्रकार के कम्पन भी नहीं है, फिर भी मशीन सतह पर कुछ-न-कुछ अनियमितता आ जाती है। प्रत्येक मशीनिंग संक्रिया की कुछ विशेष ढंग की अनियमितताएँ वास्तव में उस संक्रिया का स्वाभाविक गुण होता है जिन्हें दूर नहीं किया जा सकता है। उदाहरण के तौर पर टर्निंग संक्रिया में उत्पादन फीड के निशान (feed marks) इत्यादि।

चतुर्थ श्रेणी Fourth Order इस प्रकार की सतह अनियमितता तब उत्पन्न होती है जब मशीनिंग प्रक्रिया में चिप निकलते समय कार्यखण्ड वहीं पर टूट (rupture) जाए।

मशीन सतह की उपरोक्त अनियमितताएँ को दो भागों में बाँटा जा सकता है—(i) प्राइमरी टेक्स्चर-रुक्षता तथा (ii) तरंगता या द्वितीयक टेक्स्चर।

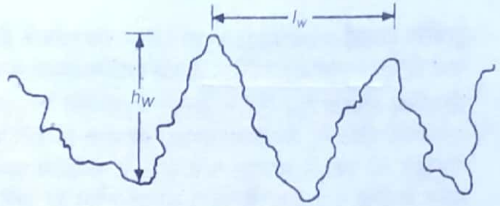
(i) **प्राइमरी टेक्स्चर-रुक्षता** Primary Texture-Roughness इस वर्ग में छोटी तरंगदैर्घ्य की अनियमितताएँ सम्मिलित की जाती हैं जो कटिंग टूल के कारण घर्षण, घिसाव इत्यादि कारणों से उत्पन्न होती हैं। मुख्य रूप से छोटी तरंगदैर्घ्य की यह रुक्षता फीड के निशान के कारण उत्पन्न होती है जो किसी संक्रिया का स्वाभाविक गुण होता है, इसलिए इनमें तृतीय तथा चतुर्थ श्रेणी की अनियमितताएँ सम्मिलित होती हैं। इन्हें माइक्रो ज्यामितीय अनियमितता (micro geometrical irregularity) भी कहते हैं।

यदि l_r सतह पर दो क्रमागत शीर्ष को दूरी तथा h_r क्रमागत शीर्ष व गड्ढे की ऊँचाई हो तो प्राइमरी टेक्स्चर में l_r/h_r का अनुपात 50 से कम होता है।



चित्र 5.2 रुक्षता

(ii) **सेकण्डरी टेक्स्चर-तरंगता** Secondary Texture-Waviness इस वर्ग में अपेक्षाकृत बड़ी तरंगदैर्घ्य की अनियमितताएँ सम्मिलित की जाती हैं। ये निश्चित अंतराल पर पुन: प्रदर्शित होती हैं। ये अनियमितताएँ मशीन गाइड-वे के सीधे न होने, मशीन का संरेखन ठीक न होने, कार्यखण्ड के विकृत हो जाने तथा कम्पन इत्यादि कारणों से उत्पन्न होती हैं। इसलिए इनमें प्रथम तथा द्वितीय श्रेणी की अनियमितताएँ सम्मिलित होती हैं, इन्हें मैक्रो ज्यामितीय अनियमितता (macro geometrical irregularity) कहते हैं। यदि l_w सतह पर दो क्रमागत शीर्ष की दूरी तथा h_w क्रमागत शीर्ष व गड्ढे की ऊँचाई हो तो सेकण्डरी टेक्स्चर में l_w/h_w का अनुपात 50 से अधिक होता है।

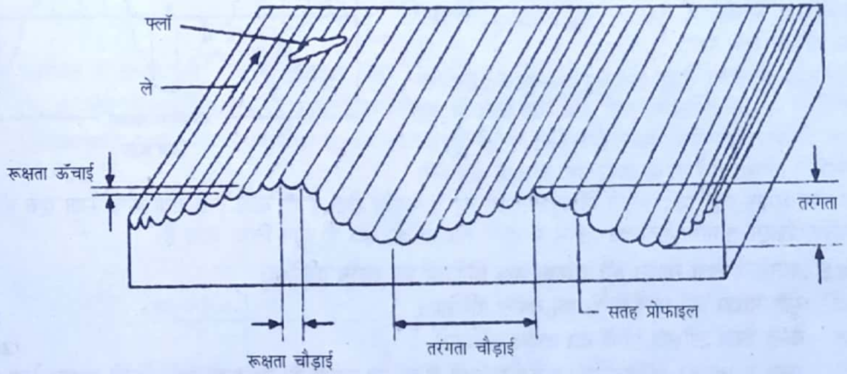


चित्र 5.3 तरंगता

हालाँकि कोई भी मशीन सतह इन दोनों टेक्स्चरों का संयोजन होती है। छोटी तरंगदैर्घ्य की रुक्षता बड़ी तरंगदैर्घ्य की तरंगता पर अध्यारोपित (superposed) रहती है जिसके फलस्वरूप अंतिम सतह प्राप्त होती है।

प्रश्न 5. सतह रुक्षता के अवयवों का वर्णन कीजिए।

उत्तर किसी सतह की रुक्षता के विभिन्न अवयव एक उच्च आवर्धित चित्र की सहायता से प्रदर्शित किए गए हैं—



चित्र 5.4 सतह रुक्षता के अवयव

सतह Surface किसी सतह की सीमाओं से घिरा स्थान जो अन्य सतहों तथा अवयव से अलग होता है।

वास्तविक सतह Actual Surface किसी अवयव की वह सतह जिस पर वास्तविक रूप में मशीनिंग की गयी है।

प्रभावी सतह Effective Surface सैद्धांतिक रूप में ऐसी आदर्श सतह जो वास्तव में किसी सतह का प्रतिनिधित्व करती है।

प्रोफाइल Profile सतह की किसी काट का आकार (contour) प्रोफाइल कहलाता है।

सतह टेक्स्चर Surface Texture किसी सतह पर पुनरावृत्ति करने वाला पैटर्न उस सतह का टेक्स्चर कहलाता है।

सतह रुक्षता Surface Roughness सतह पर पास-पास स्थित अनियमितताएँ जिन्हें माइक्रो ज्यामितीय त्रुटियाँ भी कहते हैं, ये किसी भी उत्पादन प्रक्रम के स्वाभाविक गुण को प्रदर्शित करते हैं।

प्राइमरी टेक्स्चर Primary Texture इसे ही सतह की रुक्षता कहते हैं।

सेकेण्डरी टेक्स्चर Secondary Texture सतह पर पुनरावृत्ति के कारण उत्पन्न तरंगता को सेकण्डरी टेक्स्चर कहते हैं।

रुक्षता ऊँचाई Roughness Height यह रुक्ष सतह पर काल्पनिक केन्द्र रेखा से माइक्रो ज्यामितीय अनियमितता की औसत ऊँचाई होती है।

रुक्षता चौड़ाई Roughness Width यह सतह के समान्तर दो क्रमागत शीर्ष के मध्य की दूरी होती है।

तरंगता Waviness सतह की वे अनियमितताएँ जिनकी चौड़ाई रुक्षता चौड़ाई से अधिक होती है।

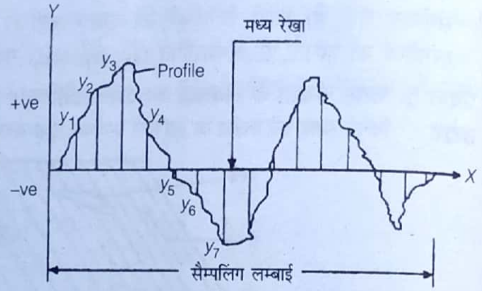
फ्लो Flaw सतह की वे अनियमितताएँ जो अनियमित अंतराल पर किसी एक स्थान पर उत्पन्न होती हैं, फ्लो कहलाती हैं; उदाहरणार्थ—स्क्रैच (scratch), क्रैक (crack)।

ले Lay सबसे अधिक स्पष्ट सतह के पैटर्न (predominant surface pattern) की दिशा को 'ले' कहते है। ले की दिशा उत्पादन प्रक्रम पर निर्भर करती है। मशीन सतह की रुक्षता 'ले' की दिशा के सदैव लम्बवत् नापी जाती है।

ट्रेवर्सिंग लम्बाई Traversing Length किसी रुक्ष सतह के प्रोफाइल की वह लम्बाई जो रुक्षता ज्ञात करने के लिए प्रयोग की जाती है, ट्रेवर्सिंग लम्बाई कहलाती है। एक ट्रेवर्सिंग लम्बाई में एक या एक से अधिक सैम्पलिंग लम्बाइयाँ सम्मिलित होती हैं।

सैम्पलिंग लम्बाई Sampling Length किसी रुक्ष प्रोफाइल की वह लम्बाई, जो रुक्षता की गणना करने के लिए आवश्यक होती है, सैम्पलिंग लम्बाई कहलाती है। इसे 'कट-ऑफ लम्बाई' (cut-off length) भी कहते हैं। यह प्रोफाइल की दशा में समान्तर नापी जाती हैं। सैम्पलिंग लम्बाई उत्पादन प्रक्रम पर निर्भर करती है। अधिकतर उत्पादन प्रक्रम के लिए 0.8 mm सैम्पलिंग लम्बाई प्रयोग की जाती है। यदि सतह पर तरंगता अधिक है तो 25 mm तक की सैम्पलिंग लम्बाई प्रयोग की जाती है।

प्रोफाइल की मध्य रेखा Mean Line of Profile यह किसी रुक्षता की प्रभावी प्रोफाइल को काटने वाली एक रेखा होती है। यह रेखा प्रोफाइल को इस प्रकार विभाजित करती है कि सैम्पलिंग लम्बाई में प्रोफाइल बिन्दुओं तथा मध्य रेखा के बीच की दूरी $y_1, y_2, y_3, ...$ के वर्गों का योग न्यूनतम रहता है।



चित्र 5.5

प्रोफाइल की केन्द्र रेखा Centre Line of Profile यह प्रोफाइल के समान्तर खींची गयी एक रेखा होती है। यह रेखा प्रोफाइल को इस प्रकार विभाजित करती है कि सैम्पलिंग लम्बाई में रेखा के ऊपर तथा नीचे के क्षेत्रफलों का योग समान रहे। यदि रुक्षता प्रोफाइल तरंग की पुनरावृत्ति होती है तो मध्य रेखा तथा केन्द्र रेखा एक ही होती है, इसलिए किसी सामान्य उत्पादन प्रक्रम में दोनों रेखाओं का एक ही मान लिया जाता है।

प्रश्न 6. सतह रुक्षता मापन की संख्यात्मक विधियों का वर्णन कीजिए।

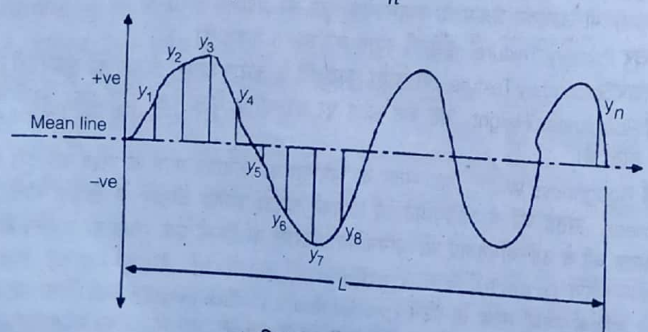
अथवा **मूल माध्य वर्ग मान विधि का वर्णन कीजिए।** **(2012)**

अथवा **केन्द्र रेखा औसत विधि का वर्णन कीजिए।** **(2012,14)**

उत्तर सतह रुक्षता की आंकिक गणना कई विधियों से की जा सकती है। यह सभी विधि किसी आधार रेखा (datum line) के सापेक्ष रुक्षता का मान बताते हैं। कुछ महत्त्वपूर्ण विधियाँ निम्नलिखित हैं—

1. **मूल माध्य वर्ग मान** Root Mean Square Value or R.M.S. Value सतह रुक्षता मापन के R.M.S. विधि में प्रोफाइल की कोटियों (ordinates) के वर्गों के माध्य का वर्गमूल सतह की रुक्षता का मान होता है। चित्र 5.6 में प्रोफाइल की 'L' लम्बाई को 'n' बराबर भागों में बाँट लिया गया है। प्रोफाइल की कोटियाँ बिन्दु 1, 2, 3,.... द्वारा दिखायी गयी हैं। कोटियों की ऊँचाई $y_1, y_2, y_3, ...y_n$ है। अतः सतह रुक्षता का R.M.S. मान,

$$y_{rms} = \sqrt{\frac{y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + ... + y_n^2}{n}}$$



चित्र 5.6 R.M.S मान

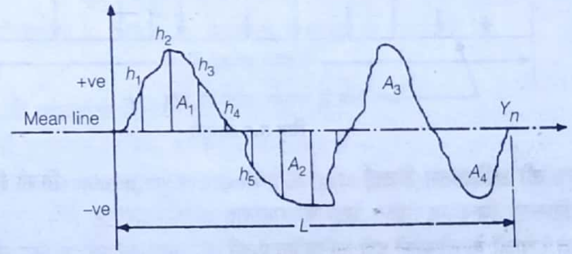
2. **केन्द्र रेखा औसत विधि** Centre Line Average Method or C.L.A. Value सतह रुक्षता मान की C.L.A. विधि R.M.S. विधि की अपेक्षा अधिक प्रयोग की जाती है; क्योंकि C.L.A. विधि की गणना अपेक्षाकृत आसानी से की जा सकती है। इस विधि के अनुसार सतह रुक्षता के प्रोफाइल को 'n' बराबर भागों में बाँट लिया जाता है। माध्य रेखा से सभी बिन्दुओं की ऊँचाइयों का औसत C.L.A. मान प्रदर्शित करता हैं, जबकि ऊँचाइयाँ सदैव धनात्मक (+ve) ली गयी हों। अतः

$$\text{G.L.A. मान} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + ... + h_n}{n}$$

उपरोक्त विधि में एक कमी यह संभव है कि यदि अधिक ऊँचाई वाला बिन्दु दो भागों के बीच में पड़ता है तो वह गणना में छूट जाता है। इसलिए उपरोक्त विधि से सही रुक्षता पता न लगने का संशय बना रहता है। इस कमी को दूर करने के लिए प्लानीमीटर का प्रयोग किया जाता है जिससे किसी ग्राफ का क्षेत्रफल ज्ञात किया जा सकता है। यदि माध्य रेखा की 'L' लम्बाई पर प्रोफाइल के क्षेत्रफलों के मान A_1, A_2, A_3, A_4 हैं तो

$$\text{C.L.A. मान} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{L}$$

उपरोक्त में क्षेत्रफल के मान भी धनात्मक लिए जाते हैं। यह मान माइक्रॉन में ज्ञात किया जाता है। C.L.A. मान, जिसमें प्रोफाइल की ऊँचाइयों का औसत निकाला जाता है, उसे माध्य रेखा से प्रोफाइल का विचलन (arithmetic mean deviation from mean line) भी कहते हैं। इसे R_a से प्रदर्शित करते हैं। अतः सतह रुक्षता का R_a मान,

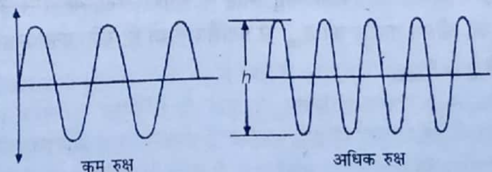


चित्र 5.7 C.L.A मान

$$R_a = \frac{1}{n}\int_0^L |h| \cdot dx$$

सतह रुक्षता का R_a मान व्यापक रूप में प्रयोग किया जाता है। चूँकि R_a एक औसत मान होता है, इसलिए दो भिन्न रुक्ष सतहों के R_a मान समान भी हो सकते हैं।

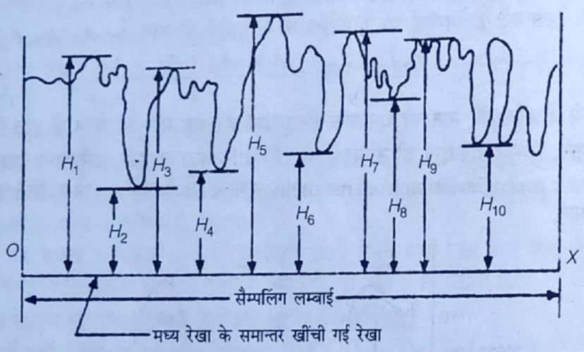
3. **अधिकतम शीर्ष से गर्त की ऊँचाई** Height of Valley from Maximum Peak किसी दिए गए सैम्पलिंग लम्बाई में उच्चतम शीर्ष की गर्त से ऊँचाई को सतह रुक्षता कहते हैं। इसे R_t से प्रदर्शित करते हैं। चित्र 5.8 में कम रुक्ष तथा अधिक रुक्ष सतहें दर्शायी गयी हैं। रुक्षता के इस मापन में दोनों की रुक्षता R_t समान प्राप्त हो सकती है। सतह रुक्षता का यह मान आसान होता है तथा इसमें कम व्यय आता है।



चित्र 5.8 R_t मान

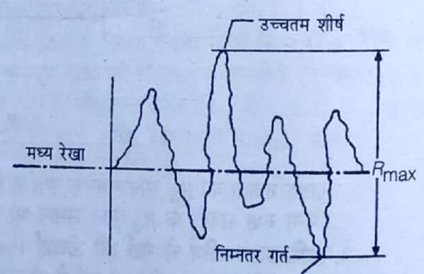
4. **अनियमितताओं के दस बिन्दुओं की ऊँचाई** Height of Ten Points of Irregularities किसी रुक्षता प्रोफाइल के समान्तर एक ऐसी रेखा खींचते हैं जो प्रोफाइल को कहीं भी न काटे। अब प्रोफाइल के पाँच उच्चतम बिन्दुओं की ऊँचाई उस समान्तर रेखा से ज्ञात कर लेते हैं। इसके पश्चात् प्रोफाइल के पाँच निम्नतम बिन्दुओं की भी ऊँचाई उस रेखा से ज्ञात कर लेते हैं। इस प्रकार 10 बिन्दुओं की ऊँचाइयाँ ज्ञात हो जाती हैं। अब दी गयी सैम्पलिंग लम्बाई में पाँच उच्चतम तथा पाँच निम्नतम बिन्दुओं के अंतर का औसत, अनियमितता के दस बिन्दुओं की ऊँचाई कहलाती है। इसे R_z से प्रदर्शित करते है। चित्र 5.9 के अनुसार उच्चतम बिन्दुओं की ऊँचाई H_1, H_3, H_5, H_7 व H_9 तथा निम्नतम बिन्दुओं की ऊँचाई H_2, H_4, H_6, H_8 व H_{10} हैं; अत:

$$R_z = \frac{(H_1 + H_3 + H_5 + H_7 + H_9) - (H_2 + H_4 + H_6 + H_8 + H_{10})}{5}$$



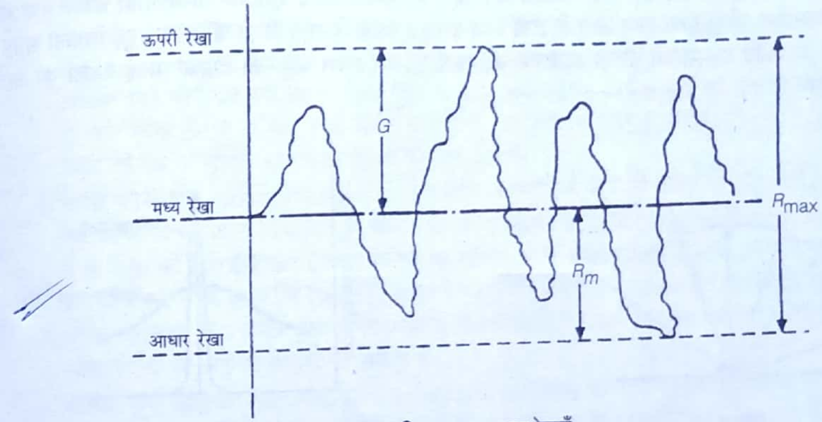
चित्र 5.9 R_z मान

5. **अनियमितता की अधिकतम ऊँचाई** Maximum Height of Irregularity किसी दिए प्रोफाइल में उच्चतम बिन्दु तथा निम्नतम बिन्दु पर माध्य रेखा के समान्तर खींची गयी दो रेखाओं के बीच की दूरी अनियमितता की अधिकतम ऊँचाई कहलाती है। इसे R_{max} से प्रदर्शित करते हैं। किसी भी मशीनिंग प्रक्रम में R_{max} को न्यूनतम स्तर पर रख पाना कठिन कार्य होता है। शॉक एब्जॉर्बर उद्योगों में अवयव पर R_a सतह रुक्षता के साथ R_{max} पर भी ध्यान दिया जाता है।



चित्र 5.10 R_{max} मान

6. **रुक्षता की औसत गहराई** Average Depth of Roughness किसी रुक्षता प्रोफाइल की आधार रेखा (base line) से मध्य रेखा के बीच की दूरी को रुक्षता की औसत गहराई कहते हैं। यह किसी धातु सतह पर आधार रेखा के ऊपर उपलब्ध धातु की औसत ऊँचाई बताती है। रुक्षता की औसत गहराई को R_m से प्रदर्शित कहते हैं। यदि सतह रुक्षता मध्य रेखा के दोनों ओर एक ही जैसी हो तो $R_m = R_{max}/2$.



चित्र 5.11 रुक्षता रेखाएँ

7. **सतह का चिकनापन** Smoothness of Surface किसी रुक्षता प्रोफाइल की ऊपरी रेखा (envelope line) तथा मध्य रेखा के बीच की दूरी को सतह के चिकनेपन की माप कहते हैं। इसे G से प्रदर्शित करते हैं। सतह के चिकनेपन के लिए G का मान कम होना चाहिए। किसी रुक्ष सतह का G का मान ऊपरी सतह तथा माध्य रेखा के बीच औसत दूरी दर्शाती है। चित्र 5.11 के संदर्भ में लिखा जा सकता है कि

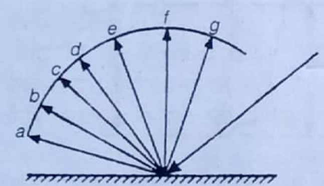
$$\boxed{G = R_{max} - R_m}$$

प्रश्न 7. रुक्षता मापन की गुणात्मक विधियों का वर्णन कीजिए।

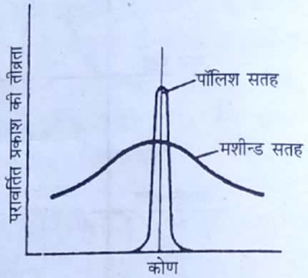
उत्तर रुक्षता मापन की गुणात्मक विधियों का वर्णन निम्नांकित है—

1. **स्पर्श विधि** Touch Method सतह रुक्षता के शीर्ष बिन्दुओं (peak points) की ऊँचाई का अनुभव किया जा सकता है, वरन् उन शीर्ष बिन्दुओं के मध्य 3 mm की दूरी हो। किसी व्यक्ति के कम्पनों के प्रति संवेदिता बहुत अधिक होती है। इसी आधार पर रुक्षता का मापन सतह पर अँगुली के नाखून को फिराकर या टेबल टेनिस की गेंद को फिराकर किया जा सकता है। यदि सतह पर अँगुली को 25 से 50 mm/s की गति से सरकाया जाए। हालाँकि सतह रुक्षता का निर्णय लेने से किसी ऐसी सतह को स्पर्श करना चाहिए जिसकी रुक्षता पहले से ज्ञात हो तो इस विधि से 0.01 mm तक की अनियमितता का अनुभव किया जा सकता है।
2. **दृश्य विधि** Visual Inspection सामान्य परिस्थितियों में उच्च फिनिश सतहों को आँखों से देखकर रुक्षता का अनुमान लगाना कठिन होता है। यह निरीक्षण सतह पर डाले गए प्रकाश की तीव्रता तथा तरंगदैर्घ्य पर भी निर्भर करता है। यदि किसी रुक्ष सतह पर straight edge को रखकर प्रकाश में देखा जाए तो 0.5 µm तक की रुक्षता गहराई को देखा जा सकता है।
3. **स्क्रैच विधि** Scratch Method इस विधि में मृदु पदार्थ; जैसे—प्लास्टिक (plastic), लैड (lead) अथवा बैबिट (babit) को रुक्ष सतह पर रगड़ा जाता है। इसके फलस्वरूप पदार्थ पर स्क्रैच के निशान आ जाते हैं जिन्हें देखकर रुक्षता का अनुमान लगाया जा सकता है।
4. **परावर्तन विधि** Reflection Method जब किसी चिकनी सतह पर प्रकाश आपतित होता है, तब वह परावर्तन के नियम का पालन करते हुए परावर्तित हो जाता है। परावर्तित प्रकाश की तीव्रता किसी निश्चित कोण पर अधिकतम होती है जिसका मान आपतन कोण के बराबर होता है। यदि प्रकाश किसी रुक्ष सतह पर आपतित हो, तो प्रकाश विभिन्न कोण पर परावर्तित हो जाता है, देखें चित्र 5.12। उस परावर्तित किरण की तीव्रता अधिकतम होती है जिसका परावर्तन कोण आपतन कोण के बराबर होता है। अर्द्धचालक युक्ति फोटोमीटर

(फोटो-इलेक्ट्रिक सेल) द्वारा विभिन्न परावर्तन कोण पर प्रकाश तीव्रता ज्ञात कर ली जाती है। तीव्रता तथा कोण के मध्य एक चौड़ा ग्राफ प्राप्त होता है, देखे चित्र 5.13 । इसके विपरीत किसी पॉलिश की हुई चिकनी सतह के लिए परावर्तित प्रकाश की तीव्रता अचानक बढ़ जाती है। इस प्रकार ग्राफ को देखकर सतह रुक्षता का अच्छा अनुमान लगाया जा सकता है।

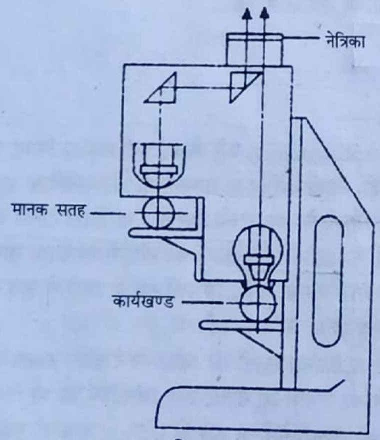


चित्र 5.12

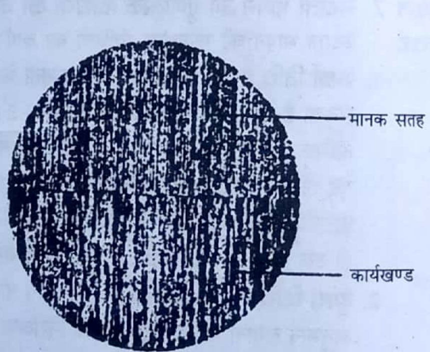


चित्र 5.13

5. **सूक्ष्मदर्शी निरीक्षण** Microscope Inspection सतह रुक्षता के निरीक्षण की यह सबसे उत्तम विधि है। इसमें मानक सतह तथा कार्यखण्ड को एक साथ माइक्रोस्कोप पर देखा जाता है। एक साथ देखकर कार्यखण्ड की रुक्षता के विषय में निर्णय ले लिया जाता है।



चित्र 5.14 माइक्रोस्कोप



चित्र 5.15 सतहों की तुलना

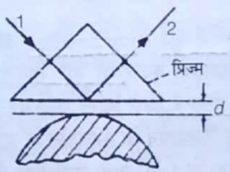
चित्र 5.14 में एक तुलनात्मक माइक्रोस्कोप दिखाया गया है कि किस तरह वह कार्यखण्ड की रुक्षता की तुलना मानक सतह से की जा रही है। चित्र 5.15 में दोनों सतहों का दृश्य दिखलाया गया है जिसे देखकर रुक्षता का अनुमान आसानी से लगाया जा सकता है।

6. **सूक्ष्म व्यतिकरणमापी** Micro Interferometer इस विधि में रुक्ष सतह के ऊपर एक 'ऑप्टिकल फ्लैट' (optical flat) रख दिया जाता है तथा उसे एक-वर्णीय प्रकाश स्रोत से प्रतिदीप्त किया जाता है। माइक्रोस्कोप की सहायता से व्यतिकरण पट्टियों (interference bands) का अध्ययन किया जाता है। सतह की रुक्षता (स्क्रैच) हमें दीप्त-अदीप्त पट्टियों के रूप में दिखायी पड़ती है। रुक्षता की गहराई प्रकाश की तरंगदैर्घ्य के रूप में ज्ञात हो जाती है।

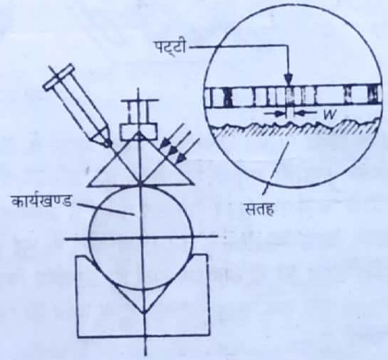
7. **वैलेस सतह डायनेमोमीटर** Wallace Surface Dynamometer वैलेस एक प्रकार का घर्षण मीटर (friction meter) है। इसमें एक लोलक (pendulum) होता है जिसमें टेस्टिंग शूज (testing shoes), बियरिंग सतह (bearing surface)से बद्ध रहते हैं। टेस्टिंग शूज पर ज्ञात स्प्रिंग बल लगाया जाता है। इस विधि में लोलक को दोलन आरम्भ करने की स्थिति तक उठाकर छोड़ दिया जाता है। अब लोलक दोलन करते हुए रुक्ष सतह पर स्पर्श करता है। यदि सतह की रुक्षता कम है तो घर्षण कम होगा तथा लोलक अधिक समय तक दोलन करता रहेगा। इस प्रकार लोलक का दोलन काल सतह रुक्षता की माप देता है।

8. **सतह फोटोग्राफ** Surface Photograph इस विधि में सतह को विभिन्न प्रकार से प्रतिदीप्त (illuminated) कर आवर्धित फोटोग्राफ लिए जाते हैं। यदि सतह को ऊर्ध्वाधर प्रतिदीप्त (vertical illuminated) किया जाता है तो सतह की अनियमितताएँ (रुक्षता के गर्त या स्क्रैच) काले धब्बों (dark spots) के रूप में दिखायी पड़ती है तथा चपटी सतहें चमकदार (bright) दिखायी पड़ती हैं। जब रुक्ष सतह पर तिरछा प्रकाश डाला जाता है तो रुक्षता चमकदार तथा चपटी सतह काले धब्बों के रूप में दिखायी पड़ती है। अतः विभिन्न फोटोग्राफ को देखकर सतह रुक्षता का अनुमान लगाया जा सकता है।

9. **बाधित पूर्ण परावर्तन** Disturbed Total Reflection जब किसी काँच के प्रिज्म की एक सतह पर चित्र 5.16 के अनुसार प्रकाश किरण [1] आपतित होती है तो वह पूर्ण रूप से परावर्तित [2] हो जाती है। यदि प्रिज्म के आधार के सम्पर्क में कोई धात्विक सतह लायी जाए तो पूर्ण परावर्तन बाधित हो जाता है जिससे दूरी 'd' पर बाधा उत्पन्न होती है, वह प्रकाश की तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करती है। प्रकाश की औसत तरंगदैर्घ्य 0.5 µm (5000 Å) होती है; इसलिए जब प्रिज्म कार्यखण्ड की सतह के सम्पर्क मे आता है तब सम्पर्क में आया क्षेत्रफल तथा सतह का वह क्षेत्रफल, जो प्रिज्म से 0.5 µm या इससे कम दूरी पर स्थित है, काली पट्टियों के रूप में दिखायी देने लगता है।



चित्र 5.16



चित्र 5.17

नेत्रिका द्वारा काली पट्टियों की चौड़ाई ज्ञात कर ली जाती है। काली पट्टियों की चौड़ाई प्रिज्म व कार्यखण्ड का सम्पर्क क्षेत्रफल दर्शाती है। किसी दी हुई लम्बाई 'L' में आने वाली समस्त काली पट्टियों की चौड़ाई का योग कर लिया जाता है। काली पट्टियों की कुल चौड़ाई तथा 'L' की अनुपात सतह की रुक्षता का मापन होता है।

प्रश्न 8. रुक्षता मापन की परिमाणात्मक विधियों के नाम बताइए।

उत्तर रुक्षता मापन की परिमाणात्मक विधियाँ निम्नांकित हैं—

1. प्रतिच्छेदन विधि (Intersection method), 2. व्यतिकरण विधि (Interference method),
3. स्टाइलस विधि (Stylus method),
4. वायवीय मापन विधि (Pneumatic measuring method) तथा
5. पर्थेन कन्डेन्सर विधि (Perthen condenser method)।

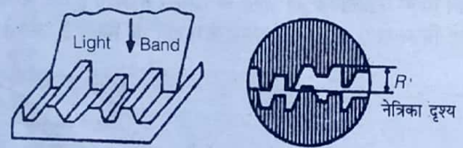
Scanned by CamScanner

प्रश्न 9. रुक्षता मापन की प्रतिच्छेदन विधि तथा स्टाइलस विधि का वर्णन कीजिए।

उत्तर 1. **प्रतिच्छेदन विधि** Intersection Method प्रतिच्छेदन विधि में कार्यखण्ड को उसकी सतह के लम्बवत् प्रतिच्छेदित (intersect) कर माइक्रोस्कोप में देखा जाता है। यह विधि निम्न दो प्रकार से पूर्ण की जाती है—

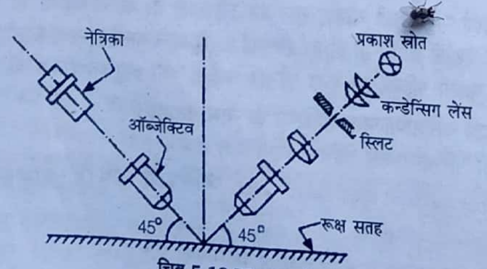
(i) **अनुप्रस्थ-काट विधि** Cross-section Method इस विधि में कार्यखण्ड को उसकी सतह के लम्बवत् काटा जाता है, परन्तु काटने के कारण सतह टेक्स्चर नष्ट हो जाता है। इससे बचने के लिए काटने से पहले कार्यखण्ड के ऊपर उसी कठोरता की एक सुरक्षात्मक परत, क्रोम प्लेटिंग या ह्वाइट मैटल चढ़ा दी जाती है। काटने के पश्चात् स्पेसीमेन (specimen) को पॉलिश किया जाता है, तत्पश्चात् माइक्रोस्कोप के नीचे रखकर अध्ययन किया जाता है। यह विधि यथार्थ होने के बाद भी कायखण्ड नष्ट होने, अधिक समय लगने तथा असुविधाजनक होने के कारण लोकप्रिय नहीं हुई। इससे बचने के लिए सेलुलॉयड (celluloid) या जिलेटिन (gelatine) से उस सतह की अनुकृति बना लेते हैं। इसकी पतली-सी फाँक (slice) काटकर माइक्रोस्कोप से निरीक्षण कर रुक्षता ज्ञात की जाती है।

(ii) **प्रकाश काट विधि** Light Section Method प्रकाश काट विधि सतह रुक्षता ज्ञात करने की अभंजन विधि (non-destruction method) है। इसमें रुक्ष सतह पर प्रकाश की पतली पट्टी (narrow band) डाली जाती है। प्रकाश व सतह के प्रतिच्छेदन से तैयार कन्टूर (contour) सूक्ष्मदर्शी से देखा जाता है। यदि आपतन कोण, परावर्तन कोण के समान होता है, तब दीप्त (bright) प्रतिच्छेदित कन्टूर (intersected contour) दिखायी पड़ता है। इसके विपरीत यदि आपतन कोण व परावर्तन कोण समान नहीं हैं तो कन्टूर अदीप्त (dark) दिखायी पड़ती है। ऑप्टिकल माइक्रोमीटर की सहायता से रुक्षता की अधिकतम गहराई 'R' ज्ञात कर ली जाती है।



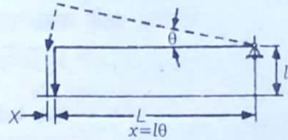
चित्र 5.18

2. **स्टाइलस विधि** Stylus Method रुक्षता मापन के लिए बहुत बारीक सुई (fine needle) का व्यापक प्रयोग किया जाने लगा है। बारीक सुई सतह की अनियमितताओं की गहराइयों को स्पर्श कर सकती है। रुक्षता की गहराइयों में जाना तथा बाहर निकलने में सुई में ऊर्ध्वाधर विस्थापन होता है जिसे किसी यन्त्र पर पढ़ा जाता है या फिर किसी 'ग्राफ' पर रिकॉर्ड कर लिया जाता है। सुई के ऊर्ध्वाधर विस्थापन के आवर्धन के साथ-साथ उसके क्षैतिज विस्थापन का भी आवर्धन होता है। ऊर्ध्वाधर विस्थापन 1,000 से 1,00,000 गुना तथा क्षैतिज विस्थापन 20 से 200 गुना तक आवर्धित कर लिया जाता है। किसी स्टाइलस मापन विधि की यथार्थता निम्न तथ्यों पर निर्भर करती है—

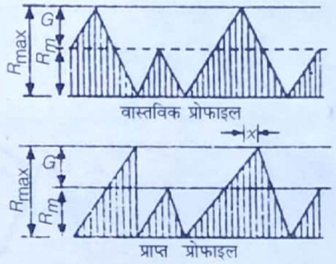


चित्र 5.19 डबल माइक्रोस्कोप

(i) **स्टाइलस हिंज** Stylus Hinge किसी स्टाइलस यन्त्र को इस प्रकार निर्मित किया जाता है कि स्टाइलस बिन्दु (stylus point) तथा वह बिन्दु जिसके सापेक्ष स्टाइलस घूमता है, दोनों सदैव रुक्षता प्रोफाइल की मध्य रेखा पर स्थित रहें। यह स्थिति चित्र 5.20 में डॉटेड रेखा से दर्शायी गयी है। यदि स्टाइलस बिन्दु आधार रेखा से R_m दूरी पर स्थित है तो उसका लीवर θ कोण पर घूम जाता है, इस कारण स्टाइलस बिन्दु का अनुप्रस्थ विस्थापन 'x' हो जाता है। जहाँ $x = l \cdot \theta$ तथा l, स्टाइलस बिन्दु की घूर्णन अक्ष से लम्बवत् दूरी है। इस प्रकार समझा जा सकता है कि स्टाइलस द्वारा ग्राफ पर बनायी गयी प्रोफाइल विस्थापन 'x' के कारण कुछ विकृत हो जाती है, जबकि रुक्षता के मान R_{max}, R तथा G अपरिवर्तित रहते हैं। इसलिए यदि स्टाइलस लीवर की लम्बाई L है तो l का मान $L/10$ से अधिक नहीं होना चाहिए।



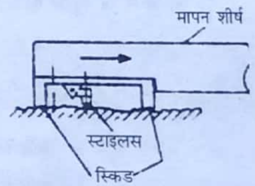
चित्र 5.20



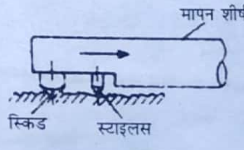
चित्र 5.21

(ii) **स्टाइलस बिन्दु** Stylus Point स्टाइलस शंक्वाकार (conical) या पिरामिड की काट के होते हैं जिनकी टिप (tip) गोलाकार होती है। सैफाइअर (sapphire) या हीरे (diamond) के बने होते हैं जिनकी कोणीयता 60° या 90° होती है। स्टाइलस की नासिका त्रिज्या (nose radius) 1 μm से लेकर 250 μm तक हो सकती है। टिप का मापन बल 0.4 mN से लेकर 0.75 mN के मध्य रखा जाता है। इससे अधिक दबाव होने पर कार्यखण्ड की सतह पर खरोंच (scratch) पड़ने की संभावना बन जाती है। यदि स्टाइलस की नासिका त्रिज्या बड़ी है तो रुक्ष सतह का ग्राफ वास्तविक प्रोफाइल से भिन्न प्राप्त होता है।

(iii) **मापन बल** Measuring Force जब स्टाइलस रुक्ष सतह पर चलता है तो उसके ऊर्ध्वाधर विस्थापन से उसके भीतर लगी हुई एक स्प्रिंग दबती है। स्प्रिंग के दबने के फलस्वरूप प्राप्त बल 'मापन बल' कहलाता है। मापन बल का मान 0.7 mN से अधिक नहीं होना चाहिए। जब स्टाइलस रुक्षता के निम्नतम बिन्दु पर हो, तब मापन बल अधिकतम बल के 20% से अधिक नहीं होना चाहिए। स्टाइलस का अधिकतम मापन बल उसकी नासिका त्रिज्या, सतह टेक्स्चर, कार्यखण्ड के पदार्थ तथा स्टाइलस व सतह के मध्य घर्षण पर निर्भर करता है।



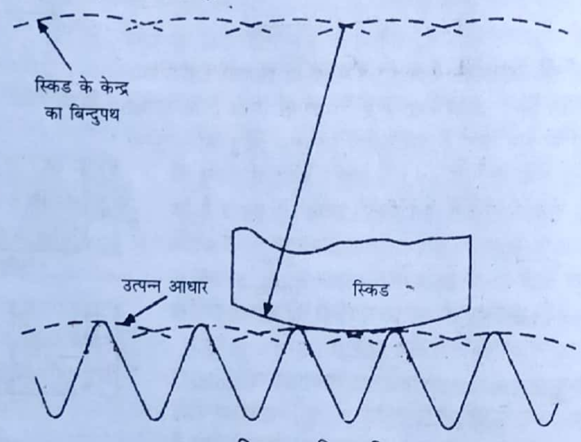
(iv) **स्टाइलस की गति** Speed of Stylus रुक्ष सतह पर स्टाइलस की गति धीमी होनी चाहिए। यदि स्टाइलस की गति अधिक है तो वह सतह पर उछल (jump) कर चलेगा जिससे रुक्षता के कुछ शीर्ष बिन्दु छूट सकते हैं। किसी रुक्ष सतह पर स्टाइलस का अधिकतम गति मापन बल, नासिका त्रिज्या, स्टाइलस व घूर्णन अक्ष के बीच की दूरी L तथा चल पुर्जों के जड़त्व आघूर्ण पर निर्भर करती है। सामान्यतः स्टाइलस की गति 10 mm/min रखी जाती है।



5.22

(v) **स्टाइलस स्किड** Stylus Skid स्टाइलस के ऊर्ध्वाधर ऊपर-नीचे विस्थापन को रिकॉर्ड करने के लिए एक आधार (reference या datum) की आवश्यकता पड़ती है। इस आवश्यकता की पूर्ति के लिए मापन शीर्ष में स्टाइलस के अतिरिक्त एक चपटा या बड़े व्यास का एक और स्टाइलस लगा दिया जाता है। इस चौड़े स्टाइलस को 'स्किड' कहते हैं। जैसा कि नाम से परिलक्षित है कि स्किड का कार्य मात्र सतह के शीर्ष पर फिसलकर आधार बनाना होता है। चित्र 5.23 में स्किड गति दर्शायी गयी है। स्किड का व्यास 5 mm से 50 mm के मध्य

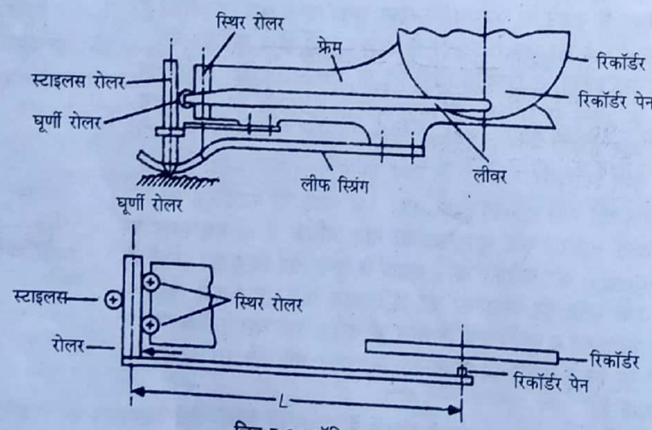
होता है। स्किड की सम्पर्क सतह चौड़ी होने के कारण यह सूक्ष्म अनियमितताओं के अनुसार ऊपर या नीचे न चलकर उनके ऊपर चढ़कर चलता है।



चित्र 5.23 स्किड गति

प्रश्न 10. टॉमिलसन रुक्षतामापी का चित्र सहित वर्णन कीजिए।

उत्तर यह रुक्षतापमापी डॉ० टॉमिलसन ने तैयार किया था। यह यन्त्र पूरी तरह से यांत्रिक सिद्धान्त पर आधारित है। इस यन्त्र की संरचना चित्र 5.24 में प्रदर्शित की गयी है। इस यन्त्र में एक ऊर्ध्वाधर रोलर लगा होता है, जो रुक्ष सतह पर ऊपर-नीचे गति करता है। रोलर के नीचे हीरे का स्टाइलस लगा होता है। पतली लीफ स्प्रिंग स्किड के रूप में कार्य करती है, जो फ्रेम से जुड़ी होती है।



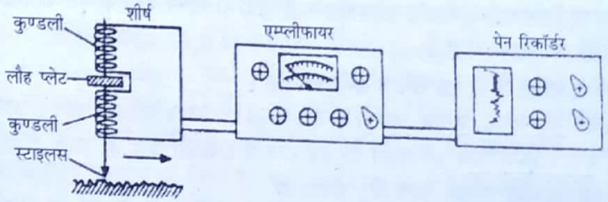
चित्र 5.24 टॉमिलसन रुक्षतामापी

स्टाइलस जब रुक्ष सतह पर चलता है तो स्टाइलस रोलर ऊर्ध्वाधर ऊपर-नीचे विस्थापित होता है। यह रेखीय गति इससे जुड़े एक लम्बवत् रोलर को मिलती है। यह रोलर दूसरी ओर दो अन्य स्थिर रोलर के मध्य घूमता है। मध्य में स्थित लम्बवत् रोलर के एक सिरे पर बहुत हल्का लीवर लगा होता है। लीवर के दूसरे सिरे पर रिकॉर्डिंग पेन लगा होता है। जब स्टाइलस रुक्ष सतह पर ऊपर-नीचे चलता है, तब लम्बवत् रोलर आगे-पीछे घूमता है। इसका कोणीय विस्थापन लीवर

की सहायता से आवर्धित हो जाता है। यदि लीवर की लम्बाई L तथा लम्बवत् रोलर का व्यास D हो तो L/D का आवर्धन प्राप्त हो जाता है। इस यन्त्र से सतह रुक्षता की गहराई का ×50 या × 100 गुना का आवर्धन प्राप्त होता है परन्तु क्षैतिज दिशा में कोई आवर्धन नहीं प्राप्त होता है। यह यन्त्र अपेक्षाकृत सस्ता है तथा विश्वसनीय परिणाम देता है।

प्रश्न 11. पर्थोमीटर द्वारा आप रुक्षता मापन प्रक्रिया किस प्रकार करेंगे?

उत्तर पर्थोमीटर कैरियल मॉडुलेशन सिद्धान्त पर आधारित है। इस यन्त्र का क्रिया सिद्धान्त कुछ-कुछ टेलीसर्फ रुक्षतामापी की तरह होता है। पर्थोमीटर में एक मापन शीर्ष, एम्प्लीफायर, कन्ट्रोल यूनिट तथा पेन रिकॉर्डर बने होते हैं। मापन शीर्ष के ऊर्ध्वाधर स्पिंडल के निचले सिरे पर स्टाइलस लगा होता है। स्पिंडल के मध्य में मृदु लोहे की प्लेट लगी होती है। प्लेट के दोनों ओर समान दूरी पर कुण्डली लगी होती है। दोनों कुण्डली ह्वीटस्टोन ब्रिज से जुड़ी रहती हैं।



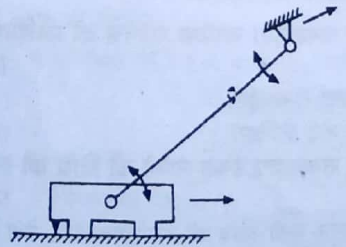
चित्र 5.25 पर्थोमीटर

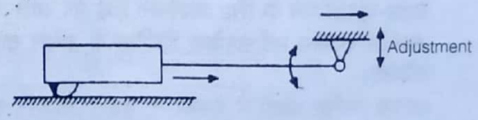
स्टाइलस के मध्य में होने पर प्लेट भी कुण्डलियों के मध्य रहती है; अतः ह्वीटस्टोन ब्रिज संतुलित रहता है। स्टाइलस के ऊर्ध्वाधर विस्थापन के फलस्वरूप एक कुण्डली की प्रतिबाधा बढ़ती है तथा दूसरी कुण्डली की प्रतिबाधा कम हो जाती है जिसके फलस्वरूप ब्रिज संतुलित हो जाता है। असंतुलन के कारण ब्रिज के संतुलित विकर्ण से मध्य धारा प्रवाहित होने लगती है। इस धारा को एम्प्लीफाई करके रिकॉर्ड कर लिया जाता है। विद्युत धारा का परिमाण स्टाइलस के विस्थापन के समानुपाती होता है।

पर्थोमीटर के मापन शीर्ष विभिन्न प्रकार के होते हैं जो विभिन्न परिस्थितियों में दर्शायी गयी व्यवस्था के अनुसार कार्य करते हैं।

(i) **ऑसिलेटरी टाइप** Oscillatory Type इसे लोलक टाइप (pendulum type) भी कहते हैं। इसमें दो स्किड होते हैं। मापन शीर्ष सतह के अनुसार समायोजित हो जाता है। रुक्षता तथा तरंगता दोनों के लिए उपयोगी है।

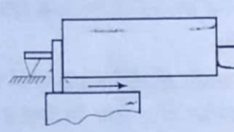
(ii) **अर्ध दृढ़ टाइप** Half Rigid Type इसमें एक डिस्क होती है, जो स्टाइलस के समीप स्थित होती है। रुक्षता ज्ञात करने के लिए यह अत्यंत उपयोगी होता है।


चित्र 5.26 ऑसिलेटरी टाइप

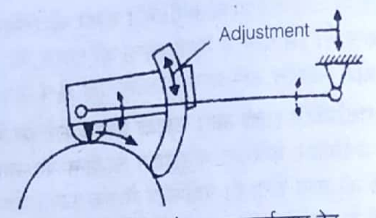


चित्र 5.27 अर्द्ध दृढ़ टाइप

(iii) **फ्री सपोर्ट टाइप** Free Support Type इसका स्किड किसी अन्य आधार सतह पर सरकता है, जबकि स्टाइलस रुक्ष सतह पर संवेदन ग्रहण करता है। स्टाइलस रुक्षता तथा तरंगता दोनों का मापन कर सकता है, कार्यखण्ड तथा आधार के मध्य दूरी अधिक होने के कारण उनकी समान्तरता (parallelism) की पुष्टि कर लेनी चाहिए।



चित्र 5.28 फ्री सपोर्ट टाइप

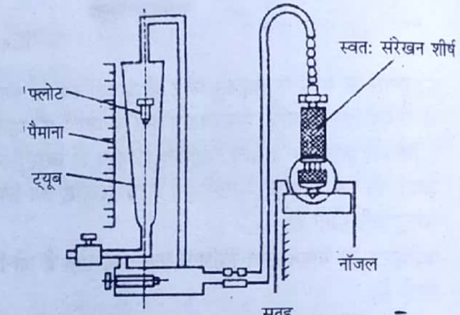


चित्र 5.29 बेलनाकार कार्यखण्ड हेतु

(iv) **बेलनाकार कार्यखण्ड का मापन शीर्ष** Measuring Head for Cylindrical Workpiece इस मापन शीर्ष की सहायता से बेलनाकार कार्यखण्ड की रुक्षता नापी जाती है। मापन करने से पूर्व कार्यखण्ड की त्रिज्या के अनुसार स्केल सेट कर लिया जाता है।

प्रश्न 12. वायवीय मापन विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर यह विधि मृदु पदार्थों, कागज, लकड़ी इत्यादि सतहों की रुक्षता मापन में अधिक उपयोगी है। रुक्षता मापन की इस विधि को 'एयर लीकेज विधि' भी कहते हैं। इस यन्त्र में संपीडित वायु को स्वत: संरेखन नोज (self aligning nozzle) से पास (pass) कराया जाता है। नॉजल से कार्यखण्ड की सतह स्पर्श करायी जाती है। नॉजल शीर्ष तथा कार्यखण्ड की सतह के मध्य वायु अंतराल (air gap) सतह की रुक्षता पर निर्भर करता है। इस प्रकार वायु अंतराल लीकेज को प्रभावित करता है। वायु लीकेज की मात्रा प्रवाहमापी (रोटामीटर) की सहायता से नापी जाती है।



चित्र 5.30 वायवीय मापन विधि

इस यन्त्र को अंशांकित करना कठिन कार्य है, इसलिए इस यन्त्र के द्वारा कार्यखण्ड तथा किसी मानक सतह (जिसकी रुक्षता ज्ञात हो) के मध्य तुलना (comparison) कर रुक्षता ज्ञात की जाती है। संपीडित वायु टेपर ट्यूब से पास करायी जाती है, जहाँ फ्लोट ऊपर उठने के लिए स्वतंत्र होता है। फ्लोट की ऊँचाई वायु के प्रवाह पर निर्भर करती है जिसे ट्यूब के बगल में लगे स्केल पर पढ़कर कार्यखण्ड की रुक्षता ज्ञात कर ली जाती है।

प्रश्न 13. सरफेस रफनेस एवं सरफेस फिनिश के अन्तर को समझाइए। सरफेस रफनेस को प्रदर्शित करने वाले विभिन्न प्रतीकों को भी दर्शाइए। **(2016)**

अथवा **IS के अनुसार रुक्षता का संकेत बनाते हुए उसका अर्थ समझाइए।**

अथवा **सतह-खुरदरापन के लिए आलेखन चिह्न पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** **(2016)**

अथवा **सरफेस रफनैस एवं सरफेश फिनिश के अन्तर को समझाइए। इनके मापने की विधि की व्याख्या कीजिए।** **(2018)**

उत्तर सरफेस फिनिश सतहों से उपकरणों, मशीन-औजारों, मापन-यन्त्रों आदि की कार्यक्षमता और सेवा अवधि (service life) बढ़ती है, जबकि सरफेस रफनेस का कार्यक्षमता पर विपरीत प्रभाव पड़ता है और उपकरण की सेवा अवधि कम होती है।

सतह की फिनिश और रुक्षता का सीधा सम्बन्ध घिसाव प्रतिरोध (wear resistance), भार वहन क्षमता (load bearing capacity), थकान रोधकता (fatigue resistance) आदि से होता है। मशीनों से सम्पर्क-भागों; जैसे—गियर, क्लच आदि से ध्वनि भी सतह रुक्षता के कारण होती है।

सतहों पर रुक्षता के प्रभावों को जानने के लिए रुक्षता का मापन भी किया जाता है। इसके लिए अनेक विधियाँ तथा मापन-यन्त्र प्रयोग किए जाते हैं।

सतह-रुक्षता का सीधा प्रभाव उपकरण की कार्यक्षमता पर पड़ता है, इसलिए निर्धारित स्तर की कार्यक्षमता बनाए रखने के लिए सतहों की फिनिश का स्तर भी उसी प्रकार का होना चाहिए।

सतहें जितनी चिकनी होंगी, उतनी ही अधिक सामर्थ्यवान तथा बियरिंग भार वहन करने वाली होंगी। धातु की थकान के कारण अवयव विफल (fail) हो सकते हैं। थकान का सबसे अधिक प्रभाव सतह के नुकीले कोनों (sharp corners) पर पड़ता है, जहाँ प्रतिबलों का संकेन्द्रण (concentration) होता है। सतहों के नुकीले कोने वाले भाग ही इस कारण पहले विफल होते हैं। जो सतहें कार्यकारी नहीं होती अर्थात् जिनमें सापेक्ष गति नहीं होती है, उनमें भी रुक्षता का प्रभाव पड़ता है। अत: कार्यकारी तथा अकार्यकारी दोनों प्रकार की सतहों की फिनिश अच्छी होनी चाहिए।

रुक्ष सतहों पर कुछ उभार तथा कुछ गड्ढे होते हैं जिन्हें क्रमश: **शिखर** (crests) तथा **घाटी** (valley) कहते हैं। ऐसी सतहें अनियमित सतहें (irregular surfaces) कहलाती हैं। इन सतहों में अच्छे बियरिंग गुण होते हैं; क्योंकि उठे हुए शिखरों के कारण सतहों पर परस्पर सम्पर्क कम रहता है तथा गहरे गड्ढों में स्नेहन तेल इकट्ठा रहने के कारण तेल की फिल्म नहीं बनती। सतहों के घिसाव की दर सम्पर्क-सतहों के क्षेत्रफल और भार प्रति इकाई के समानुपाती होती है।

IS : 3073–1967 के अनुसार अवयव की विमा पर उल्टे त्रिभुज (inverted triangle-∇) द्वारा भी सतह रुक्षता प्रदर्शित की जाती है। नीचे दी गयी सारणी में विभिन्न संकेत तथा उनके संगत R_a मान दिए गए हैं—

संकेत (Symbol)	R_a **मान** (μm)
~(No machining)	> 25
∇	8 से 25
∇∇	1.6 से 8
∇∇∇	0.25 से 16
∇∇∇∇	<0.025

प्रश्न 14. सतह रुक्षता के मापन में दस क्रमागत शीर्ष व गड्ढों की ऊँचाइयाँ किसी आधार से इस प्रकार दी गयी हैं—25, 20, 25, 15, 22, 18, 23, 20, 24, 17 माइक्रॉन। यदि उपरोक्त सभी मान 10 mm की लम्बाई में प्राप्त किए गये हों तो सतह रुक्षता के R.M.S. तथा C.L.A. मान ज्ञात कीजिए। रुक्षता का ग्रेड भी बताइए।

हल सतह रुक्षता का C.L.A अथवा R_a मान

$$= \frac{25+20+25+15+22+18+23+20+24+17}{10}$$

$$= \mathbf{20.9\,\mu m}$$

रुक्षता का ग्रेड $= N_{11}$

सतह रुक्षता का R.M.S. मान

$$= \sqrt{\frac{25^2+20^2+25^2+15^2+22^2+18^2+23^2+20^2+24^2+17^2}{10}}$$

$$= \mathbf{21.1\mu m}$$

प्रश्न 15. निम्नलिखित सूचना से रुक्षता का C.L.A. मान ज्ञात कीजिए। किसी सैम्पलिंग लम्बाई 0.8 mm के लिए एक ग्राफ × 15000 ऊर्ध्वाधर आवर्धन तथा × 100 क्षैतिज आवर्धन में खींचा गया है। आधार रेखा के ऊपर तथा नीचे बने क्षेत्रों के क्षेत्रफल हैं आधार रेखा के ऊपर : 160, 90, 180, 80 mm², आधार रेखा के नीचे : 65, 75, 160, 150 mm²

हल C.L.A. के लिए निम्न सूत्र का प्रयोग किया जाता है—

$$\text{C.L.A. मान} = \frac{\text{क्षेत्रफलों का योग}}{\text{सैम्पलिंग लम्बाई}} \times \frac{1000}{\text{ऊर्ध्वाधर स्केल}} \times \frac{1}{\text{क्षैतिज स्केल}}$$

$$\text{अतः प्रश्नगत C.L.A. मान} = \frac{(160+90+180+80+65+75+160+150)\,\text{mm}^2}{0.8\,\text{mm}} \times \frac{1000}{15{,}000} \times \frac{1}{100}$$

$$= \frac{960\,\text{mm}^2}{0.8\,\text{mm}} \times \frac{1000}{15{,}000} \times \frac{1}{100} = \mathbf{0.8\,\mu m}$$

6 विभिन्न प्रकार के यन्त्र
Various Types of Instruments

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. किसी गोलीय कार्यखण्ड का व्यास किसके द्वारा मापा जाता है?
उत्तर वर्नियर कैलीपर या माइक्रोमीटर द्वारा।

प्रश्न 2. सिलिण्डर की बाहरी वक्रता त्रिज्या का सूत्र लिखिए।
उत्तर सिलिण्डर की बाहरी वक्रता त्रिज्या, $R = \frac{(m-d)^2}{8d}$

प्रश्न 3. स्क्रू चूड़ी किसे कहा जाता है?
उत्तर किसी वक्र सतह के चारों ओर एकसमान काट के बने कुण्डलीदार ग्रूव को स्क्रू चूड़ी कहा जाता है।

प्रश्न 4. आन्तरिक चूड़ी किसे कहते हैं?
उत्तर किसी कार्यखण्ड की भीतरी सतह पर बनी चूड़ी आन्तरिक चूड़ी कहलाती है।

प्रश्न 5. फ्लैंक किसे कहते हैं?
उत्तर चूड़ी के शिखर तथा गर्त को मिलाने वाली सीधी सतह को फ्लैंक कहते हैं।

प्रश्न 6. बेस वृत्त किसे कहते हैं?
उत्तर वह वृत्त जहाँ से इनवोल्यूट वक्र आरम्भ होता है, बेस वृत्त कहलाता है।

प्रश्न 7. फिलेट किसे कहते हैं?
उत्तर गियर के डिडेन्डम वृत्त तथा दाँत के मध्य बनी त्रिज्या फिलेट कहलाती है।

प्रश्न 8. बैकलैश किसे कहते हैं?
उत्तर एक गियर को स्थिर रखकर पिच वृत्त की दिशा में दूसरे गियर का मुक्त विस्थापन बैकलैश कहलाता है।

प्रश्न 9. ब्रिज नियतांक की परिभाषा दीजिए।
उत्तर किसी ह्वीटस्टोन ब्रिज के वास्तविक वोल्टेज आउटपुट तथा एक स्ट्रेन गेज की दशा में ब्रिज के वोल्टेज आउटपुट का अनुपात ब्रिज नियतांक कहलाता है।

प्रश्न 10. बल आघूर्ण का मापन किसकी सहायता से किया जाता है?
उत्तर बल आघूर्ण का मापन स्ट्रेन गेज की सहायता से किया जाता है।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. कोण मापन की विभिन्न विधियों के नाम लिखिए।
अथवा **भौतिक मापों को मापने के लिए प्रयोग में लाये जाने वाले विभिन्न प्रकार के उपकरणों के नाम लिखिए।** **(2018)**

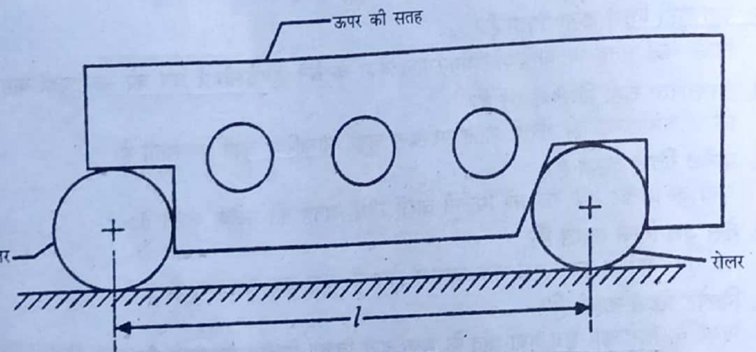
उत्तर कोण मापन की निम्नलिखित विधियाँ हैं—

1. वर्नियर बेवेल प्रोट्रैक्टर के द्वारा,
2. साइन बार के द्वारा,
3. साइन सेन्टर के द्वारा,
4. कोण स्लिप गेज के द्वारा,
5. स्पिरिट लेवल के द्वारा,
6. क्लीनोमीटर के द्वारा,
7. ऑटोकोलिमेटर के द्वारा।

प्रश्न 2. साइन बार क्या है? कोण मापन में इसका प्रयोग बताइए।

उत्तर साइन बार किसी समकोण त्रिभुज में लम्ब तथा कर्ण के अनुपात पर आधारित होता है। यदि लम्ब की ऊँचाई 'h' तथा कर्ण की लम्बाई 'l' हो तो समकोण त्रिभुज में, $\boxed{\sin\theta = \frac{h}{l}}$

साइन बार स्वयं में पूर्ण मापन यन्त्र नहीं है। इसके साथ स्लिप गेज सेट तथा डायल इंडिकेटर या डायल गेज भी प्रयोग किए जाते हैं। साइन बार कठोर तथा ग्राइंड किया हुआ स्टील का एक 'बार' (bar) होता है जिसके नीचे 'दो रोलर' लगे होते हैं। दोनों रोलर के व्यास समान होते हैं। दोनों रोलर के अक्ष एक-दूसरे के समान्तर तथा ऊपर की सतह के भी समान्तर रहते हैं। साइन बार बाजार में रोलर की मध्य दूरियों के आधार पर मिलते हैं। दोनों रोलर के मध्य की दूरियाँ 100 mm, 200 mm तथा 300 mm रहती हैं। साइन बार की सभी मापन सतहों तथा रोलर की रुक्षता $0.2\,\mu m\,R_a$ या इससे भी कम रखी जाती है। रोलर के मध्य की दूरी शुद्धता के आधार पर साइन बार A व B दो ग्रेड में उपलब्ध होती हैं। ग्रेड A का साइन बार 0.01 mm/m तथा ग्रेड B का साइन बार 0.02 mm/m तक की शुद्धता रखता है। IS : 5359 – 1969 के अनुसार साइन बार की कई डिजाइन होती हैं; परन्तु नीचे चित्र 6.1 में दर्शाया गया साइन बार सर्वाधिक प्रयोग किया जाता है।



चित्र 6.1 साइन बार

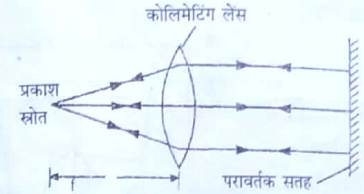
दर्शाए गए साइन बार में स्लिप गेज ब्लॉक दाहिने रोलर के नीचे लगाया जाता है। ऐसा करने से बायीं ओर साइन बार की सरफेस प्लेट के साथ फाउलिंग (fouling) की संभावना समाप्त हो जाती है।

प्रश्न 3. ऑटोकोलिमेटर क्या है? किसी एक ऑटोकोलिमेटर के सिद्धान्त और बनावट का स्वच्छ चित्र सहित वर्णन कीजिए। **(2011)**

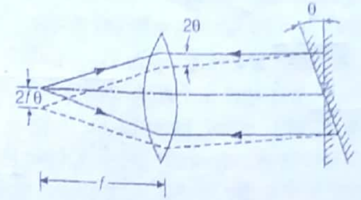
अथवा **माइक्रॉप्टिक ऑटोकोलिमेटर की क्रियाविधि चित्र सहित समझाइए।**

उत्तर **ऑटोकोलिमेटर** Autocollimator यह एक प्रकाशीय उपकरण है जिसकी सहायता से सूक्ष्म कोण का मापन किया जाता है।

जब किसी कोलिमेटिंग लेंस (collimating lens) के फोकस पर प्रकाश स्रोत रख दिया जाता है, तो लेंस के अपवर्तन के पश्चात् प्रकाश किरणें लेंस के मुख्य अक्ष के समान्तर हो जाती हैं। यदि मुख्य अक्ष के लम्बवत् कोई समतल परावर्तक (plane reflector) रखा हो तो किरणें परावर्तक पर अभिलम्बवत् आपाती होती हैं जिसके फलस्वरूप किरणें उसी रास्ते से वापस लेंस पर आपाती हो जाती हैं और अंत में पुनः फोकस पर केन्द्रित हो जाती हैं, चित्र 6.2 (a)।



चित्र 6.2 (a)



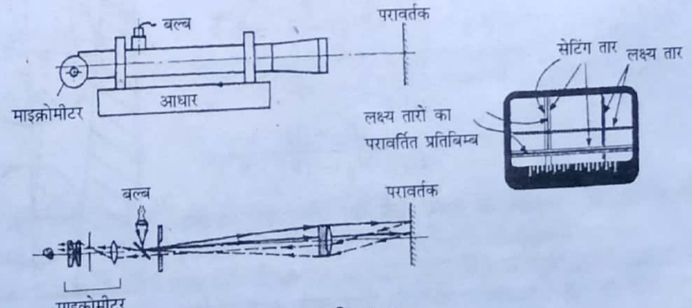
चित्र 6.2 (b)

माना परावर्तक सतह को θ कोण पर मामूली-सा झुका दिया जाता है, चित्र 6.2 (b)। अतः परावर्तक किरण दो गुने कोण 2θ पर मुड़ जाती है। जब परावर्तित प्रकाश पुंज लेंस पर पड़ता है तो वह अपवर्तित होकर फोकल तल में फोकस से कुछ नीचे प्रतिबिंब बनाता है। यदि लेंस की फोकस दूरी f हो तो प्रकाश स्रोत तथा उसका प्रतिबिम्ब एक-दूसरे से $(2f\theta)$ दूर स्थित होते हैं।

माइक्रॉप्टिक ऑटोकोलिमेटर Microptic Autocollimator माइक्रोप्टिक ऑटोकोलिमेटर की क्रिया विधि चित्र 6.3 में दर्शायी गयी है। यह यन्त्र एक प्रकार का टेलीस्कोप है जिसमें एक ओर बल्ब लगा रहता है तथा बल्ब से प्राप्त प्रकाश को समान्तर पुंज में परिवर्तित कर देता है।

बल्ब के सामने 45° कोण पर चाँदी की आंशिक पॉलिश की हुई प्लेट लगी रहती है। यह प्लेट बल्ब से प्राप्त प्रकाश को 90° कोण पर मोड़ देती है। प्रकाश पुंज के रास्ते में एक ऊर्ध्वाधर तथा एक क्षैतिज बारीक तार लगा रहता है। दोनों तार अभिदृश्यक कोलिमेटिंग लेंस के फोकस तल में स्थित होते हैं। इसलिए दोनों तार का प्रतिबिंब अनंत पर बनाने के लिए, अपवर्तन के पश्चात् प्रकाश किरणें मुख्य अक्ष के समान्तर हो जाती हैं। परंतु लेंस के सम्मुख रखे हुए परावर्तक से किरणे परावर्तित होकर पुनः लेंस पर आपाती होती हैं। लेंस से अपवर्तित किरणें पुनः फोकल तल पर लक्ष्य तारों (target wires) का प्रतिबिंब बनाती हैं। यदि परावर्तक सतह लेंस के प्रमुख अक्ष के लम्बवत् है तो तारों का प्रतिबिंब तारों पर संपाती हो जाता है। अर्थात् तारों का प्रतिबिंब नहीं दिखायी पड़ेगा। परंतु यदि परावर्तक सतह मुख्य अक्ष हल्की सी भी मुड़ी है तो लक्ष्य तारों का प्रतिबिंब तारों से अलग तथा स्पष्ट दिखायी पड़ने लगता है।

अब यदि परावर्तक को और मोड़ा जाए तो प्रतिबिंब तद्नुपात विस्थापित हो जाता है। माइक्रोप्टिक ऑटोकोलिमेटर का परास 10 मिनट होता है। यन्त्र के साथ लगे माइक्रोमीटर पर बने एक भाग से 0.1 सेकण्ड की शुद्धता तक की माप की जा सकती है। लक्ष्य तारों के बने प्रतिबिंब का विस्थापन ज्ञात करने के लिए ऑटोकोलिमेटर में माइक्रोमीटर-माइक्रोस्कोप की व्यवस्था रहती है। यन्त्र की नेत्रिका में दो क्षैतिज तथा दो ऊर्ध्वाधर समान्तर रेखाएँ बनी रहती हैं। इन रेखाओं को यन्त्र के साथ लगे माइक्रोमीटर द्वारा विस्थापित किया जाता है। सर्वप्रथम समान्तर रेखाओं को लक्ष्य तारों के समान्तर कर लिया जाता है। तत्पश्चात् रीडिंग लेने के लिए माइक्रोमीटर की सहायता से समान्तर रेखाओं को प्रतिबिंब तारों के समान्तर व्यवस्थित कर दिया जाता है। स्केल के द्वारा 1/2 मिनट तक का मान पढ़ा जा सकता है।

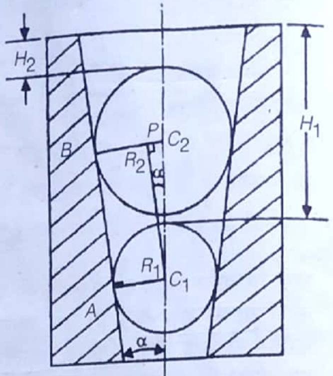


चित्र 6.3

प्रश्न 4. टेपर के मापन की विभिन्न विधियों का उल्लेख कीजिए।

उत्तर टेपर के मापन की विभिन्न विधियाँ निम्नांकित हैं—

1. **छोटे छिद्रों के टेपर का मापन** Measurement of Small Taper Holes छोटे छिद्रों के टेपर का मापन करने के लिए भिन्न साइज के दो गोले, वर्नियर हाइट गेज तथा फ्लैट सम्पर्क बिन्दु वाले डायल गेज की आवश्यकता होती है। सर्वप्रथम R_1 त्रिज्या के छोटे गोले को टेपर छिद्र के भीतर धीरे से डालकर उसके उच्चतम बिन्दु से टेपर छिद्र की ऊपरी सतह की ऊँचाई H_1 ज्ञात कर लेते हैं। अब छोटे गोले को निकालकर बड़े गोले को डालकर ऊँचाई H_2 ज्ञात कर ली जाती है। रेखाएँ C_1A तथा C_2B टेपर सतहों पर लम्बवत् त्रिज्याएँ R_1 तथा R_2 हैं। C_2B पर C_1 से लम्ब C_1P डालने पर कोण $\angle PC_1C_2$ का मान टेपर कोण α के बराबर होता है।



चित्र 6.4 (a)

अत: ΔC_1C_2P में दोनों गोलों की केन्द्रीय दूरी,

$$C_1C_2 = H_1 - H_2 - R_2 + R_1$$

या $$C_1C_2 = (H_1 - H_2) - (R_2 - R_1)$$

तथा $$C_2P = C_2B - PB$$

या $$C_2P = C_2B - C_1A$$

या $$C_2P = R_2 - R_1$$

अत: समकोण ΔC_1C_2P में टेपर कोण,

$$\sin\alpha = \frac{C_2P}{C_1C_2}$$

या $$\sin\alpha = \frac{R_2 - R_1}{(H_1 - H_2) - (R_2 - R_1)}$$

टेपर कोण के मान का दो गुना (2α) छिद्र के शंकु कोण (cone angle) के बराबर होता है।

चित्र 6.4 (b) में दर्शायी गयी व्यवस्था के अनुसार यदि बड़ा गोला टेपर छिद्र की ऊपरी सतह से बाहर दिखता है तो गोलों की केन्द्रीय दूरी,

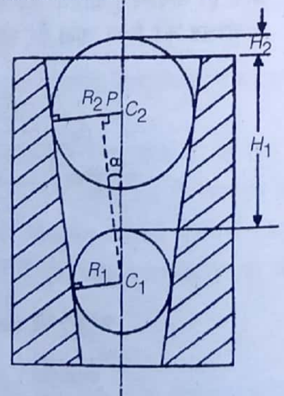
$$C_1C_2 = H_1 + H_2 - R_2 + R_1$$

या $$C_1C_2 = (H_1 + H_2) - (R_2 - R_1)$$

अत: टेपर कोण, $$\sin\alpha = \frac{C_2P}{C_1C_2}$$

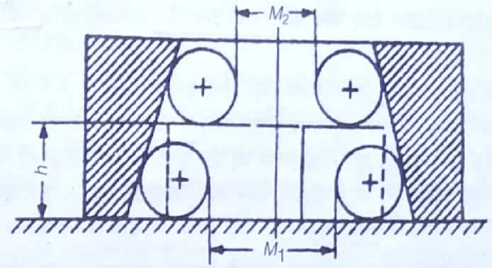
या $$\sin\alpha = \frac{R_2 - R_1}{(H_1 + H_2) - (R_2 - R_1)}$$

2. **मध्यम तथा बड़े आकार के टेपर छिद्र का कोण ज्ञात करना** Measurement of Medium and Large Taper Holes मध्यम तथा बड़े टेपर छिद्रों का टेपर ज्ञात करने के लिए समान आकार के दो गोले तथा स्लिप गेज सेट की आवश्यकता होती है। टेपर ज्ञात करने के लिए अवयव (component) को बड़े छिद्र की ओर से सरफेस प्लेट पर रख



चित्र 6.4 (b)

देते हैं। दोनों को टेपर सतह के साथ एक-दूसरे के विपरीत रख देते हैं। अब गोलों के मध्य की दूरी M_1 स्लिप गेज सेट की सहायता से ज्ञात कर ली जाती है।

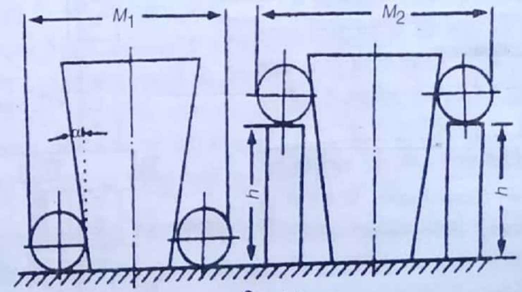


चित्र 6.5

इसके पश्चात् दो समान ऊँचाई के दो स्लिप गेज ब्लॉक बनाकर छिद्र के भीतर एक-दूसरे के समाने रख दिए जाते हैं। दोनों गोलों को स्लिप गेज ब्लॉक के ऊपर रखकर इनके मध्य की दूरी M_2 स्लिप गेज सेट की सहायता से ज्ञात कर ली जाती है। यदि स्लिप गेज ब्लॉक की ऊँचाई h हो, तो टेपर कोण का मान,

$$\tan\alpha = \frac{M_1 - M_2}{2h}$$

3. **टेपर शाफ्ट का मापन** Measurement of Taper Shaft 100 mm लम्बी टेपर शाफ्ट का टेपर कोण मापन करने के लिए समान व्यास के दो गोले, स्लिप गेज सेट तथा माइक्रोमीटर की आवश्यकता होती है। सर्वप्रथम टेपर शाफ्ट को उसके छोटे व्यास की ओर से सरफेस प्लेट पर रख देते हैं। अब दोनों गोलों को शाफ्ट पर एक-दूसरे के विपरीत रख देते हैं। माइक्रोमीटर की सहायता से गोलों की बाहरी माप M_1 ज्ञात कर लेते हैं। इसके पश्चात् समान ऊँचाई h के दो स्लिप गेज ब्लॉक बना शाफ्ट के समीप रख देते हैं। दोनों गोलों को पुन: स्लिप गेज ब्लॉक के ऊपर रखकर गोलों की बाहरी माप M_2 ज्ञात कर लेते हैं। यदि शाफ्ट का टेपर कोण α हो, तो



चित्र 6.6

$$\tan\alpha = \frac{M_2 - M_1}{2h}$$

प्रश्न 5. लम्बाई, गहराई एवं ऊँचाई जैसी भौतिक मापों को मापने के लिए प्रयोग में लाए जाने वाले विभिन्न प्रकार के उपकरणों के नाम लिखिए। स्वच्छ चित्र की सहायता से व्याख्या भी कीजिए। (2016)

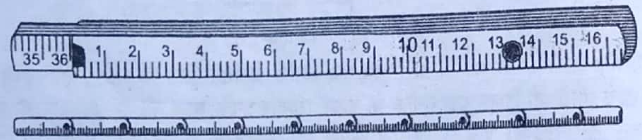
उत्तर लम्बाई मापक यन्त्र Length Measuring Instruments जॉब की लम्बाई मापने के लिए विभिन्न प्रकार के यन्त्रों का प्रयोग किया जाता है। इनके लिए अलग-अलग धातुओं का प्रयोग किया जाता है तथा इनकी लम्बाइयाँ भी अलग-अलग होती हैं। कुछ साधारण मापक यन्त्र अग्रलिखित हैं—

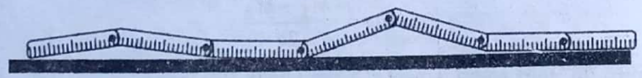
1. रूल (Rule), 2. स्टील रूल (Steel rule), 3. स्टील टेप (Steel tape) तथा 4. स्केल (Scale)।

1. **रूल** Rule रूल अधिकतर लकड़ी के प्रयोग किए जाते हैं जिन पर इंचों या सेमी में निशान बने होते हैं। कभी-कभी धातु के रूप भी प्रयुक्त किए जाते हैं। इनके द्वारा जॉब की लम्बाई सूक्ष्मता (accuracy) से नहीं मापी जा सकती। ये निम्न दो प्रकार के होते हैं—

(i) सीधे रूल (Straight rule) तथा (ii) फोल्डिंग रूल (Folding rule)

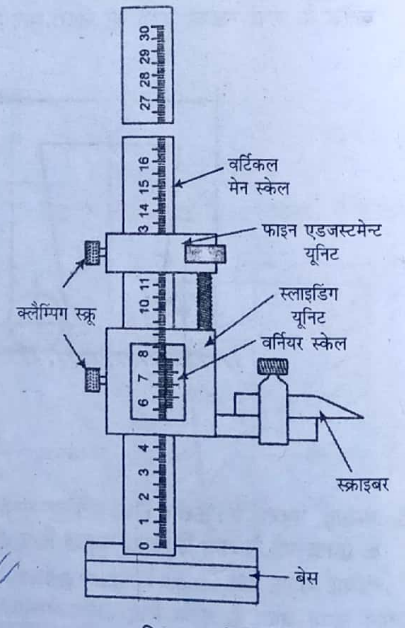
सीधे रूल की सामान्य मापक क्षमता के तुल्य फोल्डिंग रूल 1 मीटर या 2 मीटर तक लम्बाई माप सकते हैं, परन्तु इनको फोल्ड करके 15 सेमी या 30 सेमी तक किया जा सकता है। ये भी लकड़ी या किसी अन्य मृदु शाफ्ट धातु के बने होते हैं। इनका प्रयोग अधिकतम कारपेन्टर या पैटर्न मेकर करते हैं। चित्र 6.7 में एक फोल्डिंग रूल दर्शाया गया है। चित्र 6.7 (a), (b) में उसको प्रयोग करने की सही विधि भी दर्शायी गई है।


(a) मापन का सही तरीका


(b) मापन का गलत तरीका

चित्र 6.7 फोल्डिंग रूल

2. **वर्नियर हाइट गेज** Vernier Height Gauge वर्नियर हाइट गेज का प्रयोग कार्यशाला में जॉब बनाते समय उसकी ऊँचाई मापने के लिए या मार्किंग करते समय किया जाता है। इसके द्वारा मीट्रिक प्रणाली में 0.02 मिमी एवं ब्रिटिश प्रणाली में 0.001" तक सूक्ष्म माप में मार्किंग कर सकते हैं। जॉब की मार्किंग करते समय आमतौर पर मार्किंग ब्लॉक का ही प्रयोग किया जाता है, परन्तु जब किसी मार्किंग को अधिक-से-अधिक शुद्धता में करना हो तो हम वर्नियर हाइट गेज का ही प्रयोग करते हैं; क्योंकि इसमें ऑफसैट स्क्राइबर को गेज की अल्पतम माप (least count) के बराबर ही मूवमेन्ट (movement) प्रदान की जा सकती है, जबकि मार्किंग ब्लॉक में स्केल की सहायता से केवल $\frac{1"}{64}$ तक सूक्ष्म माप या 0.5 मिमी तक ही सूक्ष्मता प्रदान कर सकते हैं। इसके अतिरिक्त मार्किंग ब्लॉक का प्रयोग करते समय स्केल को सदैव सीधा लम्ब रूप में खड़ा करना अनिवार्य है, जबकि वर्नियर हाइट गेज में इसकी मेन स्केल, बेस पर लम्ब रूप में फिट रहती है। इसमें स्लाइडिंग जॉ (sliding jaw) पर एक



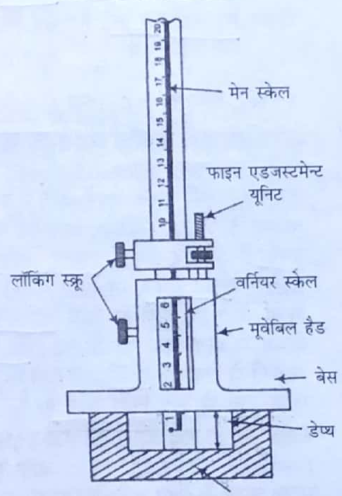
चित्र 6.8 वर्नियर हाइट गेज

स्ट्रेट स्क्राइबर फिट होता है। इसी स्लाइडिंग जॉ पर ऑफसैट या स्ट्रेट स्क्राइबर लगाकर मार्किंग एवं ऊँचाई मापने का कार्य भी करते हैं।

मार्किंग करते समय इस बात का ध्यान रखते हैं कि मार्किंग सरफेस प्लेट पर की जाए। ऑफसैट स्क्राइबर को सैट करने के पश्चात् स्लाइडिंग जॉ को नीचे लाकर वर्नियर स्केल की जीरो लाइन को मेन स्केल की जीरो लाइन से मिलाते हैं। इस सैटिंग पर ऑफसैट स्क्राइबर का पेंदा सरफेस प्लेट से मिल जाना चाहिए। अगर स्ट्रेट स्क्राइबर होगा तो वह किसी निश्चित ऊँचाई तक रुक जाएगा और सरफेस प्लेट से नहीं मिलेगा। उस निश्चित ऊँचाई से कम ऊँचाई की मार्किंग नहीं की जा सकती जिसके लिए उपरोक्त बताई विधि के साथ एक एंगिल प्लेट भी प्रयोग की जाती है। इसका प्रयोग आमतौर पर डाई प्लेट, टेम्प्लेट तथा ऐसे जॉबों पर मार्किंग करते समय किया जाता है, जहाँ अधिक-से-अधिक मार्किंग में शुद्धता की आवश्यकता हो। मार्किंग करते समय जॉब की सतह पर कॉपर सल्फेट की एक परत (layer) लगाई जाती है जिससे प्रत्येक मार्किंग लाइन भली-भाँति नजर आ सके। छोटे-छोटे जॉब जिन्हें मार्किंग के समय पकड़ने की आवश्यकता हो, उन्हें हाथ से न पकड़कर एक एंगल प्लेट पर टूल मेकर क्लैम्पों की सहायता से सैट कर लिया जाता है जिससे मार्किंग सुविधापूर्वक की जा सके।

3. **वर्नियर डैप्थ गेज** Vernier Depth Gauge साधारण वर्नियर कैलीपर्स में भी एक गहराई मापने के लिए स्ट्रिप लगी होती है। ठीक उसी प्रकार की संरचना का एक वर्नियर डैप्थ गेज होता है जिसको हम किसी जॉब की गहराई या उसके बोर (bore) की लम्बाई मापने के काम में लाते हैं। अन्य वर्नियर कैलीपरो के समान उसकी अल्पतम माप (least count) भी 0.001" या 0.02 मिमी होती है तथा इसकी रीडिंग लेने का तरीका भी समान है।

वर्नियर डैप्थ गेज के हैड में ही एक बेस जुड़ा होता है जिसमें एक मोटी स्टील स्ट्रिप का बना हुआ स्टील रूल स्लाइड करता है। इस स्टील रूल पर मिमी या इंचों में मार्किंग की गई होती है। हैड के साथ में एक फाइन एडजस्टमेन्ट यूनिट लगी होती है जिसको किसी भी स्थान पर लॉक (lock) करने के लिए एक क्लैम्पिंग स्क्रू लगा होता है। किसी जॉब की गहराई मापने के लिए हैड में लगे बेस (base) को हम जॉब के फेस (face) पर टिकाकर रखते हैं। अब मेन स्केल वाली स्ट्रिप को हैड के अन्दर से धकेलकर जॉब की कैविटी (cavity) या गहराई में अन्दर तक जाने देते हैं। जहाँ यह ध्यान रखना आवश्यक है कि डैप्थ गेज का बेस, जॉब के फर्श के ऊपर न उठे। अब वर्नियर स्केल की माप लेकर उसे अल्पतम माप से गुणा करके, मेन स्केल की माप में जोड़ लेते हैं। इस प्रकार डैप्थ गेज से किसी भी जॉब की गहराई मापी जा सकती है।

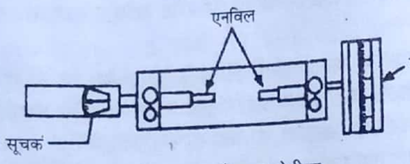


चित्र 6.9 वर्नियर डेप्थ गेज

प्रश्न 6. बाह्य चूड़ी तथा आंतरिक चूड़ी के दीर्घ तथा लघु व्यास का मापन करने की विधि समझाइए।

अथवा **आंतरिक चूड़ी के लघु व्यास का मापन आप किस प्रकार करेंगे?** **(2013, 14)**

उत्तर **बाह्य चूड़ी के दीर्घ व्यास का मापन** Measurement of Major Diameter of External Thread बाह्य चूड़ी का दीर्घ व्यास नापने के लिए वर्नियर कैलिपर का प्रयोग किया जा सकता है। दीर्घ व्यास का सूक्ष्म मापन करने के लिए कोई भी रेखीय मापन यन्त्र; जैसे—बाह्य माइक्रोमीटर, तुलनित्र-स्लिप गेज संयोजन तथा टूल मेकर माइक्रोस्कोप का प्रयोग भी किया जा सकता है। इस मापन प्रक्रिया में यह ध्यान रखें कि मापन यन्त्र का एक एनविल या दोनों एनविल चूड़ी के शीर्ष पर स्पर्श करते हों। किसी असुविधा होने पर एनविल के नीचे स्लिप गेज लगा दी जाती है जिससे एनविल का सम्पर्क के अक्ष के लम्बवत् रहना चाहिए।



चित्र 6.10 बैंच माइक्रोमीटर

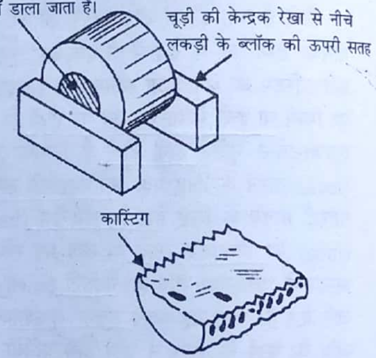
चूड़ी के दीर्घ व्यास का मापन अधिक परिशुद्धता के साथ करने के लिए बैंच माइक्रोमीटर (bench micrometer) का भी प्रयोग किया जाता है। बैंच माइक्रोमीटर में एक बड़ा माइक्रोमीटर शीर्ष लगा रहता है जो 0.0002 mm तक का मान पढ़ सकता है। इसमें मापन की दो एनविल होती हैं। एक एनविल माइक्रोमीटर से जुड़ी रहती है तथा दूसरी एनविल एक सूचक से जुड़ी रहती है। सूचक के द्वारा मापन बल सदैव नियत रहता है जिससे मापन प्रक्रिया व्यक्ति की कार्य-कुशलता (skill) से प्रभावित नहीं होती है।

यह यन्त्र तुलनित्र की तरह कार्य करता है। सर्वप्रथम स्लिप गेज या मानक सिलिण्डर की सहायता से यन्त्र की मापन एनविल सेट पर माइक्रोमीटर रीडिंग R_1 नोट कर ली जाती है। अब सिलिण्डर के स्थान पर अवयव को लगा माइक्रोमीटर रीडिंग R_2 नोट कर लेते हैं। यदि स्लिप गेज या मानक सिलिण्डर का व्यास S है तो

$$\text{चूड़ी का दीर्घ व्यास} = S \pm (R_1 \text{ तथा } R_2 \text{ का अन्तर})$$

(+ve), यदि $R_2 > R_1$ तथा (–ve) यदि $R_1 > R_2$.

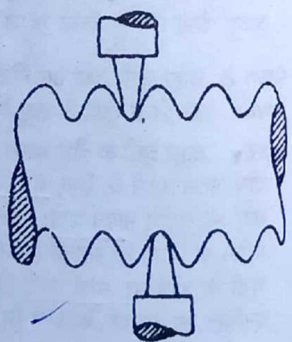
आंतरिक चूड़ी के दीर्घ व्यास का मापन Measurement of Major Diameter of Internal Thread आंतरिक चूड़ी के दीर्घ व्यास का मापन करना अपने-आप में एक लम्बी प्रक्रिया है। इस प्रक्रिया के अंतर्गत सर्वप्रथम आंतरिक चूड़ी की कास्टिंग बनायी जाती है जिसके लिए प्लास्टर ऑफ पेरिस (plaster of paris), डेन्टल वैक्स (dental wax) या सल्फर का प्रयोग किया जाता है। चूड़ी के मध्य कास्टिंग पदार्थ सावधानीपूर्वक त्रिज्या से थोड़ा कम गहराई तक रखा जाता है जिससे कि उसे आसानी से निकाला जा सके। निकाले गए कास्ट को किसी रेखीय मापन-यन्त्र से जाँच लिया जाता है।



चित्र 6.11 आंतरिक चूड़ी के लिए कास्टिंग

बाह्य चूड़ी के लघु व्यास का मापन Measurement of Minor Diameter of External Thread बाह्य चूड़ी के लघु व्यास का मापन करने के लिए माइक्रोमीटर प्रयोग किया जाता है। इसके लिए ऐसे माइक्रोमीटर का प्रयोग किया जाता है जिसके एनविल V-आकार के हों (देखें चित्र 6.12)। इनके प्रयोग से चूड़ी के लघु व्यास का मान यथार्थ तथा 0.001 mm शुद्धता तक ज्ञात हो जाता है। इसके अतिरिक्त टूल मेकर माइक्रोस्कोप की सहायता से भी चूड़ी का लघु व्यास ज्ञात किया जा सकता है।

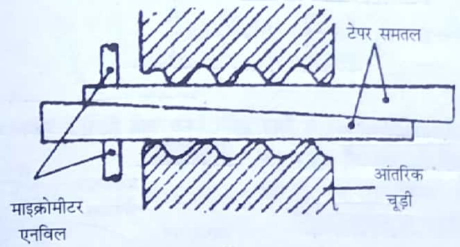
आंतरिक चूड़ी के लघु व्यास का मापन Masurement of Minor Diameter of Internal Thread छोटी आंतरिक चूड़ियों का लघु व्यास ज्ञात करने के लिए 'टेपर-पैरेलल्स' (taper-parallels) का प्रयोग किया जाता है। टेपर-पैरेलल्स को एक-दूसरे पर सरकाते हुए चूड़ी के भीतर समायोजित किया जाता है। यह समायोजन तब तक व्यवस्थित किया जाता है जब तक कि दोनों टेपर-पैरेलल्स, चूड़ी के लघु-व्यास के साथ ठोस सम्पर्क नहीं बना लेते हैं [चित्र 6.13(a)]।



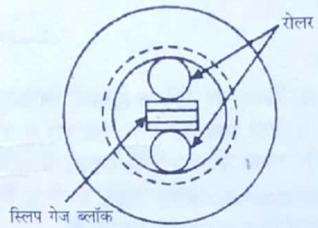
चित्र 6.12 लघु व्यास

अब माइक्रोमीटर की सहायता से, इसकी अवस्था में, टेपर-पैरेलल्स की मोटाई ज्ञात कर लेते हैं। 'यह' लघु व्यास की माप है।

बड़ी आंतरिक चूड़ी वाले अवयव के लघु व्यास मापन की व्यवस्था चित्र 6.13 (b) में दर्शायी गयी है। इसमें समान व्यास के दो मानक रोलर तथा स्लिप गेज सेट की आवश्यकता पड़ती है। दोनों रोलर को चूड़ी की सतह (लघु व्यास) से स्पर्श कराकर उनके मध्य का गैप स्लिप गेज ब्लॉक बनाकर ज्ञात कर लिया जाता है। यदि रोलर का व्यास d तथा स्लिप गेज ब्लॉक की मोटाई h है तो आंतरिक चूड़ी का लघु व्यास $= 2d + h$



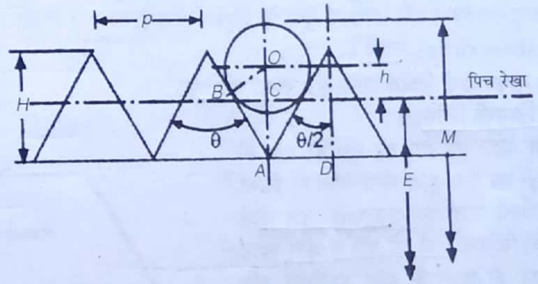
चित्र 6.13 (a)



चित्र 6.13 (b)

प्रश्न 7. स्क्रू चूड़ी का प्रभावी व्यास निकालने की तीन तार विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर दो तार विधि में माइक्रोमीटर के एनविल तथा स्पिंडल की सतहें एक-दूसरें के सामने नहीं आ पाती हैं जिस कारण उनकी अक्ष चूड़ी के अक्ष के लम्बवत् नहीं रह पाती है। यह त्रुटि का एक स्रोत है। इस त्रुटि को दूर करने के लिए समान व्यास की तीन तार विधि का प्रयोग किया जाता है। चित्र 6.14 से स्पष्ट है कि चूड़ी तथा माइक्रोमीटर की अक्ष एक-दूसरे के लम्बवत् हैं।



चित्र 6.14 तीन तार विधि

माना, d = तार का व्यास, r = तार की त्रिज्या, θ = चूड़ी कोण,

H = चूड़ी की गहराई, E = पिच का व्यास या प्रभावी व्यास, M = तारों के ऊपर का व्यास।

समकोण ΔOAB में,
$$\frac{OB}{OA} = \sin\frac{\theta}{2}$$

या
$$OA = r\,\text{cosec}\frac{\theta}{2}$$

समकोण ΔADF में,
$$H = AD\cot\frac{\theta}{2} = \frac{p}{2}\cot\frac{\theta}{2}$$

परंतु $CA = \frac{H}{2} = \frac{p}{4}\cot\frac{\theta}{2}$, इसलिए $\qquad h = OA - CA$

या $\qquad h = r\ \text{cosec}\frac{\theta}{2} - \frac{p}{4}\cot\frac{\theta}{2}$

तारों के ऊपर का व्यास, $\qquad M = E + 2h + 2r$

या $\qquad M = E + 2r\ \text{cosec}\frac{\theta}{2} - \frac{p}{2}\cot\frac{\theta}{2} + 2r$

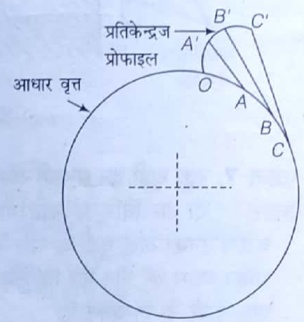
या $\qquad M = E + d\left(\text{cosec}\frac{\theta}{2} + 1\right) - \frac{p}{2}\cot\frac{\theta}{2}$

प्रश्न 8. गियर पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

उत्तर गियर समान्यता शक्ति तथा गति से पारेषण (transmission) के लिए प्रयोग किए जाते हैं। एक शाफ्ट की गति दूसरी शाफ्ट पर गियरों के माध्यम से पारेषित होती है। गति की एकरूपता (uniformness) बनाये रखने के लिए गियर के ज्यामितीय आकार की यथार्थता (accuracy) आवश्यक है।

गियर दो प्रकार के होते हैं– (i) स्पर गियर (Spur gear), (ii) हेलिकल गियर (Helical gear)।

इनमें स्पर गियर सरल एवं अधिक उपयोगी होते हैं। इन गियरों के दाँते, गियर अक्ष के समान्तर होते हैं। इनके दाँतों का आकार प्रतिकेन्द्रज (involute) के समान होता है। प्रतिकेन्द्रज वक्र ऐसे बिन्दु का पथ है जो एक सरल रेखा का सिरा है और एक वृत्त के चारों ओर घूमता है। चित्र 6.15 में दाँते का प्रतिकेन्द्रज दिखाया गया है। इसमें AA' BB' CC' आदि वृत्त पर स्पर्श-रेखाएँ हैं, जो क्रमश: वक्र OA, OB तथा OC के बराबर हैं। बिन्दु O का बिन्दुपथ OA' B' C' एक प्रतिकेन्द्रज वक्र है। बिन्दु पथ गियर दाँते के पार्श्व-पृष्ठ के अनुरूप होता है। इस वृत्त को आधार वृत्त (base circle) कहते हैं।



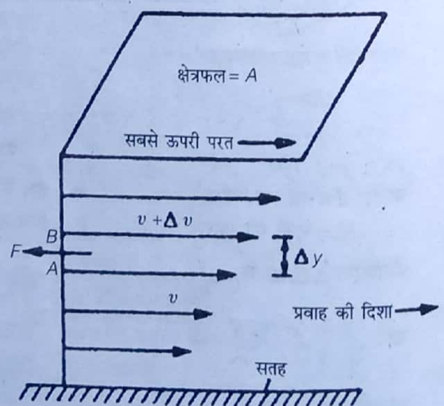
चित्र 6.15 दाँतों का प्रतिकेन्द्रक

प्रश्न 9. श्यानता का मापन कैसे किया जाता है? स्पष्ट कीजिए।

अथवा **श्यानता पर टिप्पणी लिखिए।** **(2013)**

उत्तर श्यानता किसी बहते हुए द्रव का गुण है। द्रव को विभिन्न परतों (layers) का बना हुआ माना जाता है। किसी बहते हुए द्रव की विभिन्न परतों के मध्य घर्षण बल कार्य करता है जिससे द्रव की विभिन्न परतों की गति में अंतर रहता है। दूसरे शब्दों में, द्रव की परतों के मध्य आपेक्षिक गति (relative motion) रहती है। द्रव की वह परत, जो सतह के सम्पर्क में रहती है, उसका वेग शून्य होता है, जबकि सतह से ऊपर बढ़ने पर द्रव की परतों का वेग बढ़ता जाता है। इस प्रकार प्रत्येक नीचे वाली परत अपने ऊपर वाली परत को रोकने का प्रयास करती है।

अत: द्रव का वह गुण, जिसके कारण द्रव की विभिन्न परतें एक-दूसरे पर आंतरिक घर्षण बल लगाकर रोकने का प्रयास करती हैं, श्यानता कहलाता है। स्थिर द्रव की श्यानता शून्य होती है।



चित्र 6.16 वेग प्रवणता

श्यानता गुणांक Coefficient of Viscosity माना कोई द्रव किसी सतह के ऊपर बह रहा है। द्रव परतों के रूप में बहता है। द्रव की सबसे निचली परत का वेग शून्य है, जबकि सबसे ऊपरी परत का वेग अधिकतम है (देखें चित्र 6.16)। द्रव की दो परतें A तथा B पर विचार कीजिए। परत A का वेग v है जबकि Δy ऊपर स्थित परत B का वेग Δv बढ़कर $v + \Delta v$ हो जाता है। चूँकि Δy दूरी पर स्थित परत की वेग वृद्धि Δv है तो इकाई दूरी पर हुई वेग वृद्धि $\frac{\Delta v}{\Delta y}$ होगी। इकाई दूरी पर हुई वेग वृद्धि को वेग प्रवणता (velocity gradient) कहते हैं। परत A, परत B को स्पर्शरेखीय श्यान बल (tangential viscous force) द्वारा रोकने का प्रयास करती है। यदि प्रत्येक परत का क्षेत्रफल A हो, तो स्पर्शरेखीय

$F \propto A \qquad$ [क्षेत्रफल A]

तथा $\qquad F \propto \frac{\Delta v}{\Delta y} \qquad$ [वेग प्रवणता $\frac{\Delta v}{\Delta y}$]

या $\qquad F \propto A\frac{\Delta v}{\Delta y}$

अत: $\qquad F = \eta A\frac{\Delta v}{\Delta y}$

जहाँ η एक नियतांक है जिसे श्यानता गुणांक कहते हैं। ऋण चिह्न यह बताता है कि श्यान बल की दिशा वेग की दिशा के विपरीत होती है।

श्यानता गुणांक (η) की परिभाषा समीकरण से,

$$\eta = -\frac{F}{A}\frac{1}{\Delta v/\Delta y}$$

यदि $A = 1$ मीटर^2 तथा $\frac{\Delta v}{\Delta y} = \frac{1\text{ मीटर/सेकण्ड}}{\text{मीटर}}$

अत: श्यानता गुणांक का मान एकांक क्षेत्रफल की दो परतों के मध्य एकांक वेग प्रवणता उत्पन्न करने के लिए आवश्यक स्पर्शरेखीय श्यान बल के बराबर होता है।

S.I. मात्रक, $\qquad \eta = -\frac{F}{A}\frac{1}{\Delta v/\Delta y} = -\frac{F}{A}\frac{\Delta y}{\Delta v}$

$$= \frac{\text{न्यूटन}}{\text{मीटर}^2} \times \frac{\text{मीटर}}{\text{मीटर/सेकण्ड}}$$

$$= \frac{\text{न्यूटन}}{\text{मीटर}^2} \times \text{सेकण्ड या } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \text{s}$$

$$= \text{पास्कल-सेकण्ड या Pa-s}$$

C.G.S. मात्रक, $\qquad \eta = \frac{\text{डाइन} \times \text{सेकण्ड}}{\text{सेमी}^2} = \text{प्वाइज (poise)}$

S.I. मात्रक तथा C. G. S. मात्रक में सम्बन्ध

$$1\text{ पास्कल-सेकण्ड} = 10^5\ \frac{\text{डाइन} \times \text{सेकण्ड}}{10^4\text{ सेमी}^2} = 10\text{ प्वाइज}$$

या $\qquad 1\text{ प्वाइज} = \frac{1}{10}\text{ पास्कल-सेकण्ड}$

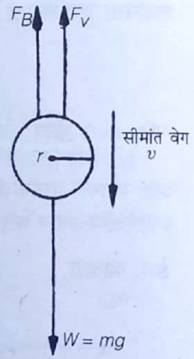
विमीय सूत्र
$$\eta = \frac{F\Delta y}{A\Delta v} = \frac{[MLT^{-2}]}{[L^2]} \times \frac{[L]}{[LT^{-1}]} = [ML^{-1}T^{-1}]$$

श्यानता पर तापमान का प्रभाव तापमान बढ़ने पर द्रव (liquid) की श्यानता घटती है। गैसों की श्यानता गैस के अणुओं की गति (molecular motion) के कारण होती है। चूँकि तापमान बढ़ने पर अणुओं की गति भी बढ़ती है, इसलिए तापमान बढ़ने पर गैसों की श्यानता बढ़ती है।

प्रश्न 10. स्टोक के नियम को स्पष्ट रूप से समझाइए।

उत्तर **स्टोक का नियम** Stoke's Law माना एक छोटी गोलाकार (small spherical) गोली किसी श्यान द्रव में गिर रही है। अत: गोली के सम्पर्क में आने वाली द्रव परतें (liquid layers) गतिमान होती जाती हैं, परंतु गोली से दूर स्थित द्रव परतें विराम में रहती हैं। इस कारण द्रव की विभिन्न परतों के मध्य सापेक्ष गति (relative motion) उत्पन्न हो जाती है जिसके फलस्वरूप परतों के मध्य 'प्रतिरोधी श्यान बल' (resistive viscous force) उत्पन्न हो जाता है। यह बल गोली की गति का विरोध करता है। यदि गोली की त्रिज्या r, द्रव का श्यानता गुणांक η तथा किसी क्षण गोली का वेग v हो तो स्टोक के अनुसार गोली पर लगने वाला प्रतिरोधी श्यान बल,
$$\boxed{F_V = 6\pi\eta r v}$$

सीमांत वेग Terminal Velocity पृथ्वी के गुरुत्वीय त्वरण के कारण गोली का वेग बढ़ता रहता है जिसके फलस्वरूप गोली पर लगने वाले श्यान बल (F_V) का मान भी बढ़ता जाता है। किसी क्षण पर गोली पर लगने वाला तुल्य बल (net force) शून्य हो जाता है तथा गोली अधिकतम वेग प्राप्त कर लेती है। अब गोली का तुल्य त्वरण (net acceleration) भी शून्य हो जाता है तथा गोली एकसमान अधिकतम वेग से गति करने लगती है जिसे गोली का 'सीमांत वेग' कहते हैं।



चित्र 6.17

उपरोक्त तथ्यों से स्पष्ट है कि गोली द्वारा द्रव में गिरते हुए सीमांत वेग प्राप्त कर लेने पर गोली का त्वरण शून्य हो जाता है अर्थात् गोली पर लगने वाला कुल बल शून्य हो जाता है।

यदि ρ = गोली के पदार्थ का घनत्व तथा V = गोली का आयतन $= \frac{4}{3}\pi r^3$ हो तो

गोली का भार,
$$W = mg = \rho \times V \times g$$
या
$$W = \rho \times \frac{4}{3}\pi r^3 \times g$$

यदि द्रव (माध्यम-medium) का घनत्व ρ_m हो तो द्रव के कारण गोली पर ऊपर की ओर लगने वाला उत्प्लावन बल (buoyant force),
$$F_B = \text{गोली का आयतन} \times \text{द्रव का घनत्व} \times g$$
या
$$F_B = \frac{4}{3}\pi r^3 \times \rho_m \times g$$

यदि गोली का सीमांत वेग v हो, तो द्रव के कारण प्रतिरोधी बल,
$$F_V = 6\pi\eta r v$$

चूँकि गोली एकसमान वेग (सीमांत वेग) से गिर रही है, इसलिए गोली का तुल्य त्वरण शून्य है। अत: गोली पर लगने वाले बलों के परिणामी का मान शून्य होगा। इस स्थिति में
$$F_B + F_V = W$$
या
$$\frac{4}{3}\pi r^3 \times \rho_m \times g + 6\pi\eta r v = \frac{4}{3}\pi r^3 \times \rho \times g$$
या
$$6\pi\eta r v = \frac{4}{3}\pi r^3 (\rho - \rho_m) g$$

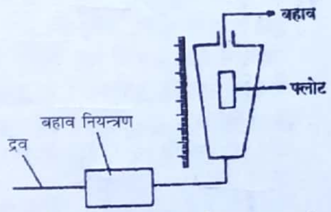
या
$$v = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 (\rho - \rho_m) g}{6\pi\eta r}$$
या
$$v = \frac{2}{9}\frac{r^2(\rho - \rho_m) g}{\eta} \quad \text{...(i)}$$

प्रयोगशाला में गोली का सीमांत वेग ज्ञात कर लिया जाता है।
$$v = \frac{\text{गोली का विस्थापन}}{\text{समय}}$$

इस प्रकार समीकरण (i) की सहायता से श्यानता गुणांक का मान किया जा सकता है। अत:
$$\eta = \frac{2}{9}\frac{r^2(\rho - \rho_m) g}{v}$$

प्रश्न 11. फ्लोट व कोन श्यानतामापी की कार्यविधि समझाइए। **(2011, 13)**

उत्तर यदि रोटामीटर के फ्लोट को इस प्रकार डिजाइन किया जाए कि वह श्यानता के लिए सुग्राही हो जाए तो रोटामीटर से द्रव की श्यानता ज्ञात की जा सकती है। इसलिए फ्लोट के नीचे वाले भाग का क्षेत्रफल अधिक रखा जाता है तथा ऊपरी किनारों पर खाँचे (notches) बना दिये जाते हैं। फ्लोट के किनारों को गोलाई (rounded) प्रदान कर देने पर वह श्यानता के प्रति संवेदनशील हो जाते हैं। अब यदि रोटामीटर से द्रव की प्रवाह दर नियत रखी जाए तो कोन के भीतर फ्लोट की स्थिति द्रव की श्यानता दर्शाती है।

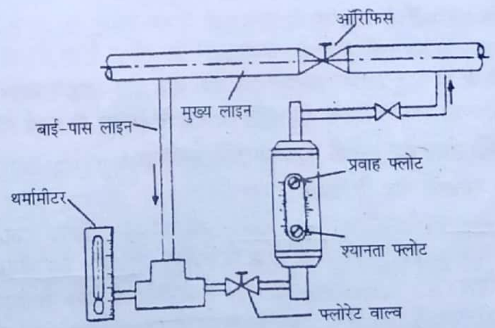


चित्र 6.18 फ्लोट एवं कोन श्यानतामापी

प्रश्न 12. दो फ्लोट श्यानतामापी की कार्य प्रणाली समझाइए। **(2012, 13)**

अथवा **द्वि-तैरक श्यानतामापी पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।** **(2019)**

उत्तर रोटामीटर फ्लोट को प्रवाह तथा श्यानता, दोनों के लिए सुग्राही बनाया जा सकता है, इसलिए **यदि रोटामीटर में** दोनों प्रकार के फ्लोट प्रयोग किए जाएँ तो दोनों की स्थितियों का अन्तर द्रव की श्यानता दर्शाता है। दो फ्लोट **श्यानतामापी, को** चित्र 6.19 में दर्शाया गया है। मुख्य पाइप लाइन से एक बाई-पास लाइन निकाल ली जाती है। बाई-पास **लाइन से कुछ आगे** एक ऑरिफिस लगा दी जाती है। इससे बाई-पास लाइन में पर्याप्त द्रव प्रवाहित होता रहता है। मैनुअल **फ्लोरेट इंडेक्स सेटिंग** वाल्व को खोलकर ऊपर वाले फ्लोट को स्केल पर बने पहले भाग के सम्मुख कर दिया जाता है। **अब नीचे वाले फ्लोट की** स्थिति देख पर श्यानता ज्ञात कर ली जाती है।



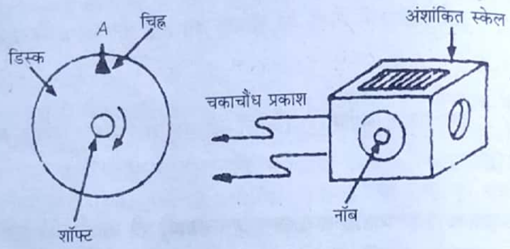
चित्र 6.19 दो फ्लोट श्यानतामापी

प्रश्न 13. स्ट्रोबोस्कोप के सिद्धान्त तथा क्रियाविधि मापन का वर्णन कीजिए। (2012, 13)

अथवा **स्ट्रोबोस्कोप की कार्य विधि पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।** (2015)

उत्तर स्ट्रोबोस्कोप एक छोटी, आसान तथा हाथ से चलाई जाने वाली युक्ति है जिसकी सहायता से आवर्त गति (periodic motion) तथा घूर्णन गति (rotary motion) ज्ञात की जा सकती है।

सिद्धान्त Principle इस युक्ति में एक 'चकाचौंध प्रकाश' (flashing light) उत्पन्न करने वाला स्रोत है। प्रकाश के उत्पन्न होने की आवृत्ति, दोलित्र (oscillator) की आवृत्ति से नियंत्रित की जा सकती है। दोलित्र की आवृत्ति को एक नॉब (knob) से घटा-बढ़ा सकते हैं। माना किसी घूमती हुई शाफ्ट पर एक डिस्क लगा दी जाती है। यदि डिस्क पर कोई 'चिह्न' लगा है तो वह चिह्न घूमता हुआ दिखायी पड़ेगा, परन्तु यदि चिह्न को चकाचौंध प्रकाश में देखा जाए तो चिह्न 'स्थिर' दिखायी पड़े तो इसका अर्थ यह होगा कि डिस्क की घूर्णन आवृत्ति तथा प्रकाश की चौंध की आवृत्ति 'एकसमान' है। प्रकाश की आवृत्ति यन्त्र के अंशांकित स्केल पर पढ़ी जा सकती है।

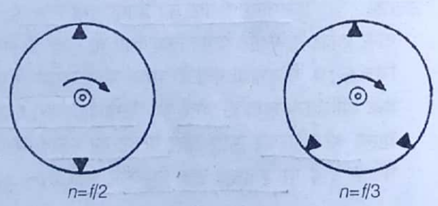


चित्र 6.20

क्रियाविधि Working माना n डिस्क की घूर्णन आवृत्ति अर्थात् शाफ्ट की घूर्णन आवृत्ति rps में है तथा f प्रकाश की चौंध की आवृत्ति Hz में है। यदि डिस्क पर बना चिह्न प्रकाश की चौंध में स्थिर दिखायी देता है तो n तथा f के मान समान होंगे।

यदि $n = f/2, n = f/3, ...$ है तो डिस्क पर बना चिह्न दो स्थानों पर, तीन स्थानों पर, ... पर दिखायी पड़ेगा। इसका कारण यह है कि $n = f/2$ की दशा में जितने समय में डिस्क आधा चक्कर पूर्ण करेगी, उसी समय दूसरा प्रकाश चौंध उत्पन्न हो जाएगा और चिह्न नीचे की ओर दिखायी पड़ेगा। इसी प्रकार $n = f/3$ की दशा में, पूरे एक चक्कर में चिह्न तीन बार दिखायी देगा। जैसा कि चित्र 6.21 में दिखाया गया है।

इसके अतिरिक्त यदि $n = 2f, n = 3f, ...$ है तो डिस्क बना चिह्न एक ही बार तथा स्थिर दिखायी देगा। इसका कारण यह है कि $n = 2f$ की दशा में अगला प्रकाश चौंध जब उत्पन्न होगा, उतने समय में डिस्क दो चक्कर पूर्ण कर लेगी और चिह्न स्थिर दिखायी पड़ेगा। अतः परिणाम त्रुटिपूर्ण आ सकता है।



चित्र 6.21

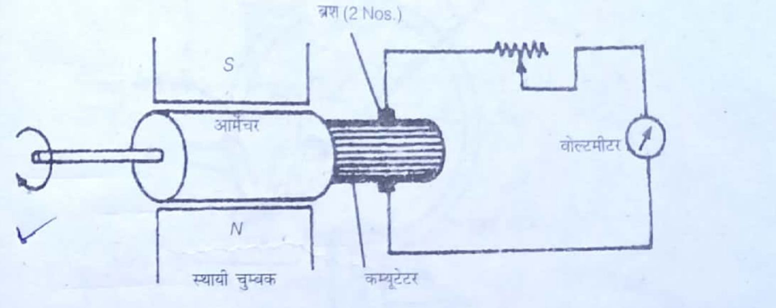
इसलिए ऊपर बतायी गई परिस्थितियों से बचने के लिए एक चिह्न वाली डिस्क का प्रयोग करना चाहिए। प्रारम्भ में प्रकाश की चौंध आवृत्ति सर्वाधिक पर सेट करनी चाहिए। अब धीरे-धीरे चौंध आवृत्ति घटानी चाहिए। जब चिह्न पहली बार स्थिर दिखने लगे तो चौंध की आवृत्ति डिस्क की घूर्णन आवृत्ति के बराबर हो जाती है।

प्रश्न 14. टैकोमीटर क्या होता है? इसकी कार्य प्रणाली समझाइए। (2013, 14)

अथवा **टैकोमीटर पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** (2016)

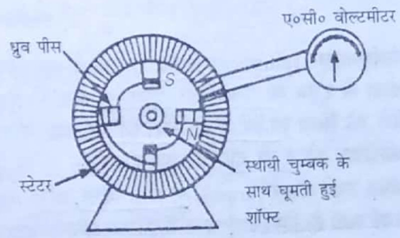
उत्तर कोणीय चाल का मापन टैकोमीटर (tachometer) की सहायता से किया जाता है। टैकोमीटर विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करता है। टैकोमीटर दो प्रकार के होते हैं—डी०सी० टैकोमीटर तथा ए०सी० टैकोमीटर।

1. **डी०सी० टैकोमीटर** D.C. Tachometer डी०सी० टैकोमीटर डी०सी० जेनरेटर के सिद्धान्त पर कार्य करता है। डी०सी० टैकोमीटर में एक छोटी आर्मेचर कुण्डली (armature coil) लगी रहती है जिसे घूर्णन गति करते हुई शाफ्ट से जोड़ दिया जाता है। आर्मेचर चुम्बकीय क्षेत्र में घूमने लगती है। आर्मेचर से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होने के कारण आर्मेचर में प्रेरित वि०वा०ब० उत्पन्न हो जाता है। वि०वा०ब० का मान शाफ्ट की घूर्णन गति के समानुपाती होता है। चित्र 6.22 में डी०सी० टैकोमीटर का रेखा चित्र दर्शाया गया है। कम्यूटेटर (commutator) की सहायता से प्रतिरोध में विद्युत धारा सदैव एक ही दिशा में बहती है। वोल्टेज की ध्रुवता शाफ्ट की गति की दिशा पर निर्भर करती है। वि०वा०ब० का मान चल कुण्डली वोल्टमीटर (moving coil voltmeter) की सहायता से पढ़ लिया जाता है। वोल्टमीटर पूर्व से ही घूर्णन गति के लिए अंशांकित किया रहता है। डी०सी० टैकोमीटर के कम्यूटेटर तथा ब्रश जल्द ही खराब हो जाते हैं, इसलिए इनके रख-रखाव की आवश्यकता रहती है।



चित्र 6.22 डी०सी० कम्यूटेटर

2. **ए०सी० टैकोमीटर** A.C. Tachometer ए०सी० टैकोमीटर में डी०सी० टैकोमीटर की व्यावहारिक कठिनाइयाँ दूर हो जाती है। ए०सी० टैकोमीटर में चुम्बक को घूमती हुई शाफ्ट से सम्बद्ध कर दिया जाता है। कुण्डली को स्टेटर (stator) पर लपेटा जाता है, इस कारण कम्यूटेटर व ब्रश वाली कठिनाइयाँ दूर हो जाती हैं।



चित्र 6.23 ए०सी० टैकोमीटर

जब स्थिर कुण्डली के मध्य चुम्बक घूमता है तो कुण्डली के सिरों पर प्रेरित वि०वा०ब० उत्पन्न हो जाता है। चूँकि वि०वा०ब० का आयाम (amplitude) तथा आवृत्ति शाफ्ट की घूर्णन गति के समानुपाती रहती है, इसलिए प्रेरित वि०वा०ब० का आयाम या आवृत्ति में से किसी को भी गति मापन का आधार बनाया जा सकता है। हालाँकि ए०सी० टैकोमीटर की भी अपनी सीमाएँ हैं। अत्यधिक उच्च आवृत्ति वाली घूर्णन गति में कुण्डली का प्रेरण प्रतिघात ($X_L = 2\pi fL$) बढ़ जाता है जिस कारण कुण्डली की प्रतिबाधा ($Z = \sqrt{X_L^2 + R^2}$) भी बढ़ जाती है।

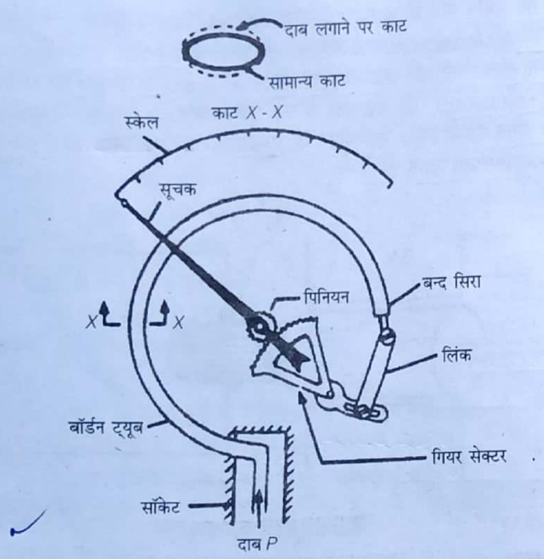
प्रश्न 15. विभिन्न प्रकार की दाबमापी युक्तियों के नाम लिखिए।

उत्तर ये युक्तियाँ वे प्राथमिक ट्रांसड्यूसर हैं जो दाब परिवर्तन की संवेदना को सबसे पहले ग्रहण करती हैं। प्रमुख दाबमापी युक्तियों में बॉर्डन ट्यूब, डायफ्राम, कैप्सूल तथा बैलो गिने जाते हैं।

प्रश्न 16. स्वच्छ चित्र की सहायता से बॉर्डन ट्यूब दाबमापी की कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए। (2013)

अथवा **बॉर्डन ट्यूब से आप क्या समझते हैं? इसकी कार्यप्रणाली को स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइए।** (2016, 18)

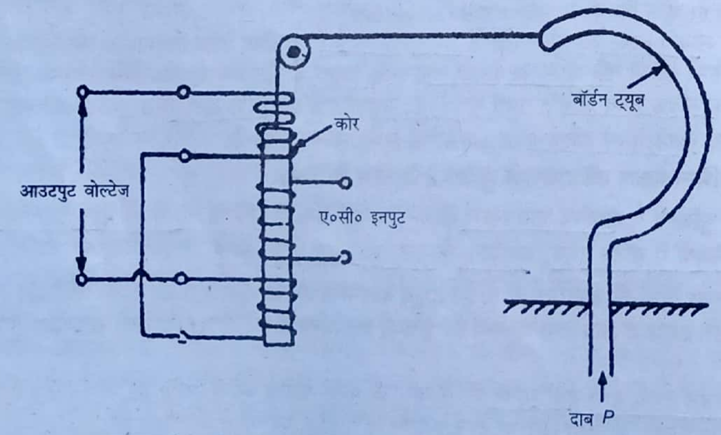
उत्तर बॉर्डन ट्यूब द्वारा दाब मापन विधि का सर्वाधिक प्रयोग किया जाता है। बॉर्डन ट्यूब का एक सिरा खुला तथा स्थिर रहता है, उसी सिरे पर दाब लगाया जाता है। ट्यूब का दूसरा सिरा बन्द (sealed) तथा घूमने के लिए स्वतंत्र रहता है। इस सिरे पर यंत्रावली (mechanism) द्वारा सूचक को विस्थापित किया जाता है। ट्यूब की काट



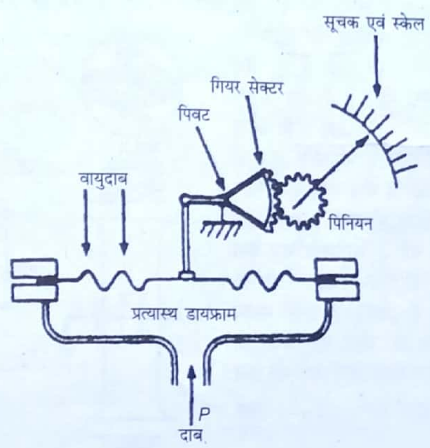
चित्र 6.24 C – टाइप बॉर्डन ट्यूब

दीर्घवृत्ताकार (elliptical or oval) होती है। आंतरिक दाब बढ़ने पर ट्यूब की काट परिवर्तित होने लगती है जिसकी **वजह से ट्यूब का मुक्त सिरा विस्थापित** होता है। मुक्त सिरे का विस्थापन दाब के समानुपाती रहता है। ट्यूब के मुक्त **सिरे को स्प्रिंग लोडेड लिंक**, सेक्टर गियर तथा पिनियन की यंत्रावली से जोड़ दिया जाता है। पिनियन पर लगा सूचक **अंशांकित स्केल** पर दाब की माप देता है।

बॉर्डन ट्यूब पीतल (brass), स्टेनलैस स्टील, काँसा (bronze), फॉस्फर ब्रॉंज (phosphor bronze) या मोनल पदार्थ की **बनाई जाती है।** निम्न दाब मापन में फॉस्फर ब्रॉंज तथा उच्च दाब मापन के लिए स्टेनलैस स्टील की ट्यूब प्रयोग की जाती है।



चित्र 6.25 बॉर्डन ट्यूब व LVDT द्वारा दाब मापन



चित्र 6.26 डायफ्राम द्वारा दाब मापन

बॉर्डन ट्यूब द्वारा दाब मापन में LVDT ट्रांसड्यूसर का प्रयोग किए जाने की व्यवस्था चित्र 6.25 में दर्शायी गयी है। दाब परिवर्तित होने पर ट्यूब के मुक्त सिरे से सम्बद्ध आयरन कोर दोनों सेकण्डरी कुण्डलियों के मध्य विस्थापित होता है। जिसके कारण दोनों सेकण्डरी की प्रेरकत्व में विपरीत परिवर्तन आ जाता है। अत: दाब परिवर्तन सेकण्डरी S_1 तथा S_2 के वोल्टेज के अंतर के रूप में ज्ञात हो जाता है।

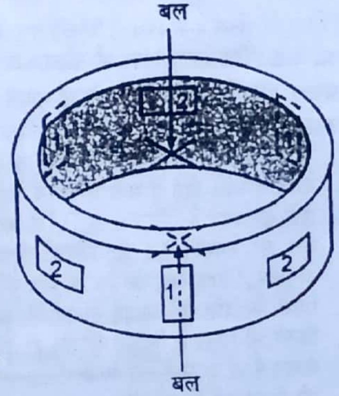
प्रश्न 17. विकृतिमापी क्या है? किसी एक विकृतिमापी की कार्य पद्धति समझाइए। **(2012)**

अथवा **लोड सेल की बनावट व कार्य पद्धति का वर्णन कीजिए।**

अथवा **स्ट्रेन-गेज का वर्णन कीजिए।** **(2017)**

उत्तर **विकृतिमापी** Straingauge यह प्रायोगिक प्रतिबल विश्लेषण में विकृति का मापन करने तथा उससे सम्बन्धित प्रतिबल ज्ञात करने की युक्ति है। इसके अतिरिक्त विकृतिमापी सेकण्डरी ट्रांसड्यूसर के रूप में टॉर्क मापन, दाब मापन, तापमान, सेन्सर्स वेग वृद्धि मापन तथा फ्लो मापन आदि में इसका प्रयोग किया जाता है।

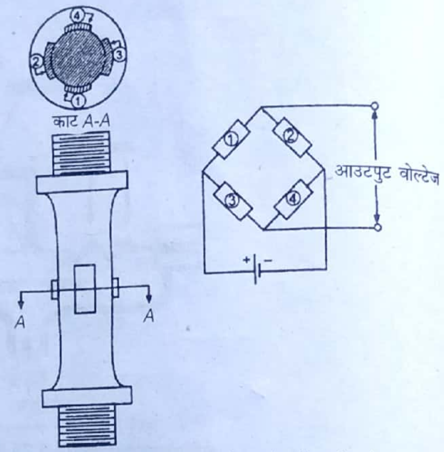
लोड सेल Load Cell ये बल तथा भार ज्ञात करने के लिए प्रयोग किए जाते हैं। ये प्रतिरोध वायर स्ट्रेन गेज को सेकण्डरी ट्रांसड्यूसर के रूप में प्रयोग करते हैं। 'लोड सेल' किसी प्रत्यास्थ पदार्थ का बना होता है जो प्राइमरी ट्रांसड्यूसर का कार्य करता है। बल के कारण उत्पन्न विकृति ज्ञात करने के लिए स्ट्रेन गेज सेकण्डरी के रूप में प्रयोग किए जाते हैं, इसलिए लोड सेल को कभी-कभी विद्युत लोड सेल (electric load cell) भी कहते हैं।



चित्र 6.27 लोड सेल द्वारा बल/भार का मापन

(i) **संपीडन लोड सेल** Compressive Load Cell चित्र 6.27 में भार ज्ञात करने के लिए संपीडन लोड सेल, एक लोड सेल दर्शाया गया है। इसमें छ: स्ट्रेन गेज प्रयोग किए गए हैं। तीन स्ट्रेन गेज, जिन्हें संख्या '1' से दर्शाया गया है, उन्हें एक-दूसरे के साथ श्रेणीक्रम में ब्रिज की भुजा '1' में लगाया जाता है। क्रम संख्या '1' वाले तीनों स्ट्रेन गेज अक्षीय विकृति के लिए संवेदनशील हैं। क्रम संख्या "2" से दर्शाए गए स्ट्रेन गेज, पार्श्व विकृति के लिए संवेदनशील होते हैं। क्रम संख्या '1' तथा भुजा संख्या '2' को एक-दूसरे के साथ श्रेणीक्रम में जोड़ दिया जाता है। पार्श्व दिशा में लगे स्ट्रेन गेज पॉइजन रेशियो गेज कहलाते हैं। यह व्यवस्था उत्केन्द्रित बल तथा तापमान परिवर्तन से प्रभावित नहीं होती है।

तीन स्ट्रेन गेज को श्रेणीक्रम में लगाने का यह अर्थ नहीं निकालना चाहिए कि ब्रिज का आउटपुट तीन गुना बढ़ जाएगा। ऐसा सम्भव नहीं है; क्योंकि तीन स्ट्रेन गेज का कुल प्रतिरोध परिवर्तन यदि $3dR$ है तो तीनों स्ट्रेन गेज का कुल प्रतिरोध भी $3R$ है। इस कारण प्रति इकाई परिवर्तन $3\,dR/3R = dR/R$ ही रहता है। इतना ही प्रति इकाई प्रतिरोध परिवर्तन तक भी रहता है, जब दोनों भुजाओं में मात्र एक-एक स्ट्रेन गेज लगे होते हैं। अतः ब्रिज की एक भुजा में तीन प्रतिरोध लगाने का लाभ यह है कि उत्केन्द्रित बल लगने पर प्रतिरोध परिवर्तन का 'औसत' (average) मान प्राप्त हो जाता है तथा मापन त्रुटियों का प्रभाव नगण्य रह जाता है। ब्रिज की भुजा 3 व 4 में डमी स्ट्रेन लगा दिए जाते हैं। इस लोड सेल का ब्रिज नियतांक ($K = 1 + \frac{1}{m}$) होता है।



चित्र 6.28 तनाव-संपीडन स्ट्रेन गेज लोड सेल

(ii) **तनाव-संपीडन लोड सेल** Tensile-Compressive Load Cell चित्र 6.28 में एक तनाव-संपीडन बल ज्ञात करने के लिए प्रतिरोध वायर स्ट्रेन गेज लोड सेल दर्शाया गया है। चित्र में दर्शाए गए चारों स्ट्रेन गेज अक्षीय बलों (axial loads) के प्रति संवेदनशील होते हैं तथा तापमान परिवर्तन की प्रतिपूर्ति भी करते हैं। इस लोड सेल का ब्रिज नियतांक मान,

$$K = 2(1 + \frac{1}{m})$$

जहाँ $\frac{1}{m}$ लोड सेल के पदार्थ का पॉइजन रेशियो है। इस लोड सेल के द्वारा तनाव बल नापने पर ऊर्ध्व स्ट्रेन गेज 1 व 4 में (+ve) विकृति तथा क्षैतिज स्ट्रेन गेज 2 व 3 में (−ve) विकृति उत्पन्न होती है। यह दोनों विकृतियाँ विपरीत होने पर भी पॉइजन अनुपात द्वारा एक-दूसरे से सम्बन्धित रहती हैं।

प्रश्न 18. गियर दाँत की मोटाई नापने के लिए स्थिर (या नियत) जीवा विधि का वर्णन कीजिए।

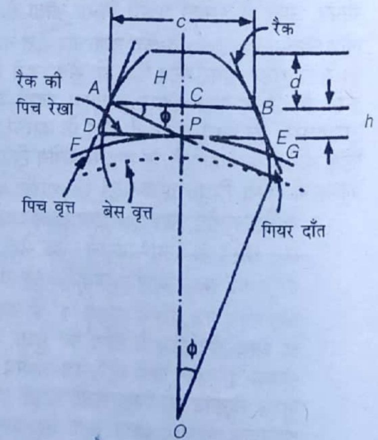
उत्तर किसी गियर की नियत जैविक मोटाई वहाँ नापी जाती है; जहाँ गियर के दाँत, मूल गियर रैक के साथ सम्पर्क करते हैं। रैक के दाँत सीधे होते हैं तथा वे अपने केन्द्र की ओर दाब कोण पर झुके हुए रहते हैं (चित्र 6.29)। रैक की पिच रेखा, गियर के पिच वृत्त पर स्पर्शी होती है। नियत जीवा विधि की परिभाषा के अनुसार, "पिच रेखा पर रैक के दाँत की मोटाई तथा पिच वृत्त पर गियर के दाँत की मोटाई आपस में बराबर होती है।" इसलिए किसी भी गियर में कितने भी दाँत हों, यदि उन सभी का मॉड्यूल समान है तो वे सभी रैक के साथ AB पर सम्पर्क करेंगे। अतः AB को गियर की नियत जीवा (constant chord) कहते हैं।

नियत जीवा की परिभाषा से,

$$ED = \text{चाप } GF$$

या

$$PD = \text{चाप } PF$$



चित्र 6.29 गियर जीवा विधि

$$PD = \frac{1}{4}\left(\frac{\pi D}{T}\right) = \frac{\pi m}{4}$$

चूँकि PA क्रिया रेखा line of action है, इसलिए $\angle PAC = \phi$ (दाब कोण)

समकोण ΔAPD में, $AP = PD\cos\phi$

इसी प्रकार समकोण ΔACP में, $AC = AP\cos\phi = PD\cos^2\phi = \frac{\pi m}{4}\cos^2\phi$

अतः नियत जीवा की चौड़ाई, $c = 2 \times AC$ या $c = \frac{\pi m}{2}\cos^2\phi$

पुनः समकोण ΔACP में, $PC = AP\sin\phi = \frac{\pi m}{4}\cos\phi.\sin\phi$

अतः नियत जीवा की गहराई, $d = PH - PC$ = परिशिष्ट (addendum m) $- PC$

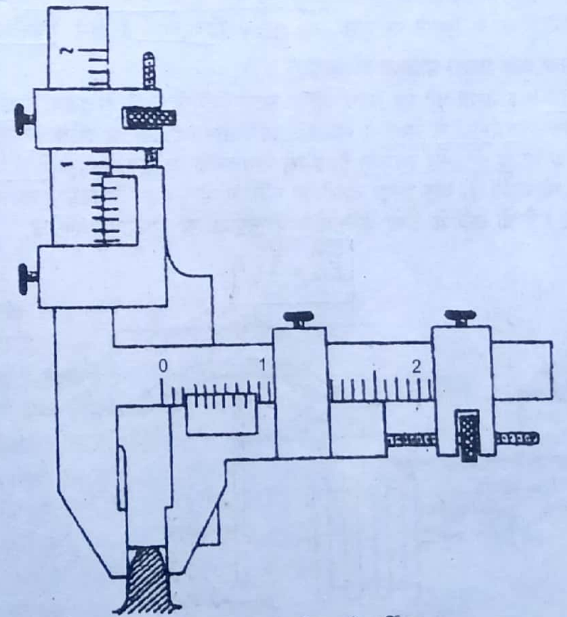
या $d = m - \frac{\pi m}{4}\cos\phi\sin\phi$

या $d = m\left(1 - \frac{\pi}{4}\cos\phi.\sin\phi\right)$

या $d = m\left(1 - \frac{\pi}{8}\sin 2\phi\right)$

प्रश्न 19. गियर दाँत वर्नियर कैलिपर से दाँतों की मोटाई कैसे नापी जाती है?

उत्तर गियर दाँत वर्नियर चित्र 6.30 (a) में दिखाया गया है। गियर के दाँत की मोटाई ऊपर से नीचे की ओर बढ़ती है, इसलिए दाँत की मोटाई का मापन एक निश्चित बिन्दु पर करना होता है। अतः मापन यन्त्र में ऐसी व्यवस्था होनी चाहिए कि दाँत की मोटाई सही बिन्दु पर नापी जा सके। गियर दाँत वर्नियर में दो वर्नियर स्केल होते हैं। एक वर्नियर स्केल गहराई d के लिए सेट किया जाता है। दूसरे वर्नियर स्केल की सहायता से दाँत की जैविक मोटाई w ज्ञात कर ली जाती है।



चित्र 6.30 (a) गियर दाँत वर्नियर

चित्र 6.30 (b) के अनुसार कोण $\angle AOD = \frac{360°}{4T} = \theta$, जहाँ T गियर के दाँतों की संख्या है। अब गियर दाँत की मोटाई,

$$w = AB = 2 \times AD$$

या $$w = 2 \times OA \sin\theta$$

या $$w = 2 \times R \sin\frac{360°}{4T}$$

चूँकि मॉड्यूल, $m = \frac{D}{T} = \frac{2R}{T}$; अतः $R = \frac{mT}{2}$

इसलिए गियर दाँत की मोटाई, $$w = mT \sin\frac{90°}{T}$$

परन्तु EC = एडेन्डम = m, इसलिए,

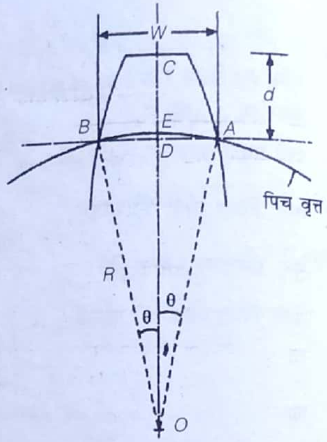
$$OC = OE + EC = R + m = \frac{mT}{2} + m$$

तथा ΔOAD में, $$OD = R\cos\theta = \frac{mT}{2}\cos\theta = \frac{mT}{2}\cos\frac{90°}{T}$$

अतः आवश्यक गहराई या जैविक एडेन्डम (chordal addendum),

$$d = OC - OD = \frac{mT}{2} + m - \frac{mT}{2}\cos\frac{90°}{T}$$

$$d = \frac{mT}{2}\left[1 + \frac{2}{T} - \cos\frac{90°}{T}\right]$$



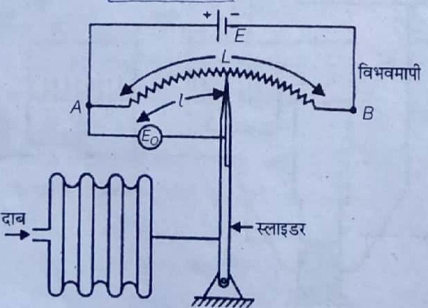
चित्र 6.30 (b) गियर दाँत की मोटाई

ध्यान रहे कि गियर दाँत की वास्तविक मोटाई सैद्धांतिक मान से सदैव कम रखी जाती है। इसका कारण यह है कि गियर को दूसरे गियर के मिलने पर कुछ 'प्ले' (play) दिया जाता है जिसे 'बैकलैश' (backlash) कहते हैं।

प्रश्न 20. बैलो द्वारा दाब मापन प्रक्रिया समझाइए।

उत्तर बैलो द्वारा दाब नापने की यह विधि अत्यंत सरल विधियों में से है। इसमें स्लाइडर बैलो से जुड़ा रहता है। स्लाइडर का सम्पर्क विभवमापी से रहता है (चित्र 6.31) तथा वह उस पर सरक सकता है। जब दाब बढ़ता है तो स्लाइडर विभवमापी पर B की ओर सरकता है। इससे विभवमापी पर सम्पर्क लम्बाई 'l' बढ़ती है। इसके फलस्वरूप आउटपुट वोल्टेज भी बढ़ती है। यदि इनपुट बैटरी का टर्मिनल वोल्टेज E, विभवमापी तार की लम्बाई L तथा स्लाइडर की सम्पर्क लम्बाई l है तो दाब के लिए कैलिब्रेटेड वोल्टमीटर पर आउटपुट वोल्टेज,

$$\boxed{E_O = \frac{E}{L} l}$$



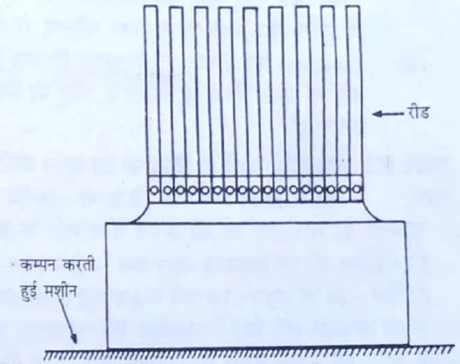
चित्र 6.31 विभवमापी ट्रांसड्यूसर

प्रश्न 21. निम्न पर टिप्पणी लिखिए—

(i) कम्पन रीड टैकोमीटर
(ii) दाब का मापन
(iii) डायफ्राम द्वारा दाब का मापन
(iv) इलेक्ट्रॉनिक काउन्टर।

उत्तर (i) **कम्पन रीड टैकोमीटर** Vibration Reed Tachometer किसी कम्पन करती हुई वस्तु की आवृत्ति ज्ञात करने के लिए कम्पन रीड टैकोमीटर युक्ति का प्रयोग किया जाता है। इसमें कैंटिलीवर बीम के रूप में बहुत सारी रीड लगी रहती हैं, प्रत्येक रीड के मुक्त सिरे पर छोटे-छोटे द्रव्यमान लगे रहते हैं। द्रव्यमान की स्थिति बदलकर रीड के कम्पनों की स्वाभाविक आवृत्ति परिवर्तित की जा सकती है।

जब इस यन्त्र को कम्पन करती हुई मशीन पर लगा दिया जाता है, तब जिस 'रीड' की स्वाभाविक आवृत्ति कम्पनों की आवृत्ति के लगभग बराबर होती है, वह रीड अनुनाद की अवस्था प्राप्त कर लेती है। इसके फलस्वरूप उस 'रीड' के कम्पनों का आयाम बढ़ जाता है। अतः मशीन के कम्पनों की आवृत्ति, रीड की आवृत्ति से ज्ञात कर ली जाती है। इस यन्त्र की यथार्थता (accuracy) दो क्रमागत रीड (successive reed) की स्वाभाविक आवृत्ति के अन्तर पर निर्भर करती है। क्रमागत रीड की आवृत्तियों के मध्य अन्तर जितना छोटा होगा, यन्त्र की यथार्थता उतनी अधिक होगी।



चित्र 6.32 कम्पन रीड टैकोमीटर

(ii) **दाब का मापन** Measurement of Pressure प्रति एकांक क्षेत्रफल पर लगने वाला अभिलम्बवत् बल दाब कहलाता है।

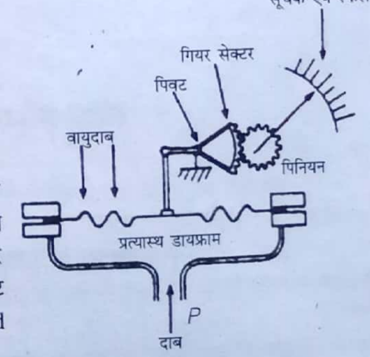
$$P = \frac{F}{A}$$

दाब का S.I. मात्रक N/m^2 होता है। इस पास्कल (Pascal) भी कहते हैं। द्रव स्थैतिक दाब की गहराई h, द्रव के घनत्व ρ तथा गुरुत्वीय त्वरण g पर निर्भर करता है। अतः

$$P = h\rho g$$

एक वायुमण्डलीय दाब का मान 0.76 m पारे के स्तम्भ के बराबर होता है।

(iii) **डायफ्राम द्वारा दाब का मापन** Measurement of Pressure by Diaphragm डायफ्राम द्वारा दाब मापन की व्यवस्था चित्र 6.33 दर्शायी गयी है। डायफ्राम के एक ओर बन्द आवरण में दाब लगाया जाता है। डायफ्राम के दूसरी ओर लीवर, सेक्टर गियर तथा पिनियन यंत्रावली लगी रहती है। डायफ्राम के एक ओर दाब बढ़ने पर दूसरी ओर विक्षेप (deflection) उत्पन्न होता है। उपयुक्त विधि से पिनियन पर लगा सूचक अंशांकित स्केल दाब का मान दर्शाता है। फ्लैट डायफ्राम की अपेक्षा झिर्रीदार डायफ्राम (corrugated diaphragm) अधिक आउटपुट देते हैं।



चित्र 6.33 डायफ्राम द्वारा दाब मापन

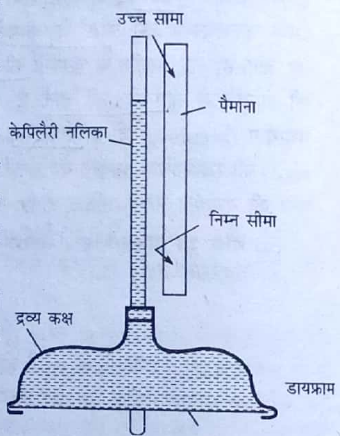
(iv) **इलेक्ट्रॉनिक काउन्टर** Electronic Counter इलेक्ट्रॉनिक काउन्टर का उपयोग घटना (event) की गिनती (count) करने में किया जाता है, इसलिए यह गिनने वाली युक्ति (counting device) या नम्बर का इवेन्ट्स या आइटम पर यूनिट टाइम (number of events of items per unit time) या E.P.U.T. के रूप में प्रयोग किए जाते हैं। इनपुट सिगनल द्वारा इलेक्ट्रॉनिक काउन्टर को सीधे ही संवेदना प्राप्त होती है। बल्ब का 'जलना' व 'बन्द' होना भी इलेक्ट्रॉनिक काउन्टर के लिए एक घटना है तथा बल्ब से निकलने वाला प्रकाश काउन्टर के लिए इनपुट सिगनल है। अर्द्धचालक फ़ोटो सेल, फोटोइलेक्ट्रिक सेल, परिवर्तनीय प्रतिरोध, प्रेरकत्व तथा धारिता इत्यादि काउन्टर के रूप में प्रयोग किए जाते हैं। उपरोक्त युक्तियों से वोल्टेज की आवश्यकता होने पर इसे प्रवर्धक द्वारा प्रवर्धित (amplify) कर लिया जाता है। इनपुट सिगनल के रूप में विस्थापन, वेग, त्वरण, प्रतिबल, दाब, भार इत्यादि कोई भी प्रयोग किया जा सकता है, परंतु यह ध्यान रहे कि दो इनपुट आपस में कभी भी एक ही समय में न उत्पन्न हों।

प्रश्न 22. जल-प्रेरित यंत्रों के सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

उत्तर **जलीय मापन यन्त्रों का सिद्धान्त**—जलीय यन्त्र पास्कल के नियम पर कार्य करते हैं जिसके अनुसार, दाबान्तर का मान, द्रव तल की ऊँचाई में परिवर्तन के समानुपाती होता है, (चित्र-6.34)।

इस सिद्धान्त को द्रव विस्थापन मापन यन्त्र से ठीक प्रकार समझा जा सकता है। चित्र 6.34 के अनुसार इस यन्त्र में एक कक्ष होता है जिसके निचले भाग में एक डायफ्राम लगी होती है। डायफ्राम से मापन प्लंजर जुड़ा होता है। कक्ष के ऊपरी भाग में एक पतली ट्यूब लगी होती है जिसमें पैमाना लगा होता है। कक्ष तथा ट्यूब आंशिक रूप से कम श्यानता वाले द्रव में डूबा रहता है। मापन प्लंजर का विस्थापन, डायफ्राम के ऊपर द्रव को सम्पीडित करता है जिससे ट्यूब में द्रव के तल के सापेक्ष परिवर्तन होता है। ट्यूब में द्रव के तल में परिवर्तन प्लंजर के विस्थापन के समानुपाती होता है जिसे सीधे पैमाने पर पढ़ लिया जाता है।

उपरोक्त के अतिरिक्त जलीयमापन यन्त्र आर्किमिडीज के सिद्धान्त, बरनौली प्रमेय, सततता (continuity) के सिद्धान्त तथा संवेग संरक्षण के सिद्धान्त पर भी कार्य करते हैं।



चित्र 6.34

7 तापमान मापन
Temperature Measurement

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. RTD का पूर्ण रूप लिखिए।

उत्तर Resistance Temperature Detectors.

प्रश्न 2. तापमापी के ऊपरी भाग को क्या कहते हैं?

उत्तर तापमापी के ऊपरी भाग को स्टेम कहते हैं।

प्रश्न 3. गेज के रूप में किसका प्रयोग किया जाता है?

उत्तर गेज के रूप में बॉर्डन ट्यूब, बैलो या डायफ्राम का प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 4. यदि द्रव के रूप में पारे का प्रयोग हो तो किस प्रकार के बल्ब का प्रयोग किया जाता है?

उत्तर स्टैनलेस स्टील।

प्रश्न 5. द्विधात्विक तापमापी बनाने के लिए किसका प्रयोग किया जाता है?

उत्तर द्विधात्विक पत्ती।

प्रश्न 6. सीबेक प्रभाव किसे कहते हैं?

उत्तर दो भिन्न तारों की संधि के मध्य विद्युत वाहक बल उत्पन्न हो जाता है, इसे सीबेक प्रभाव कहते हैं।

प्रश्न 7. मोनल का प्रत्यास्थता गुणांक कितना होता है?

उत्तर $179\ GN/m^2$.

प्रश्न 8. पेल्टियर प्रभाव किसे कहते हैं?

उत्तर जब धातु तारों की संधियों के तापमान अलग-अलग होते हैं, तब इसे पेल्टियर प्रभाव कहते हैं।

प्रश्न 9. तापयुग्म बनाने के लिए किन्हीं दो धातुओं के नाम बताइए।

उत्तर कॉपर, आयरन।

प्रश्न 10. प्लैटिनम का तापमान परिसर कितना होता है?

उत्तर 700 से 1482°C.

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. विभिन्न प्रकार के तापमापिकाओं के नाम लिखिए। **(2016, 18)**

अथवा **तापमानमापी (तापमापी) यंत्रों का वर्गीकरण कीजिए। इनमें से किसी एक का वर्णन कीजिए।**

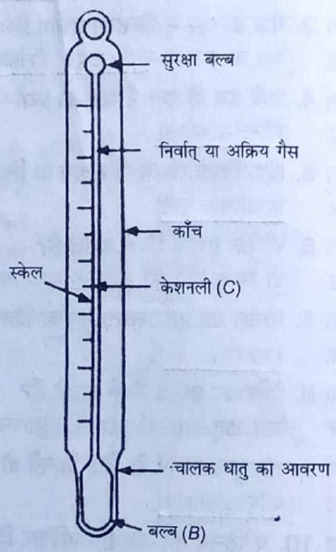
अथवा **किसी एक प्रकार की थर्मामीटर की व्याख्या कीजिए।** **(2016)**

उत्तर तापमापी को भौतिक राशि के परिवर्तन के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. **काँच तापमापी** Glass Thermometer यह तापमापी तापमान बढ़ने पर द्रवों के प्रसार के आधार पर कार्य करते हैं तथा प्रसार की माप तापमान की माप प्रदर्शित करती है।
2. **दाब तापमापी** Pressure Thermometer यह तापमापी तापमान बढ़ने पर द्रव या गैस के दाब परिवर्तन के आधार पर कार्य करते हैं तथा दाब की माप तापमान की माप होती है।

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 तरंगदैर्ध्य 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—

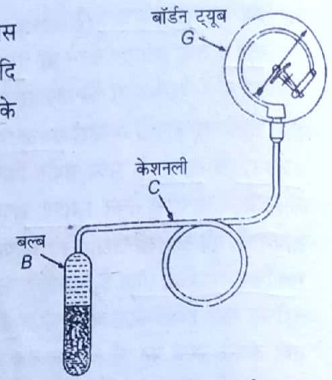
$$\boxed{V_T = V_0(1 + \gamma T)}$$

जहाँ V_T, V_0 द्रव के अंतिम व आरम्भिक तापमान पर आयतन, T अंतिम तापमान तथा γ 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।

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,
$$\boxed{PV = nRT}$$
$$P = \left(\frac{nR}{V}\right)T \quad \ldots(i)$$
या
$$P \propto T$$
अतः
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \ldots(ii)$$

जहाँ 1 व 2 दाब व ताप के स्केल पर न्यूनतम तथा उच्चतम मान दर्शाते हैं। अतः 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
$$n = \frac{V}{R}\left(\frac{P_1}{T_1}\right) = \frac{V}{R}\left(\frac{P_2}{T_2}\right) = \frac{V}{R}\left(\frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}\right) \quad \ldots(iii)$$

अतः गैसयुक्त दाब तापमापी के उपरोक्त सीमाओं के मध्य प्रयोग करने के लिए गैस का आवश्यक भार
$$m = nM$$
जहाँ M गैस का अणुभार है।

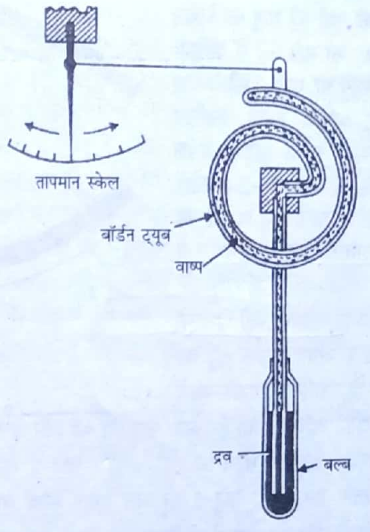
3. **द्रव वाष्पयुक्त दाब तापमापी** Liquid Vapour Gas Pressure Thermometer इस तापमापी में मेथिल क्लोराइड, सल्फर डाइ-ऑक्साइड, ईथर, टॉलूईन, ब्यूटेन इत्यादि को बल्ब में इस प्रकार भरा जाता है कि द्रव की सतह बल्ब में ही रहे। (चित्र 7.3)। डाल्टन के नियम के अनुसार यदि किसी निकाय में द्रव व वाष्प दोनों ही उपस्थित हैं तो किसी दिए गए तापमान के लिए केवल एक दाब ही प्रभावी होता है। अतः 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 अनुमानतः पालन होता है—
$$P = 2.303 \log_{10}\left(\alpha - \frac{\beta}{T}\right)$$

अतः 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।

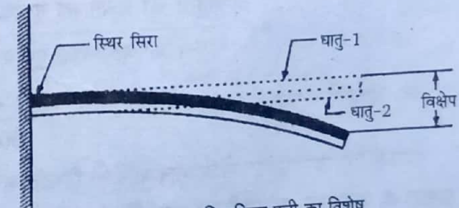
उत्तर द्विधात्विक तापमापी का उपयोग ऐसे सभी स्थानों पर किया जाता है, जहाँ का वातावरण निश्चित तापमान पर सदैव बनाए रखना आवश्यक होता है। तापमान की ऐसी आवश्यकता खाद्य पदार्थों, रसायन तथा बीज से सम्बंधित उद्योगों में पड़ती है।

सिद्धान्त Principle यह तापमापी प्रमुखतः 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।

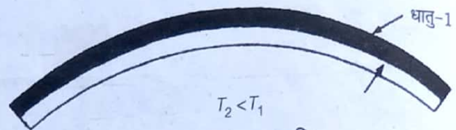
कार्यविधि Working द्विधात्विक तापमापी बनाने के लिए द्विधात्विक पत्ती (bimetallic strip) का प्रयोग किया जाता है जो दो भिन्न धातुओं की पत्तियों को आपस में जोड़ कर बनायी जाती है। दोनों पत्तियों को आपस में इस प्रकार चिपकाया जाता है कि तापमान परिवर्तित होने पर वे एक साथ विक्षेपित होती हैं। चूँकि दोनों धातुओं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



चित्र 7.4 द्विधात्विक पत्ती का विक्षेप

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

प्रसार गुणांक α_1 तथा नीचे की पत्ती की धातु का रेखीय प्रसार गुणांक α_2 है। यदि α_1 का मान α_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।

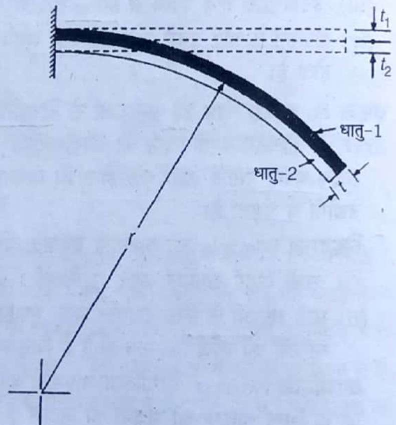


चित्र 7.5 तापमान वृद्धि

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 α_1 का मान धातु-2 के α_2 से अधिक है, इसलिए तापमान बढ़ने पर $(T_2 > T_1)$ धातु-1 का प्रसार अधिक होता है। अतः 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,

α_1 = उच्च तापमान प्रसार गुणांक (धातु-1),

α_2 = निम्न तापमान प्रसार गुणांक (धातु-2),

t_1 = धातु-1 की पत्ती की मोटाई,

t_2 = धातु-2 की पत्ती की मोटाई,

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

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

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

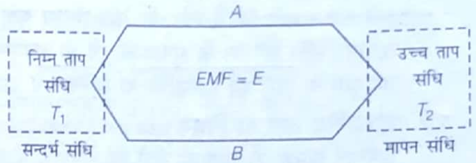
उपरोक्त सूत्र की सहायता से तापमान बढ़ने पर द्विधात्विक पत्ती की विक्षेप अवस्था में त्रिज्या ज्ञात कर ली जाती है।

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 सामान्यतः 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।

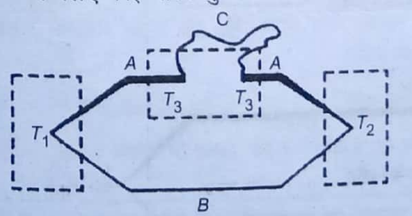
1000°C से 1600°C तक —प्लेटिनम-प्लेटिनम इरीडियम।

1600°C से 2000°C तक —इरीडियम-रेडियम।

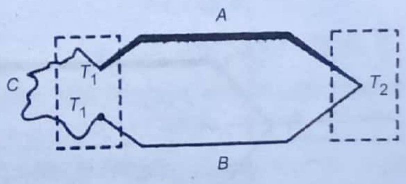
प्रश्न 5. तापयुग्म तापमापी के नियमों का उल्लेख कीजिए।

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

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 क्रमशः 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 क्रमशः 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)।

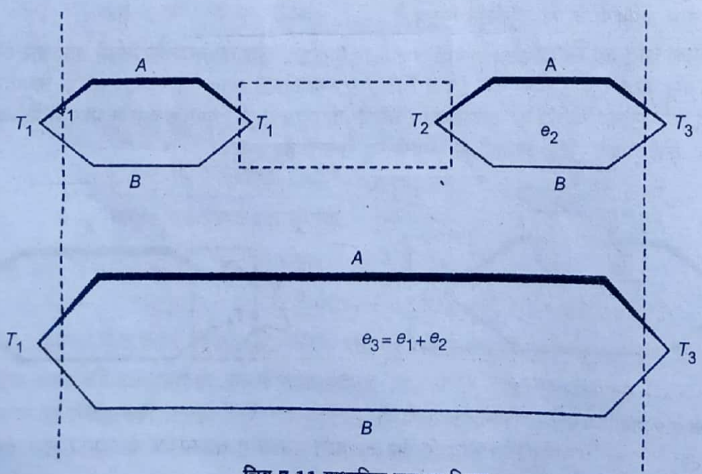
3. **ताप वि०वा०ब० समीकरण** Thermo e.m.f. Equation तापयुग्म का विद्युत वाहक बल मापन संधि के तापमान पर आधारित होता है। यदि सन्दर्भ-संधि का तापमान $T_1 = 0°C$ तथा मापन संधि का तापमान T_2°C है तो ताप वि०वा०ब०,

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

जहाँ α तथा β 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। अतः 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

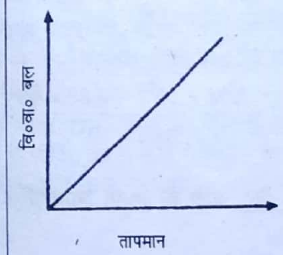
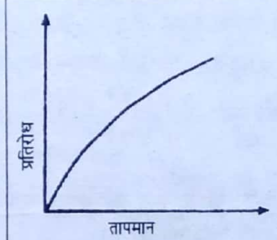
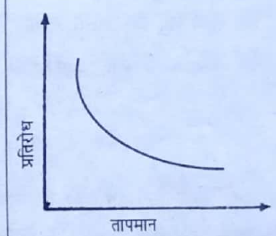
e_{BC} = धातु तार B व C के तापयुग्म का वि०वा०ब०

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 हैं।
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। अतः

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।

प्रश्न 8. विकिरण पायरोमीटर का वर्णन कीजिए। **(2011, 12, 13, 14)**

***अथवा* रेडिएशन पायरोमीटर पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** **(2015, 17)**

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 तरंगदैर्घ्य 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—

$$\boxed{E_b = \sigma T^4 \text{ W/m}^2}$$

जहाँ, σ स्टीफन-बोल्ट्जमैन नियतांक (Stefan-Boltazmann constant) है। σ का मान $5.72 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 - \text{K}^4$ 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 $T = 700°\text{C}$ तथा $T_0 = 27°\text{C}$ तो

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

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,

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

जहाँ, ∊ 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—

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

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

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

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

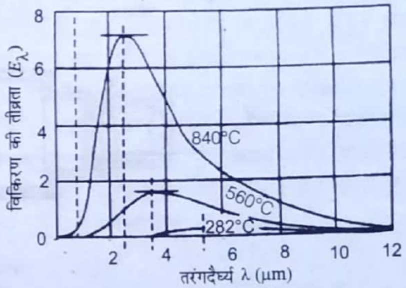
सारणी : सतहों की उत्सर्जकता Emissivity of Surfaces

सतह (Surface)	∊ (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 तरंगदैर्घ्य की सहभागिता सर्वाधिक होती है। जैसे-जैसे कृष्णिका का तापमान बढ़ाया जाता है, सर्वाधिक ऊर्जा वाली तरंगदैर्घ्य का मान घटने लगता है। अत: वीन के विस्थापन के नियम (Wien's displacement law) के अनुसार,

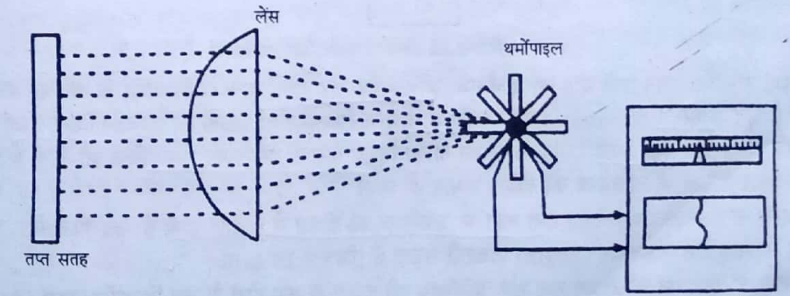
$$\boxed{\lambda_m T = b}$$

जहाँ, b वीन का नियतांक है जिसका मान 2.9×10^3 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 तरंगदैर्घ्य 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।



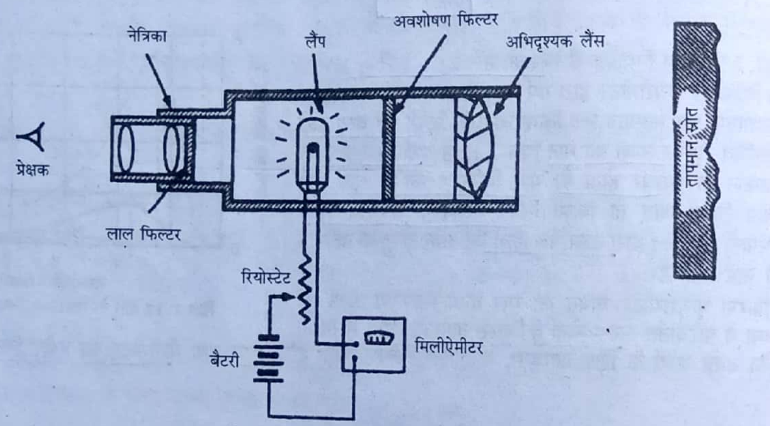
चित्र 7.13 विकिरण पायरोमीटर

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।



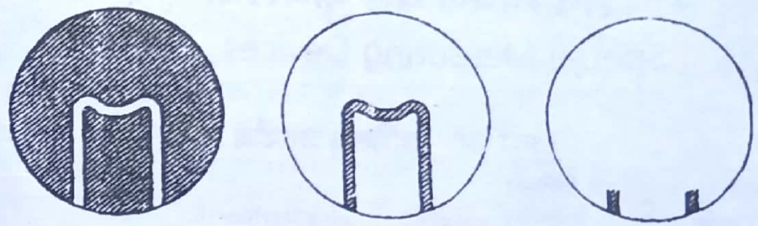
चित्र 7.14 प्रकाशीय पायरोमीटर का आरेख

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 सहायता 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।



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।

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।

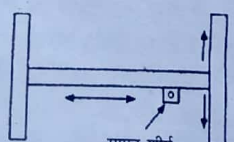
प्रश्न 5. CMM के द्वारा होने वाली मापन प्रक्रियाएँ बताइए।

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

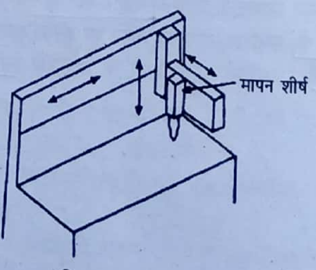
खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

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

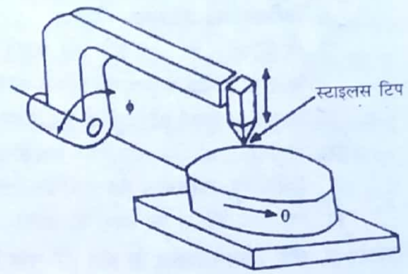
उत्तर **निर्देशांक मापन मशीन** Co-ordinate Measuring Machine; CMM मशीन X, Y तथा Z-अक्ष के पूर्ण यथार्थ मापन करने में सक्षम होती है। इनकी मापन प्रक्रिया आसान, विश्वसनीय तथा आसानी से नियंत्रित की जा सकती है। प्रत्येक स्लाइड का रेखीय विस्थापन रेखीय ट्रांसड्यूसर द्वारा नापा जाता है। ट्रांसड्यूसर का आउटपुट 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

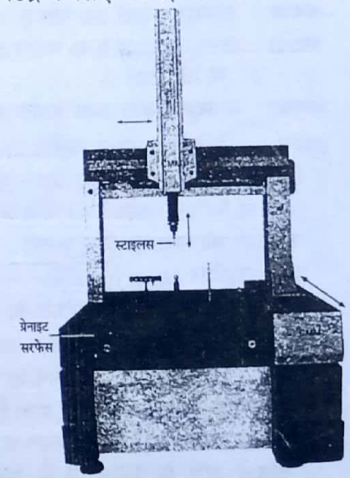


चित्र 8.3 गोलीय CMM

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-θ मापन मशीन भी कहते हैं, गोलीय अवयवों को जाँच करने के लिए प्रयोग की जाती हैं।

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। अतः 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।



चित्र 8.4 CMM

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।

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।

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)

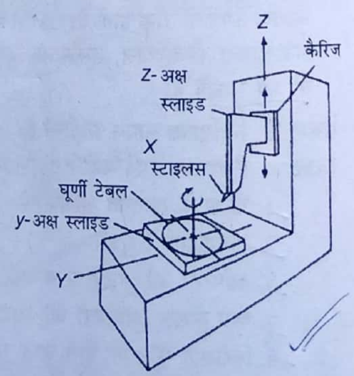
अथवा **कम्प्यूटर-कृत 3D मापक मशीन की कार्य-विधि पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** (2015)

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।



चित्र 8.5 3D मापन मशीन

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

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।

9 कम्पन का मापन

Measurement of Vibration

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. कम्पन वेज का प्रयोग कब किया जाता है?

उत्तर जब कभी कम्पनों का आयाम 1 mm से अधिक होता है तो कम्पन मापन के लिए कम्पन वेज का प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 2. ज्यावक्रीय कम्पन का विस्थापन समीकरण लिखिए।

उत्तर $x = X \sin \omega t$, जहाँ X कम्पन का आयाम, ω कम्पन की आवृत्ति तथा x कण का t समय पर विस्थापन है।

प्रश्न 3. साइन वक्र कम्पनों को समझने के लिए किसकी आवश्यकता होती है?

उत्तर साइन वक्र कम्पनों को समझने के लिए आयाम तथा आवृत्ति या अधिकतम वेग व अधिकतम त्वरण की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 4. कम्पनों का मापन किसके द्वारा किया जा सकता है?

उत्तर कम्पनों का आयाम, वेग या त्वरण को उपयुक्त ट्रांसड्यूसर की सहायता से ज्ञात कर कम्पनों का मापन किया जा सकता है।

प्रश्न 5. कम्पनों की आवृत्ति किस युक्ति के द्वारा ज्ञात की जा सकती है?

उत्तर डिजिटल आवृत्ति मीटर की सहायता से।

प्रश्न 6. कम्पन वेज के टुकड़े के सिरों का आकार कैसा होता है?

उत्तर कम्पन वेज का टुकड़ा एक सिरे पर चौड़ा तथा दूसरे सिरे पर नुकीला होता है।

प्रश्न 7. कम्पनों की आवृत्ति ज्ञात करने के लिए किसका प्रयोग किया जाता है?

उत्तर कम्पनों की आवृत्ति ज्ञात करने के लिए कैंटिलीवर बीम का प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 8. भूकम्पी त्वरणमापी में प्रयोग किए जाने वाले पिण्ड को क्या कहते हैं?

उत्तर भूकम्पी त्वरणमापी में प्रयोग किए जाने वाले पिण्ड को भूकम्पी द्रव्यमान कहते हैं।

प्रश्न 9. LVDT त्वरणमापी किस पर आधारित होता है?

उत्तर LVDT त्वरणमापी रेखीय वोल्टेज विभेदी ट्रांसफॉर्मर पर आधारित होता है।

प्रश्न 10. पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल कम्पनों के प्रति कैसे होते हैं?

उत्तर अत्यन्त सुग्राही।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. कम्पन की परिभाषा दीजिए तथा इसके कारण बताइए।

उत्तर जब कभी किसी वस्तु का विस्थापन-समय (displacement-time) परिवर्तन सतत् रूप से किसी विशेष प्रकृति का होता रहे तो इस घटना को कम्पन कहते हैं।

कम्पन के प्रमुख कारण निम्न हैं—

1. कम्पन का सामान्य कारण 'असंतुलन' (imbalance) होना है। यह स्थिति तब उत्पन्न होती है जब घूर्णन गति करते हुए अवयव का गुरुत्व केन्द्र घूर्णन अक्ष पर न हो। इस समस्या को दूर करने के लिए संतुलन द्रव्यमान प्रयोग किए जाते हैं।
2. सामान्य कारणों में मशीन अवयवों की 'संरेखन त्रुटि' (errors in alignment) भी कम्पन का प्रमुख कारण है। इसको दूर करने के लिए पुनः संरेखन करना चाहिए।
3. जब कभी मशीन के चल अवयव की चाल कम्पन की स्वाभाविक आवृत्ति के बराबर हो जाती है तो कम्पन का आयाम बहुत अधिक बढ़ जाता है, इस घटना को 'अनुनाद' (resonance) कहते हैं। चल अवयव की यह चाल क्रांतिक चाल (critical speed) कहलाती है। मशीन के स्प्रिंग नियतांक (k) तथा सीस्मिक द्रव्यमान (m) का संशोधन करके कम्पन की स्वाभाविक आवृत्ति $(\omega = \sqrt{k/m})$ में परिवर्तन किया जा सकता है।
4. 'घिसी हुई बॉल बियरिंग' (wornout ball bearing) के प्रयोग से उच्च चाल पर कम्पन उत्पन्न होने लगते हैं। इसके लिए बॉल बियरिंगों को निश्चित समय पर बदल देना चाहिए।
5. रोटर की कुण्डली 'शॉर्ट सर्किट' (short circuit) होने पर भी कम्पन उत्पन्न करती है। रोटर को बिजली आपूर्ति बन्द करने पर कम्पन भी बन्द पड़ जाते हैं; अतः कुण्डली की जाँच कर लेनी चाहिए।

प्रश्न 2. त्वरणमापी से क्या तात्पर्य है ?

उत्तर किसी कम्पन के विस्थापन या वेग को अवकलित करके कम्पनों का त्वरण ज्ञात कर लिया जाता हैं। त्वरण ज्ञात करने की यह अप्रत्यक्ष विधि कहलाती है। वे युक्तियाँ जो कम्पनों के त्वरण का मापन कर उनके संगत वोल्टेज आउटपुट उत्पन्न करती हैं, त्वरणमापी कहलाती हैं। अतः त्वरणमापी, त्वरण ज्ञात करने की एक प्रत्यक्ष विधि होती है।

हमारा शरीर कम्पन का अनुभव अत्यंत आसानी से कर लेता हैं। हम 300 Hz आवृत्ति तथा 0.025 µm आयाम वाले कम्पनों को अनुभव कर सकते हैं। जब कभी कम्पनों का आयाम 1 mm से अधिक होता है तो कम्पन मापन के लिए 'कम्पन वेज' (vibrating wedge) का प्रयोग किया जाता है। कम्पन वेज कागज या बहुत पतले पदार्थ का एक छोटा टुकड़ा (piece) होता है जो एक सिरे पर चौड़ा तथा दूसरे सिरे पर नुकीला होता है। इसके चौड़े सिरे को कम्पन करती हुई वस्तु के साथ इस प्रकार लगा दिया जाता है कि इसकी अक्ष वस्तु की सतह के साथ लम्बवत् रहती है। कम्पन करते समय वेज की दृश्यता (visibility) अच्छी बनी रहे इसके लिए इसे गहरे रंग का बनाया जाता है।

प्रश्न 3. एक भूकम्पी त्वरणमापी की कार्य पद्धति समझाइए। (2011,13,14)

अथवा **कम्पनों को मापने के लिए विभिन्न उपकरणों के नाम लिखिए। किसी एक की व्याख्या स्वच्छ चित्र की सहायता से कीजिए।** (2016)

अथवा **सिस्मिक एक्सेलरोमीटर पर टिप्पणी लिखिए।** (2016, 18)

अथवा **सिस्मिक-त्वरणमापी (Seismic accelerometer) पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** [2016]

उत्तर एक कम्पन सिस्टम में जिन राशियों को मापने की आवश्यकता होती है, वे हैं—विस्थापन, गति तथा त्वरण। इनको निम्नलिखित उपकरणों के माध्यम से मापा जाता है—

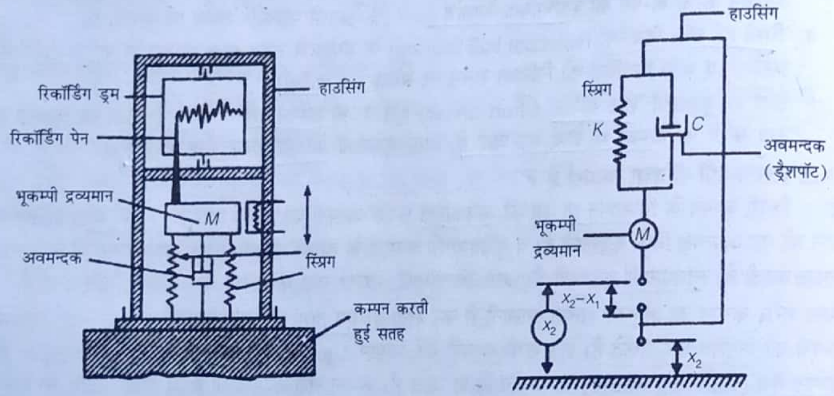
1. भूकम्पी ट्रांसड्यूसर,
2. पोटेंशियोमीट्रिक प्रारूपी त्वरणमापी,
3. LVDT त्वरणमापी,
4. दाब-विद्युत त्वरणमापी।

कई प्रकार के कम्पन मापन यंत्रों द्वारा, स्थिर सन्दर्भ की अनुपस्थिति में, सापेक्ष विस्थापन (relative displacement) का मापन करने में कठिनाई आती है। इस प्रकार की कठिनाइयाँ पुल (bridge), निर्माण (structure) तथा हवाई जहाज के पंख (wings) के कम्पन मापन में मापने आती हैं। अतः इस प्रकार का कम्पन मापन भूकम्पी त्वरणमापी द्वारा किया जाता है।

भूकम्पी त्वरणमापी कम्पनों के मापन के लिए सर्वाधिक प्रयोग की जाने वाली युक्ति है। भूकम्पी त्वरणमापी में अग्र प्रमुख अवयव प्रयोग किए जाते हैं—

(i) भूकम्पी द्रव्यमान (Seismic mass), (ii) स्प्रिंग (Spring),
(iii) अवमन्दक (Damper), (iv) हाउसिंग (Housing),
(v) रिकॉर्डिंग ड्रम (Recording drum), (vi) रिकॉर्डिंग पेन (Recording pen) तथा,
(vii) विद्युत ट्रांसड्यूसर (Electrical transducer)।

भूकम्पी त्वरणमापी में प्रयोग किए जाने वाले पिण्ड को भूकम्पी द्रव्यमान कहते हैं। द्रव्यमान का सम्बन्ध स्प्रिंग व अवमन्दक के समान्तर क्रम संयोजन से रहता है। स्प्रिंग व अवमन्दक त्वरणमापी की हाउसिंग से जुड़े रहते हैं। एक रिकॉर्डिंग पेन भूकम्पी के द्रव्यमान से जुड़ा रहता है, तथा कम्पनों को रिकॉर्डिंग ड्रम पर रिकॉर्ड करता रहता है। भूकम्पी द्रव्यमान एक ट्रांसड्यूसर से भी जुड़ा रहता है जहाँ पर कम्पनों को विद्युत-सिगनल में परिवर्तित किया जाता है।



चित्र 9.1 भूकम्पी त्वरणमापी

हाउसिंग को कम्पन करती हुई वस्तु पर लगा दिया जाता है जिससे हाउसिंग कम्पन करने लगती है। जड़त्व के कारण द्रव्यमान स्थिर रहता है, इसलिए हाउसिंग द्रव्यमान के सापेक्ष कम्पन करने लगती है। परंतु यह एक आदर्श स्थिति है जिसमें द्रव्यमान स्थिर रहता है। वास्तव में हाउसिंग के कम्पन करने पर द्रव्यमान भी स्प्रिंग व अवमन्दक के प्रभाव में कम्पन करने लगता है। कम्पनों का आउटपुट हाउसिंग व द्रव्यमान के मध्य सापेक्ष गति पर निर्भर करता है।

माना M = भूकम्पी द्रव्यमान (kg), b = अवमन्दन नियतांक (kg/s),
k = स्प्रिंग बल नियतांक (N/m), x_1 = हाउसिंग का किसी क्षण विस्थापन (m),
X_1 = हाउसिंग विस्थापन का आयाम (m), x_2 = भूकम्पी द्रव्यमान का किसी क्षण विस्थापन (m),

तथा $x_1 = X_1 \cos \omega_1 t$, जहाँ ω_1 कम्पनों की आवृत्ति है तो बल का समीकरण निम्न रूप में लिखा जा सकता है—

$$M\ddot{x}_2 + b\dot{x}_2 + kx_2 = b\dot{x}_1 + kx_1$$

या

$$M\ddot{x}_2 + b\dot{x}_2 + kx_2 = -bX_1\omega_1 \sin\omega_1 t + kX_1 \cos\omega t \quad \ldots(i)$$

उपरोक्त समीकरण का हल

$$x_1 - x_2 = e^{[-(b/2M)t][A\cos\omega_s t + B\sin\omega_s t]} + \frac{MX_1\omega^2 \cos(\omega_1 t + \phi)}{[(k - M\omega_1^2)^2 + b^2\omega_1^2]^{1/2}} \quad \ldots(ii)$$

जहाँ, $(x_2 - x_1)$ = द्रव्यमान का हाउसिंग के सापेक्ष विस्थापन, ω_d = अवमन्दित दोलनों की आवृत्ति, A तथा B नियतांक है। A तथा B के मान सीमाओं को लगाने पर प्राप्त हो जाते हैं। अवमन्दित दोलनों की आवृत्ति,

$$\omega_d = \left\{\frac{k}{M} - \left(\frac{b}{2M}\right)^2\right\}^{1/2}$$

तथा इनपुट सिगनल व आउटपुट सिगनलों के मध्य कलान्तर,

$$\phi = \tan^{-1}\frac{b\omega_1}{k - M\omega_1^2}$$

समीकरण (ii) का पहला पद केवल कम्पनों के संक्रमण काल (transient period) तक रहता है। स्थायी अवस्था (steady state) आने पर कम्पन समीकरण के दूसरे पद के अनुसार सम्पन्न होते हैं। अतः स्थायी अवस्था का पद

$$x_2 - x_1 = \frac{MX_1\omega^2 \cos(\omega_1 t + \phi)}{[(k - M\omega_1^2)^2 + b^2\omega^2]^{1/2}}$$

यदि $(x_2 - x_1)$ के सापेक्ष विस्थापन का आयाम X_M है तो आयाम

$$X_M = \frac{MX_1\omega_1^2}{[(k - M\omega_1^2)^2 + b^2\omega_1^2]^{1/2}}$$

या

$$X_M = \frac{X_1\omega_1^2}{\left[\left(\frac{k}{M} - \omega_1^2\right)^2 + \left(\frac{b}{M}\right)^2 \omega_1^2\right]^{1/2}}$$

या

$$\frac{X_M}{X_1} = \frac{\omega_1^2}{\left[\left(\frac{k}{M} - \omega_1^2\right)^2 + \left(\frac{b}{M}\right)^2 \omega_1^2\right]^{1/2}} \quad \ldots(iii)$$

परन्तु कम्पनों की स्वाभाविक आवृत्ति,

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{M}} \text{ rad/s}$$

तथा अवमन्दन अनुपात (damping ratio),

$$\xi = \frac{\text{अवमन्दन नियतांक}}{\text{क्रांतिक अवमन्दन नियतांक}} = \frac{b}{2M\omega_n} = \frac{b}{2M\sqrt{\frac{k}{M}}} = \frac{b}{2\sqrt{kM}}$$

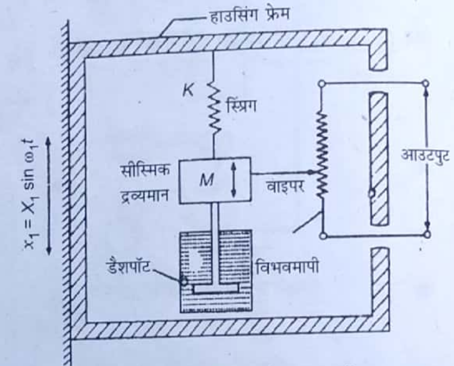
अतः क्रांतिक अवमन्दन नियतांक का मान भूकम्पी द्रव्यमान तथा स्प्रिंग बल नियतांक पर निर्भर करता है।
अतः समीकरण (iii) को पुनः लिखने पर,

विस्थापन अनुपात,
$$\frac{X_M}{X_1}=\frac{\left(\frac{\omega_1}{\omega_n}\right)^2}{\left[\left\{1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_n}\right)^2\right\}^2+2\xi\left(\frac{\omega_1}{\omega_n}\right)^2\right]^{1/2}} \quad \ldots(iv)$$

तथा कला कोण,
$$\phi=\tan^{-1}\frac{2\xi\frac{\omega_1}{\omega_n}}{1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_n}\right)^2}\ \text{rad} \quad \ldots(v)$$

प्रश्न 4. एक विभवमापी प्रकार के त्वरणमापी के प्रयोग का वर्णन कीजिए।

उत्तर विभवमापी प्रकार के त्वरणमापी की रचना सभी त्वरणमापियों में सबसे सरल होती है। भूकम्पी द्रव्यमान स्प्रिंग व अवमन्दक डैशपॉट से जुड़ा रहता है। स्प्रिंग व डैशपॉट, त्वरणमापी के हाउसिंग फ्रेम से दृढ़तापूर्वक जुड़े रहते हैं। द्रव्यमान पर लगा वाइपर प्रतिरोध विभवमापी पर सरकने के लिए स्वतंत्र रहता है। हाउसिंग फ्रेम के सापेक्ष द्रव्यमान का विस्थापन विभवमापी द्वारा वोल्टेज आउटपुट के रूप में पढ़ लिया जाता है।



चित्र 9.2 विभवमापी त्वरणमापी

त्वरणमापी में अवमन्दक का कार्य करने के लिए हाउसिंग को श्यान द्रव (viscous liquid) से भर दिया जाता है या फिर डैशपॉट का प्रयोग किया जाता है। उपयुक्त अवमन्दक के प्रयोग से आवृत्ति का परास बढ़ाया जाता है। विभवमापी त्वरणमापी की स्वाभाविक आवृत्ति लगभग 100 Hz होती है, इसलिए विभवमापी त्वरणमापी 50 Hz आवृत्ति तक के कम्पनों का मापन करने के लिए उपयुक्त होता है जिससे कि ω/ω_n का अनुपात 2 प्राप्त हो सके। अतः यह उपकरण कम आवृत्ति के कम्पनों का मापन करने के लिए उपयुक्त होता है।

प्रश्न 5. LVDT प्रकार के त्वरणमापी के प्रयोग का वर्णन कीजिए। इसके लाभ भी बताइए।

अथवा **LVDT पर टिप्पणी लिखिए।** **(2016)**

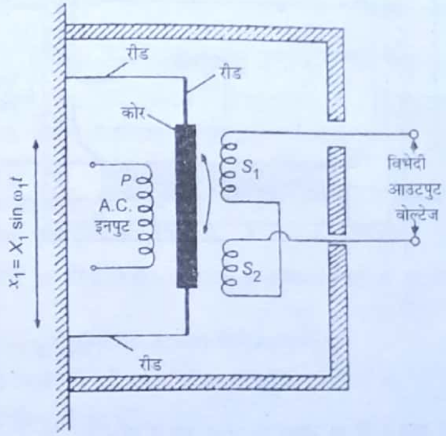
उत्तर LVDT त्वरणमापी रेखीय वोल्टेज विभेदी ट्रांसफॉर्मर (linear voltage transformer) पर आधारित होता है। LVDT की प्राइमरी कुण्डल P पर ए०सी० इनपुट दिया जाता है। सेकण्डरी कुण्डली S_1 तथा S_2 को एक-दूसरे के विपरीत श्रेणीक्रम में जोड़ दिया जाता है जिसके फलस्वरूप सेकण्डरी कुण्डलियों के सिरों पर विभेदी वोल्टेज आउटपुट प्राप्त होता है।

LVDT त्वरणमापी का 'कोर' (core) सीस्मिक द्रव्यमान की तरह कार्य करता है। कोर, हाउसिंग फ्रेम से जुड़ी दो रीड (reed) के सहारे टिका रहता है। कोर के लिए स्प्रिंग का कार्य रीड द्वारा किया जाता है। रीड हाउसिंग फ्रेम पर लगी रहती है। फ्रेम कम्पन करने वाले अवयव पर दृढ़तापूर्वक लगा दिया जाता है। रीड को फ्रेम पर इस प्रकार लगाया (fix) जाता है कि कोर शून्य विक्षेप (null deflection) की स्थिति में रहे जिससे कि विभेदी आउटपुट वोल्टेज का मान शून्य रहता है। जब कम्पन, हाउसिंग के द्वारा रीड से होते हुए कोर तक पहुँचते हैं तो कोर विस्थापित होता है। माना कोर किसी क्षण S_1 की ओर विस्थापित है तो सेकण्डरी S_1 का वोल्टेज (E_1) बढ़ जाता है तथा तदनुपात में सेकण्डरी S_2 का वोल्टेज (E_2) घट जाता है। दोनों सेकण्डरी के सिरों पर विभेदी आउटपुट $(E_1 - E_2)$ प्राप्त होता है। इसी प्रकार अगले ही क्षण जब कोर सेकण्डरी S_2 की ओर विस्थापित होता है तो E_2 का मान बढ़ जाता है तथा E_1 का मान घट जाता है और विभेदी

आउटपुट $(E_2 - E_1)$ प्राप्त होता है। विभेदी वोल्टेज का आउटपुट कम्पनों के आयाम पर निर्भर करता है। यदि $(E_1 - E_2)$ का मान (+ve) हो तो $(E_1 - E_2)$ को (–ve) माना जाता है। उच्चतम (+ve) वोल्टेज तथा उच्चतम –ve वोल्टेज का अंतर कम्पनों का आयाम दर्शाता है।

लाभ Advantages इसके लाभ निम्नलिखित है—

1. कोर का द्रव्यमान कम होता है; अतः इसकी स्वाभाविक आवृत्ति $(\omega_n = \sqrt{k/M})$ अधिक होती है, इसलिए इसके द्वारा उच्च आवृत्तियों के कम्पनों का मापन संभव है।



चित्र 9.3 LVDT त्वरणमापी

2. इस त्वरणमापी में विभवमापी त्वरणमापी जैसी कोई वाइपर (wiper) युक्ति नहीं होती है। इसलिए सम्पर्क अवयव (contact element) के न होने के कारण घर्षण इत्यादि जैसी समस्याएँ LVDT में नहीं होती हैं।
3. स्थायी तक निम्न आवृत्ति के कम्पन मापन के लिए यह सर्वथा उपयोगी त्वरणमापी है।
4. विभवमापी त्वरणमापी की तुलना में इसमें गति के प्रति प्रतिरोध कम उत्पन्न होता है।

प्रश्न 6. पीजो-इलेक्ट्रिक त्वरणमापी की क्रिया-विधि स्पष्ट कीजिए। **(213)**

अथवा **पीजो-इलेक्ट्रिक टाइप त्वरणमापी पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।** **(2015, 17)**

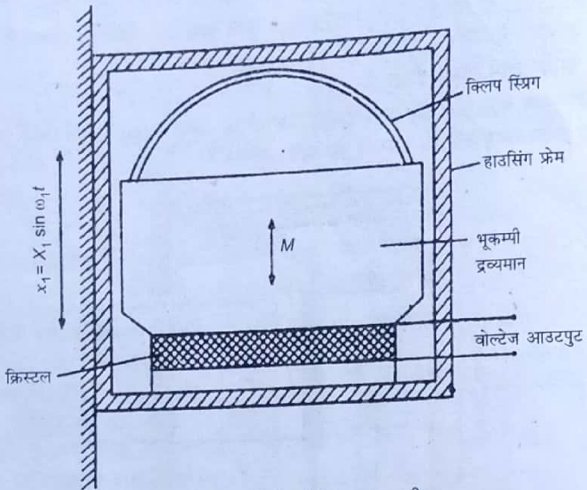
उत्तर जब किसी क्रिस्टल; जैसे— क्वार्ट्ज, बेरियम टाइटनेट की सतहों को दबाया जाता है या खींचा जाता है तो क्रिस्टल की सतहों पर आवेश आ जाता है। क्रिस्टल की एक सतह पर धनावेश तथा दूसरी सतह पर उतना ही ऋणावेश पैदा हो जाता है। इसके कारण क्रिस्टल की सतहों के मध्य वोल्टेज उत्पन्न हो जाता है। वोल्टेज का मान क्रिस्टल की सतह पर उत्पन्न आवेश तथा क्रिस्टल धारिता के अनुपात के बराबर होता है। इसी घटना को पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव कहते हैं।

यदि क्रिस्टल की सतह पर F बल लगाने पर Q आवेश उत्पन्न होता है तो

$$\boxed{Q = qF}$$

जहाँ, q क्रिस्टल के लिए एक नियतांक है जिसे क्रिस्टल की आवेश संवेदिता कहते हैं। पीजो-इलेक्ट्रिक त्वरणमापी में क्रिस्टल की सतह पर भूकम्पी द्रव्यमान M रख दिया जाता है। सीस्मिक द्रव्यमान एक क्लिप स्प्रिंग की सहायता से हाउसिंग फ्रेम व क्रिस्टल के मध्य स्थिर रहता है। कम्पन होने पर क्लिप स्प्रिंग में विक्षेप उत्पन्न होगा तो द्रव्यमान क्रिस्टल दबायेगा जिसके फलस्वरूप क्रिस्टल की सतहों के मध्य वोल्टेज उत्पन्न हो जाता है। कम्पनों के कारण, भूकम्पी द्रव्यमान M क्रिस्टल पर परिवर्तनीय (variable) बल F आरोपित करता है। यदि कम्पनों का परिवर्तनीय त्वरण a है तो

$$F = Ma$$



चित्र 9.4 पीजो-इलेक्ट्रिक त्वरणमापी

इसलिए आवेश, $Q = qMa$

यदि क्रिस्टल की धारिता का मान C है तो सतहों के मध्य उत्पन्न वोल्टेज,

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{qMa}{C}$$

किसी क्रिस्टल का पीजो-इलेक्ट्रिक प्रभाव केवल परिवर्तनीय बलों के लिए प्रकट होता है। यदि किसी क्रिस्टल पर स्थायी बल लगाया जाए तो क्रिस्टल की सतह पर वोल्टेज उत्पन्न नहीं होगा। अत: पीजो-इलेक्ट्रिक क्रिस्टल कम्पनों के प्रति अत्यन्त सुग्राही होते हैं।

प्रश्न 7. पीजो-इलेक्ट्रिक त्वरणमापी की विशेषताएँ बताइए।

उत्तर **पीजो-इलेक्ट्रिक त्वरणमापी की विशेषताएँ** Features of Piezo-electric Transducer इसकी विशेषताएँ निम्नलिखित हैं—

1. यह त्वरणमापी छोटे बेलन के आकार में उपलब्ध होते हैं जिनका 'व्यास × लम्बाई' सामान्यत: 15 mm × 30 mm के आस-पास होती हैं।
2. इस त्वरणमापी का भार अत्यन्त कम होता है जो लगभग 50 g के आस-पास होता है।
3. इनकी स्वाभाविक आवृत्ति सामान्यत: 35 kHz होती है; अत: ये उच्च आवृत्ति के कम्पन मापन में प्रयोग किए जाते हैं।
4. इनके द्वारा ± 250 g (2450 m/s^2) से ± 10,000 g (98000 $m/s^2 \approx$ 1,00,000 m/s^2) तक का कम्पन त्वरण ज्ञात किया जा सकता है।

10 ज्यामितीय त्रुटियों का निरीक्षण
Inspection of Geometrical Errors

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. गोलीय त्रुटि किसे कहते हैं?

उत्तर किसी गोलीय त्रुटि वाले अवयव के प्रोफाइल अर्थात् कन्टूर के सभी बिन्दुओं को ढकने वाले संकेन्द्रीय वृत्तों की त्रिज्य दूरी गोलीय त्रुटि कहलाती है।

प्रश्न 2. इंजीनियर्स स्क्वायर का ब्लेड टूल किस धातु का बना होता है?

उत्तर स्टील या एलॉय स्टील का।

प्रश्न 3. यदि डैप्थ माइक्रोमीटर का स्पिंडल सन्दर्भ सतह के लम्बवत् नहीं है तो मापन परिमाण कैसा होगा?

उत्तर त्रुटिपूर्ण।

प्रश्न 4. समदूरी को परिभाषित कीजिए।

उत्तर यदि किन्हीं अक्षों की किसी दी गई सन्दर्भ सतह से दूरियाँ समान हैं तो यह स्थिति समदूरी कहलाती है।

प्रश्न 5. बीम तुलनित्र कितने बिन्दुओं पर टिका रहता है?

उत्तर बीम तुलनित्र चार बिन्दुओं पर टिका रहता है।

प्रश्न 6. सतह की फ्लैटनेस त्रुटि ज्ञात करने की किन्हीं दो विधियों के नाम बताइए।

उत्तर सतह की फ्लैटनैस त्रुटि ज्ञात करने की दो विधियाँ निम्नलिखित हैं—

(i) बीम तुलनित्र द्वारा, (ii) डायल गेज द्वारा।

प्रश्न 7. स्ट्रेटनेस त्रुटि का मापन किसके द्वारा किया जाता है?

उत्तर स्ट्रेटनेस त्रुटि का मापन स्पिरिट लेवल या ऑटोकोलिमेटर दोनों के द्वारा किया जा सकता है।

प्रश्न 8. यदि ऑटोकोलिमेटर का प्रयोग किया जाना है तो सतह से लगभग कितनी दूरी पर किसी दृढ़ सतह पर ऑटोकोलिमेटर को स्थिर किया जाता है?

उत्तर लगभग 0.75 m से 1 m दूरी पर।

प्रश्न 9. टेलीरोड यन्त्र अत्यधिक उपयोगी यन्त्र है, क्यों?

उत्तर क्योंकि इसका उपयोग बियरिंग बनाने वाली फैक्टरियों में क्रैंक पिन, पिस्टन पिन आदि की जाँच मे बहुत होता है।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. सीधेपन की परिभाषा दीजिए।

उत्तर "किसी रेखा को तभी सीधा (straight) कहा जा सकता है जब किसी दी गयी लम्बाई के लिए रेखा पर स्थित सभी बिन्दु मध्य रेखा के समान्तर एवं रेखा की प्रोफाइल के उच्चतम तथा निम्नतम बिन्दुओं से गुजरने वाली समान्तर रेखाओं के भीतर स्थित हों, जबकि उच्चतम व निम्नतम बिन्दु ड्राइंग में दी गयी सीमा के भीतर हों।" अत: किसी रेखा की स्ट्रेटनैस (सीधेपन) की जाँच के लिए रेखा की लम्बाई देना आवश्यक होता है। इसलिए यह कहा जाता है कि अमुक रेखा 80 mm लम्बाई में 0.2 mm के भीतर सीधी होनी चाहिए। अत: इस रेखा की 80 mm लम्बाई पर पड़ने वाले सभी बिन्दु 0.02 mm की सीमा में होने चाहिए।

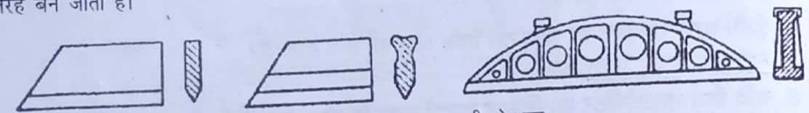
प्रश्न 2. सीधेपन का मापन कितने प्रकार से किया जाता है? किसी एक का वर्णन कीजिए। (2015),

अथवा **सीधापन जाँच पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।**

उत्तर सीधेपन का मापन निम्न युक्तियों से किया जाता है—

1. स्ट्रेट एज (Straight edge),
2. स्पिरिट लेवेल या ऑटोकोलिमेटर (Spirit level or autocollimator),
3. स्लिप गेज वेज द्वारा (By slip gauge wedge)।

स्ट्रेट एज विधि Straight Edge Method स्ट्रेट एज हार्ड स्टील का लैप (hardened and lapped steel) का बना हुआ एक लम्बा मापन यंत्र होता है जिसका सेक्शन पतला तथा गहरा होता है। स्ट्रेट एज के किनारों पर छोटी त्रिज्या बना दी जाती है। ऐसा करने से एज के किनारों की तीक्ष्णता समाप्त हो जाती है। इस प्रकार स्ट्रेट एज एक ब्लंट धार की चाकू की तरह बन जाता है।



चित्र 10.1 विभिन्न प्रकार की स्ट्रेट एज

स्ट्रेट एज को किसी सतह पर रखकर प्रकाश की विपरीत दिशा में देखकर सतह की स्ट्रेटनैस (सीधेपन) का अनुमान लगाया जा सकता है। स्ट्रेट एज की यथार्थता (accuracy) उच्च होनी चाहिए। किसी स्ट्रेज एज का अधिकतम विचलन नीचे दिए गए मान से अधिक नहीं होना चाहिए—

$$\pm\left(0.001+\frac{L}{500000}\right)\text{ mm}$$

जहाँ L स्ट्रेट एज की लम्बाई (mm) है।

बड़ी स्ट्रेट एज कास्ट आयरन की बनी होती है, जो पतली सतह वाली तथा बीच में से परवलयाकार होती है। बड़ी स्ट्रेट एज को परवलयाकार इसलिए बनाया जाता है जिससे कि प्रत्येक बिन्दु का नमन इसके भार के कारण उत्पन्न नमन आघूर्ण (bending moment) के समानुपाती रहे। बड़ी स्ट्रेज एज न्यूनतम विक्षेप वाले बिन्दुओं (points of minimum deflection) पर सपोर्ट की जानी चाहिए। यह बिन्दु स्ट्रेज एज पर तीर से दर्शाए गए रहते हैं तथा ये $0.544\,L$ दूरियों पर स्थित होते हैं।

अधिकतर मामलों में स्ट्रेट एज को समतल सतह पर रखकर प्रकाश के विपरीत देखा जाता है। यदि जाँची जाने वाली सतह पूर्ण रूप से सीधी है तो प्रकाश नहीं दिखायी पड़ेगा, परंतु यदि समतल तथा स्ट्रेट एज के मध्य गैप है तो प्रकाश के विवर्तन (diffraction) के कारण लाल या नीला प्रकाश दिखायी पड़ेगा। यदि लाल रंग का प्रकाश दिखायी पड़ता है तो गैप लगभग 0.1μm से 1.5μm के मध्य है। यदि नीले रंग का प्रकाश दिखायी पड़ता है तो समतल तथा स्ट्रेट एज के मध्य लगभग 0.5μm का गैप होता है।

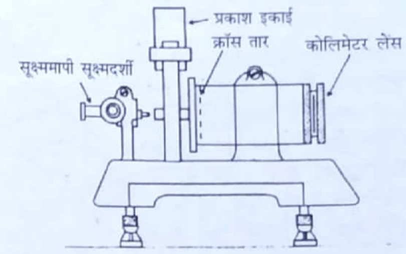
प्रश्न 3. ऑटोकोलिमेटर की रचना तथा कार्यविधि का वर्णन कीजिए।

अथवा **स्वचालित-कोलिमेटर की कार्य-विधि पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।** (2015)

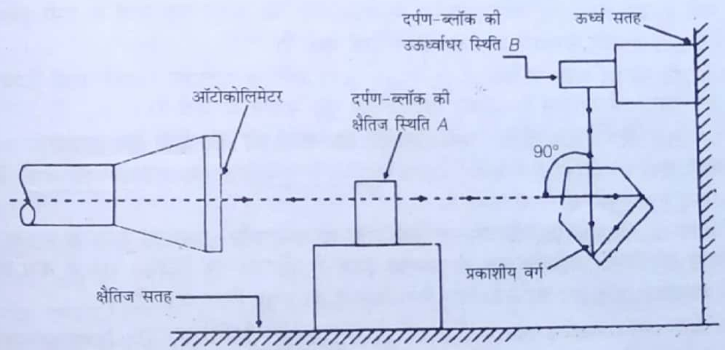
अथवा **स्व-चालित-कोलिमेटर पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** (2016, 17)

उत्तर **ऑटोकोलिमेटर की रचना** इनमें में एक ट्यूब होती है जिससे प्रकाश की समान्तर किरणें प्रकाश स्रोत से डाली जाती है। इसके साथ एक सूक्ष्मदर्शी या टेलिस्कोप (telescope) लगा होता है जिसके आई-पीस में सूक्ष्ममापी या माइक्रोमीटर लगा होता है। यंत्र में प्रकाश का एक स्रोत भी लगा होता है। चित्र 10.2 में इसका आरेख दिखाया गया है। इस यंत्र का प्रकाशीय प्रबन्ध (optical system) चित्र 10.2 में दिखाया गया है। यंत्र की अक्ष पर लगे अभिदृश्य (objective) के फोकल-बिन्दु पर लक्ष्य-तार लगे होते हैं। इनके पीछे एक परावर्तक लगा होता है जिसके ऊपर प्रकाश

स्रोत से पड़ने वाला प्रकाश 90° पर परावर्तित होता जाता है परन्तु क्षैतिज प्रकाश इसमें गुजर सकता है। प्रकाश स्रोत से निकलने वाला प्रकाश इस पर फोकस होता है और परावर्तित होता है जिससे क्रॉस-वायर प्रकाश-मान हो जाती है और इनका बिम्ब दाहिनी ओर चलता है तथा समांतरण के कारण अभिदृश्यक से होकर प्रकाश के समान्तर पुँज के रूप में निकलता है। एक अन्य परावर्तक पर टकराने के बाद निम्न परावर्तित होकर पुनः फोकल प्लेन (focal plane) में पहुँचकर माइक्रोस्कोप की आई-पीस (eye piece) में फोकस हो जाता है। माइक्रोस्कोप से देखने पर मूल क्रॉस-वायर भी दिखाई देते हैं। यदि परावर्तित बिम्ब अपने मूल मार्ग से वापस आता है तो वह मूल बिम्ब का सम्पाती (coincident) होगा और केवल एक क्रॉस-वायर (cross wire) दिखायी देगी। परन्तु यदि परावर्तक सतह (reflection surface) कुछ तिरछी या झुकी हुई है तो परावर्तित बिम्ब केन्द्रीय स्थिति से हट कर बनेगा और माइक्रोस्कोप में दो क्रॉस-वायर दिखायी देंगे जिनमें एक मूल क्रॉस वायर होगा और दूसरा उसका विस्थापन बिम्ब होगा। दोनों क्रॉस-वायरों के बीच दूरी मापने के लिए माइक्रोमीटर विन्यास में एक जोडी सेटिंग लाइनें (setting lines) लगी होती हैं।



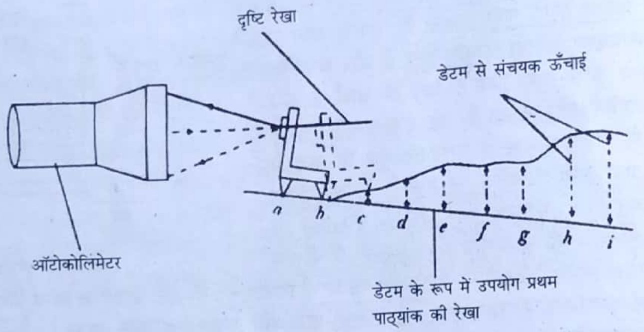
चित्र 10.2 ऑटोकोलिमेटर



चित्र 10.3

माइक्रोमीटर पैमाने के साथ एक अंशांकन प्रबन्ध (calibration system) भी लगा होता है जिससे एक विभाजन अर्थात् 10 सेकण्ड चाप के लिए आनत कोण (angle of inclination) का मान पढ़ा जा सकता है। यह यन्त्र द्वारा लगभग दो मीटर की दूरी तक स्थापित परावर्तक सतह के बिम्ब को स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है। इसमें लगभग 20 तक के आनत कोण पढ़ने की क्षमता होती है।

ऑटोकोलिमेटर की कार्यविधि इस विधि के अन्तर्गत, जिस सतह की जाँच करनी हो, उस सतह से लगभग 50 से 75 सेमी की दूरी पर एक दृढ़ आधार पर ऑटोकोलिमेटर को रखा जाता है। फिर इस सतह की लम्बाई में कोलिमेटर से प्रकाश की समान्तर पुँज (parallel beam) प्रक्षेपित (project) की जाती है। एक ब्लॉक जिसमें एक समतल ऊर्ध्वाधर परावर्तक लगा होता है, सतह पर रखा जाता है और ब्लॉक की परावर्ती सतह यन्त्र के सामने रखी जाती है। परावर्तक और यन्त्र इस प्रकार सेट किये जाते हैं कि कोलिमेटर के क्रॉस-वायरों का बिम्ब क्षेत्र के निकट प्रतीत होता है और सतह की सरल रेखा पर परावर्तक के लिए क्रॉस-वायरों का बिम्ब आई-पीस के क्षेत्र में दिखाई देगा। अब परावर्तक को सतह पर निश्चित दूरी के अन्तरालों में हटा-हटा कर सतह की सीधेपन की त्रुटि आई-पीस से सेकण्डों के मान में नोट की जाती है।



चित्र 10.4

चाप पर 1 सेकण्ड = 0.000006 मिमी (झुकाव)। यदि कोलिमेटर के विस्थापन का अन्तराल l हो तो सेकण्ड चाप (arc) के लिए सतह का उतार या चढ़ाव $0.000006 \times l$ मिमी होगा।

चित्र 10.4 में ऑटोकोलिमेटर से सतह की जाँच का प्रबन्ध दिखाया गया है, इसमें परावर्तक की स्थिति (a-b) द्वारा दिखायी गयी है। इस स्थिति पर ऑटोकोलिमेटर के माइक्रोमीटर की रीडिंग पढ़ी जाती है। इसी प्रकार सतह की पूरी लम्बाई में b-c, c-d आदि स्थितियों के लिए रीडिंग देखी जाती है।

पाठ्यांक में त्रुटि को दूर करने के लिए (i-h), (h-g), (g-h) आदि पर परावर्तक रखकर उल्टी दिशा में पाठ्यांक पढ़े जाते हैं। इस प्रकार औसत मान निकालकर पाठ्यांक की त्रुटि समाप्त हो जाती है।

प्रश्न 4. समतलता की परिभाषा दीजिए। समतलता त्रुटि ज्ञात करने की विधियों के नाम बताइए।

उत्तर किसी सतह की समतलता से तात्पर्य समान्तर समतलों के युग्म के अधिकतम संयोजन (स्पर्श) से है जिसमें सतह के सभी बिन्दु एक-दूसरे को स्पर्श करते हैं।

भारतीय मानक IS : 2063-1962 के अनुसार किसी सतह को तभी फ्लैट (समतल) कहा जा सकता है जब सतह के सभी बिन्दुओं की किसी ज्यामितीय तल से लम्बवत् दूरियों में परिवर्तन एक निश्चित मान से कम हो।

सतह की समतलता त्रुटि ज्ञात करने के लिए निम्न विधियों का प्रयोग किया जाता है।

(i) सम्पर्क द्वारा (By contact), (ii) बीम तुलनित्र द्वारा (By beam comparator),
(iii) बार तुलनित्र द्वारा (By bar comparator) तथा (iv) डायल गेज द्वारा (By dial gauge)।

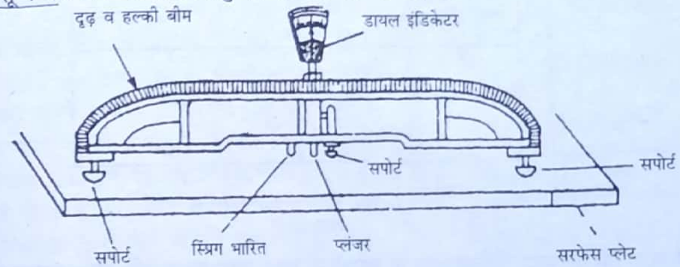
प्रश्न 5. समतलता त्रुटि मापन की किन्हीं दो विधियों का वर्णन कीजिए।

अथवा **समतलता की जाँच करने की विधि का उल्लेख कीजिए।**

उत्तर 1. **सम्पर्क द्वारा समतलता त्रुटि का मापन** Measurement of Flatness Error by Contact सरफेस प्लेट विभिन्न आकारों तथा प्रकार की बनायी जाती हैं। कार्यशाला की आवश्यकता के अनुसार इन्हें डिजाइन किया जाता है। सरफेस प्लेट लैप किए गए हार्ड कास्ट आयरन से बनी होती है। लैपिंग के स्थान पर सरफेस प्लेट स्क्रैपिंग से भी बनायी जाती है। सरफेस प्लेट इस प्रकार फ्लैट बनायी जाती है कि सतह पर किसी प्रकार की त्रुटि न रहे। सरफेस प्लेट ग्रेड-I तथा ग्रेड-II में विभिन्न नापों की उपलब्ध रहती है। 250×250 mm नाप की ग्रेड-I सरफेस प्लेट की अधिकतम फ्लैटनेस त्रुटि 0.005 mm, इसी नाप की ग्रेड-II प्लेट की फ्लैटनेस त्रुटि 0.020 mm तक हो सकती है।

सरफेस प्लेट की फ्लैटनेस त्रुटि ज्ञात करने के लिए इस सतह पर 'प्रुसियन ब्लू' (prussian blue) लगा दिया जाता है। प्रुसियन ब्लू, नीले रंग का गाढ़ा-सा पेस्ट होता है जो बाजार में ट्यूब के रूप में उपलब्ध रहता है। ब्लू लगाने के पश्चात् सरफेस प्लेट के ऊपर अन्य सतह रखकर दोनों को रगड़ा जाता है। इस प्रकार सरफेस के उच्च बिन्दुओं (high points) पर ब्लू लग जाता है तथा निम्न बिन्दुओं पर ब्लू नहीं लगता है। इससे सतह की अवतलता तथा उत्तलता का गुणात्मक अनुमान लग जाता है।

2. **तुलनित्र द्वारा समतलता का मापन** Measurement of Flatness Error by Beam Comparator सतह की फ्लैटनेस त्रुटि ज्ञात करने के लिए बीम तुलनित्र (beam comparator) का प्रयोग बहुधा किया जाता है। बीम तुलनित्र चार बिन्दुओं पर टिका रहता है। बीम तुलनित्र किनारों पर दो स्थिर बिन्दु तथा मध्य में दो बिन्दुओं पर टिका रहता है। मध्य के दो बिन्दु किनारों के बिन्दु को मिलाने वाली रेखा से ऑफसेट (offset) होते हैं। इनमें से एक स्थिर तथा एक भारित स्प्रिंग के सहारे टिका रहता है। इस प्रकार एक बीम तुलनित्र तीन स्थिर तथा एक भारित स्प्रिंग के सहारे टिका रहता है। तीन स्थिर बिन्दुओं को मिलाने पर संदर्भ प्लेन प्राप्त हो जाता है तथा फ्लैटनेस त्रुटि इसी प्लेन के संदर्भ में ज्ञात की जाती है। बीम तुलनित्र के मध्य में डायल गेज लगाया जाता है। सरफेस प्लेट पर बीम तुलनित्र को रखने के बाद डायल को शून्य कर लेने पर चारों बिन्दु एक ही तल पर आ पाते हैं।



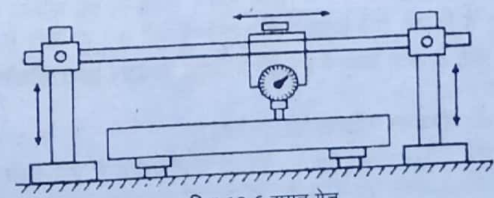
चित्र 10.5

बीम तुलनित्र को पहले से ही चिह्नित की गयी रेखाओं पर रखा जाता है और डायल गेज की रीडिंग नोट कर ली जाती है। डायल गेज संदर्भ तल के सापेक्ष अवतलता अथवा उत्तलता की माप देता है। अंत में उपरोक्त विधि से प्राप्त मानों की गणना कर ली जाती है।

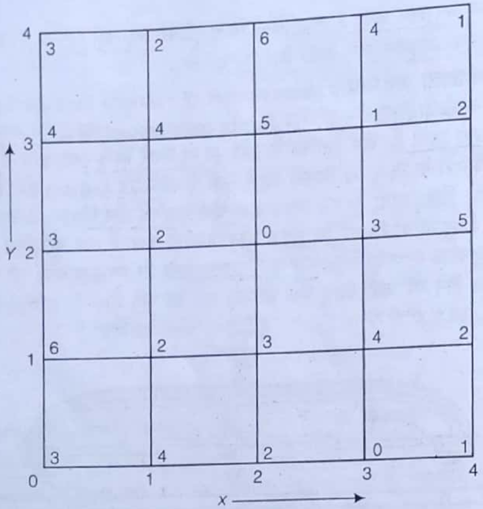
प्रश्न 6. डायल गेज द्वारा समतलता त्रुटि के मापन की विधि को सचित्र स्पष्ट कीजिए।

उत्तर सरफेस प्लेट की फ्लैटनेस की जाँच करने के लिए प्लेट को किसी बड़ी संदर्भ सतह पर स्लिप गेज या स्क्रू जैक के सहारे रखा जाता है जिससे कि दोनों सतहें समान्तर रह सकें। रीडिंग लेने के लिए डायल गेज का प्रयोग किया जाता है जिसका स्टैंड संदर्भ सतह पर रखा होता है। डायल गेज को ब्रिज के ऊपर लगाया जाता है जिससे पूरी सतह की रीडिंग आसानी से ली जा सके।

सम्पूर्ण सतह को रेखाओं के ग्रिड (grid : जाल) द्वारा बाँट दिया जाता है। डायल की सहायता से प्रत्येक प्रतिच्छेद बिन्दु की रीडिंग पढ़ ली जाती है। इन सभी बिन्दुओं को X-Y प्लेन पर लिख लिया जाता है। ध्यान रहे कि प्रतिच्छेद बिन्दुओं पर लिखे मान उन बिन्दुओं की ऊँचाइयाँ हैं, इसलिए यह मान Z-अक्ष की दिशा में हैं। अन्त में उपरोक्त की गणना कर सतह की फ्लैट का मान ज्ञात कर लिया जाता है।



चित्र 10.6 डायल गेज

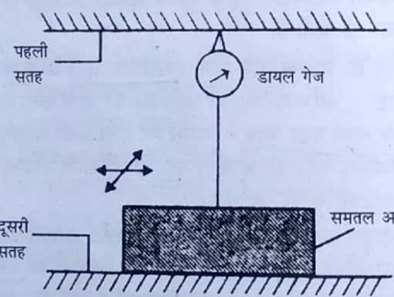


चित्र 10.7

प्रश्न 7. समान्तरता की परिभाषा दीजिए तथा दो सतहों के मध्य समान्तरता त्रुटि किस प्रकार ज्ञात की जाती है? वर्णन कीजिए।

अथवा **समानान्तरता की जाँच पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** **(2017)**

उत्तर 'समांतरता' का तात्पर्य दो सतहों, दो अक्षों के समान्तर होने से है। यदि दो सतहें समान्तर हैं तो प्रत्येक बिन्दु पर दोनों सतहों के मध्य दूरी एक-समान रहेगी। परंतु यदि दोनों सतहों के मध्य दूरी लगातार बढ़ती या घटती जाए तो सतहों के मध्य समान्तरता त्रुटि या पैरलेलिज्म त्रुटि पायी जाती है।



चित्र 10.8

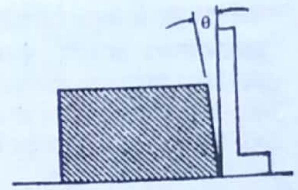
दो सतहों के मध्य समान्तरता त्रुटि का मापन दो सतहों के मध्य समान्तरता त्रुटि ज्ञात करने के लिए उनके मध्य की दूरी प्रत्येक स्थान पर ज्ञात कर ली जानी चाहिए। अधिकतम दूरी तथा न्यूनतम दूरी का अन्तर समान्तरता त्रुटि की माप होता है।

यह जाँच करने के लिए एक डायल गेज को समतल आधार पर बाँध दिया जाता है। अब समतल आधार एक सतह पर चलाया जाता है, जबकि डायल गेज दूसरी सतह पर चलता है। दोनों सतहों के मध्य दूरी का अन्तर गेज में विक्षेप उत्पन्न करता है। इस प्रक्रिया में डायल गेज को दो लम्बवत् दिशाओं में चलाया जाता है जिससे दोनों दिशाओं में समान्तरता त्रुटि ज्ञात हो जाती है।

प्रश्न 8. चौकोरपन की त्रुटि से क्या तात्पर्य है? इन्जीनियर्स स्क्वेअर द्वारा चौकोरपन की त्रुटि ज्ञात करने की विधि समझाइए।

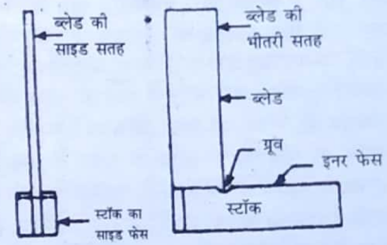
अथवा **वर्ग-आकारता की जाँच पर संक्षिप्त नोट लिखिए।** **(2016)**

उत्तर **चौकोरपन की त्रुटि** Squareness Error यदि दो सतहें आपस में एक-दूसरे के लम्बवत् हैं तो इसके लिए आवश्यक है कि वे सतहें किसी मानक वर्ग की सतहों के समान्तर हों। मानक वर्ग के रूप में ऑप्टिकल वर्ग या समकोण लेवल का प्रयोग किया जाता है। चौकोरपन की त्रुटि अवयव के नापे गए कोण तथा 90° के अन्तर के रूप में व्यक्त की जा सकती है। चौकोरपन की त्रुटि किसी दी गयी लम्बाई में डायल पर प्राप्त विक्षेप के रूप में भी व्यक्त की जाती है। चौकोरपन की त्रुटि को 'लम्बता की त्रुटि' (perpendicularity error) भी कहते हैं।



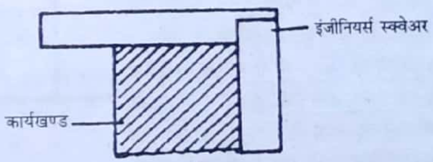
चित्र 10.9

इंजीनियर्स स्क्वेअर द्वारा स्क्वेअरनेस त्रुटि का मापन Measurement of Squareness Error by Engineer's Square इंजीनियर्स स्क्वेअर में दो दृढ़ सतहें एक-दूसरे के परस्पर लम्बवत् होती हैं। इसका ब्लेड टूल स्टील या एलॉय स्टील का बना होता है जिसके दोनों किनारे 60° पर तिरछे रहते हैं। ब्लेड कास्ट आयरन के स्टॉक के साथ रिवेट के माध्यम से जुड़ा रहता है। सामान्यत: स्टॉक, ब्लेड की तुलना में मोटा रहता है।



चित्र 10.10 इंजीनियर्स स्क्वेअर

I.S. : 2103–1972 के अनुसार इंजीनियर्स स्क्वेअर के तीन ग्रेड होते हैं। ब्लेड की मानक लम्बाई 50, 100, 150, 200, 300, 500, 700 तथा 1000 mm तक होती है। किसी वर्गाकार सतह की लम्बता की जाँच करने के लिए इंजीनियर्स स्क्वेअर के ब्लेड तथा स्टॉक को लम्बवत् सतहों के ऊपर रख देते हैं। यदि सतहें लम्बवत् हैं तो प्रकाश में देखने पर गैप नहीं दिखायी पड़ता है, परंतु यदि दिखायी पड़ता है तो फिलर गेज की सहायता से गैप ज्ञात कर लिया जाता है। नापी गयी लम्बाई तथा गैप से कोण निकाल लिया जाता है। यह कोण 90° के सापेक्ष त्रुटि प्रदर्शित करता है। इंजीनियर्स स्क्वेअर की सहायता से किसी सतह के सीधेपन की भी जाँच की जा सकती है।

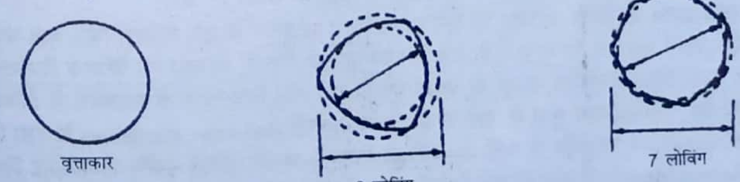


चित्र 10.11

प्रश्न 9. वृत्तीयता त्रुटि से क्या तात्पर्य है? इसके प्रमुख कारण बताइए।

अथवा **ज्यामितीय सर्कुलरिटी पर टिप्पणी लिखिए।**

उत्तर गोलीय कार्यखण्डों की ऐसेम्बली में उनके व्यास का माप या टॉलरेंस ही फिटमेंट को प्रभावित नहीं करते हैं वरन् व्यास के अतिरिक्त गोलीय बेलनाकार अवयव की ज्यामिति भी फिटमेंट को प्रभावित करती है। किसी कार्यखण्ड की वृत्तीयता गोले होने की यथार्थता तथा उसकी बेलन की प्रोफाइल फिटमेंट को व्यापक रूप से प्रभावित करते हैं। यदि किसी बेलनाकार अवयव को माइक्रोमीटर से नापा जाता है और अवयव की माप टॉलरेन्स के भीतर आती है, फिर भी यह संभव है कि अवयव पूर्ण रूप से गोल (circular) न हो। यह समस्या फिटमेंट के समय आती है। चित्र 10.12 में बेलनाकार अवयव की वृत्तीयता त्रुटि को दर्शाया गया है।



चित्र 10.12

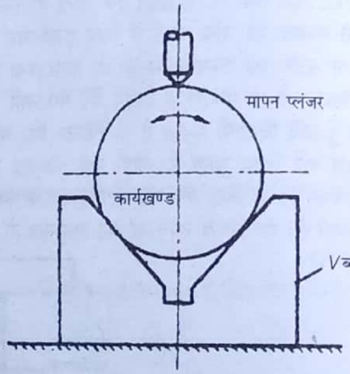
वृत्तीयता त्रुटि के प्रमुख कारण निम्न हैं—

(i) कार्यखण्ड को पकड़ने के कारण उत्पन्न विरूपण (clamping distorsion),
(ii) मशीन स्पिंडल का रनआउट,
(iii) कार्यखण्ड की सतह व जॉं (jaw) के मध्य चिप्स या गंदगी का होना,
(iv) स्पिंडल की बियरिंग खराब होना (run out),
(v) कटिंग प्रक्रिया में समरूपता न होना,
(vi) स्नेहकों की कमी होना,
(vii) केन्द्रकों का संरेखन ठीक से न होना,
(viii) मशीन में कम्पन होना,
(ix) फीट/डैप्थ ऑफ कट अधिक होना,
(x) अत्यधिक ऊष्मा उत्पन्न होना,
(xi) सेन्टरलैस ग्राइंडिंग संक्रिया।

प्रश्न 10. V-ब्लॉक द्वारा गोलीयता ज्ञात करने की विधि का वर्णन कीजिए।

उत्तर जिस अवयव की गोलीयता जाँचनी होती है, उसे साफ करके V-ब्लॉक के ऊपर रख देते हैं। तत्पश्चात् 0.001 mm सूक्ष्मता का डायल इंडिकेटर अवयव पर स्पर्श करा देते हैं। अब अवयव को V-ब्लॉक के ऊपर घुमाते हैं और डायल के ऊपर जाने व नीचे आने की मात्रा को नोट कर लेते हैं।

अवयव की 'लोब' की संख्या ज्ञात करने के लिए उसे पहले 60° V-ब्लॉक पर फिर 90° V-ब्लॉक पर घुमाते हैं। अब जितनी बार डायल सूचक में विक्षेप उत्पन्न होता है, अवयव के लोब की संख्या ज्ञात हो जाती है। इसका कारण यह है कि 60° V-ब्लॉक, ओवल अवयव के लिए विक्षेप नहीं प्रदर्शित करता है; जबकि 90° V-ब्लॉक ओवल अवयव के लिए दो बार उच्च तथा दो बार निम्न मान प्रदर्शित करता है। डायल का कुल विक्षेप गोलीयता त्रुटि प्रदर्शित करती है।



चित्र 10.13

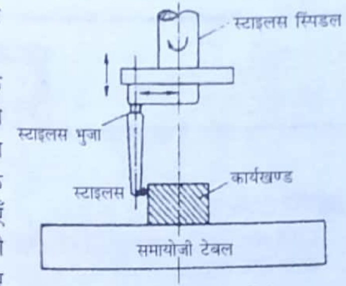
अतः स्पष्ट है कि एक ही अवयव विभिन्न कोण के V-ब्लॉक पर अलग-अलग मान प्रदर्शित करता है। इस त्रुटि से बचने के लिए 2 बिन्दु लोब के लिए (ओवल अवयव) 90° का V-ब्लॉक, 3 बिन्दु लोब के लिए (त्रिभुजाकार) 60° का V-ब्लॉक, 5 बिन्दु लोब के लिए 108° का V-ब्लॉक तथा 7 बिन्दु लोब के लिए 128° 34' का V-ब्लॉक प्रयोग करना चाहिए। हालाँकि इतने सारे V-ब्लॉक उपलब्ध कर पाना कभी-कभी कठिन होता है, इसलिए समायोज्य V-ब्लॉक (adjustable V-block) एक अच्छा उपाय है।

प्रश्न 11. टेलर हॉबसन टेलीरोड उपकरण की रचना तथा इसके द्वारा वृत्तीयता ज्ञात करने की विधि समझाइए।

उत्तर **रचना** Construction इस यन्त्र में उच्च यथार्थता का सूक्ष्म स्पिंडल (precision spindle) होता है तो अपनी अक्ष के परितः घूमता है। इसकी अनुमत असंकेन्द्रित (permissible eccentricity) 0.01 μm से अधिक नहीं होनी चाहिए। इस स्पिंडल पर एक हीरक बिन्दु स्टाइलस (diamond point stylus) के साथ एक स्टाइलस भुजा इस प्रकार लगी होती है कि स्पिंडल की घुमाऊ अक्ष से स्टाइलस की स्थिति परीक्षण किए जाने वाले अवयव की त्रिज्या के अनुसार परिवर्तित हो सके। स्पिंडल ऊपर एवं नीचे गति कर सकता है ताकि अवयव की विभिन्न ऊँचाइयों के लिए मापन किया जा सके। इससे परीक्षण किए अवयव के सीधेपन की भी जाँच हो जाती है। जॉब को समायोजी टेबल की सहायता से केन्द्रित कर लिया जाता है ताकि स्पिंडल की अक्ष जॉब की अक्ष के संपाती हो जाए।

वृत्तीयता ज्ञात करने की विधि स्पिंडल को घुमाकर डायमण्ड स्टाइलस के द्वारा परीक्षण किए जाने वाले अवयव के संदर्भ में एक यथार्थ वृत्त बना लिया जाता है। यदि अवयव पूर्णतया गोल है, तो स्टाइलस त्रैज्यिक विस्थापित (radially displaced) नहीं होगा। वास्तविक कन्टूर के यथार्थ वृत्त से यदि कोई विचलन है तो स्टाइलस में त्रैज्यिक गति होगी। स्टाइलस की यह गति स्टाइलस भुजा में लगे दो इन्डक्टिव अवयवों (inductive elements) के द्वारा विद्युत सिगनल (electrical signals) में परिवर्तित हो जाती है। ये विद्युत सिगनल आवर्धित होकर ध्रुवीय कोऑर्डिनेट रिकॉर्डर (polar coordinate recorder) पर रिकॉर्ड हो जाते हैं। इस ध्रुवीय रिकॉर्डर के चक्र मशीन स्पिंडल से समकालिक होते हैं। इस

प्रकार एक ध्रुवीय ग्राफ सीधे प्राप्त किया जा सकता है। इस ध्रुवीय ग्राफ के द्वारा यह ज्ञात किया जा सकता है कि परीक्षण किए जाने वाले जॉब की परिधि, वास्तविक वृत्तीय आकृति से कितनी अलग है। स्टाइलस गति के विद्युत आवर्धन (electrical magnification) को एक लाख गुना तक बढ़ाया जा सकता है।



चित्र 10.14 टेलीरोड विधि

गोलाई परीक्षण, कार्यखण्ड की आन्तरिक तथा बाह्य सतह के परिभ्रमण के लिए किए जा सकते हैं। जैसा कि ऊपर बताया गया है कि स्टाइलस गति को अत्यधिक आवर्धित किया जा सकता है, इस कारण मैक्रो (macro) तथा माइक्रो (micro) अनियमितताएँ (irregularities), कार्यखण्ड को अक्ष के सापेक्ष रिकॉर्डिड ध्रुवीय ग्राफ पर देखा जा सकता है। माइक्रो अनियमितताएँ (सतह रूक्षता) को विद्युतीय फिल्टर (electrically filter) करके अवयव की गोलाई की त्रुटि का अकेले मापन किया जा सकता है। चित्र 10.14 में दिखाए गए टेलीरोड प्रोफाइल ग्राफ से गोलाई की त्रुटि निम्न प्रकार से ध्रुवीय ग्राफ (polar graph) बनाकर मापी जा सकती है—

कार्यखण्ड की आदर्श स्थिति के लिए उस पर एक आधार वृत्त बनाया जाता है। इस डेटम वृत्त की पूरी परिधि को 12 समान रूप से विभाजित किया जाता है। इसके बाद प्रोफाइल ग्राफ की अधिकतम बाहरी स्थिति के लिए उसी केन्द्र से एक वृत्त खींचा जाता है तथा अधिकतम भीतरी स्थिति के लिए भी उसी केन्द्र से एक अन्य वृत्त खींचा जाता है। इन वृत्तों का न्यूनतम त्रैज्यिक अन्तर गोलाई त्रुटि का माप होता है।

चित्र 10.15 पोलर ग्राफ

टेलीरोड यन्त्र अत्यधिक उपयोगी यंत्र है। इसका उपयोग बियरिंग बनाने वाली फैक्टरियों में क्रैंक पिन, पिस्टन पिन इत्यादि की जाँच में बहुत होता है।