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।**

Scanned by CamScanner

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।

Scanned by CamScanner

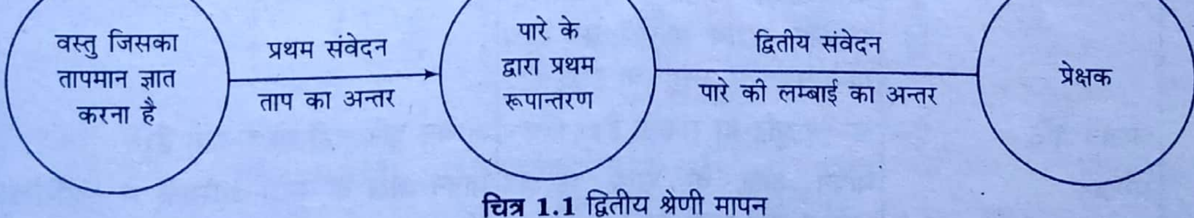
7. मापन-यन्त्रों का समय-समय पर अंशांकन (calibration) करते रहना जिससे उनकी यथार्थता बनी रहे।
8. नये विकसित उत्पादों का मूल्यांकन (evaluation) करके यह सुनिश्चत करना कि उत्पादन प्रक्रम तथा उपलब्ध मापन-यन्त्र उस उत्पादन के लिए अनुकूल है।
9. मापन की नयी आधुनिक तकनीकी का विकास करना।
10. उत्पादन तथा निरीक्षण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

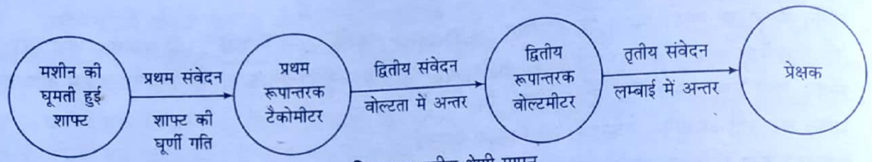
1. **प्रथम श्रेणी मापन** Primary Measurement जिन मापों को लेते समय किसी प्रकार रूपान्तरण नहीं होता है तथा यह सीधे ही प्रत्यक्ष प्रेरण से लिए जाते हैं, प्रथम श्रेणी मापन कहलाते हैं। जैसे—किसी मानक पैमाने से अज्ञात लम्बाई की तुलना करना, रंगों को देखकर तापमान का अनुमान लगाना आदि प्रथम श्रेणी माप के उदाहरण 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।

Scanned by CamScanner



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 वक्रकार 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 तरंगदैर्घ्य 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 तरंगदैर्घ्य को लम्बाई के मानक के रूप में स्वीकार किया। इसके अनुसार, क्रिप्टॉन-86 के नारंगी विकिरण (orange radiation) की 1650763.73 तरंगदैर्घ्य की लम्बाई 'एक मीटर' के बराबर होती है।

तरंगदैर्घ्य मानक के लाभ Advantages of Wavelength Standard तरंगदैर्घ्य 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।

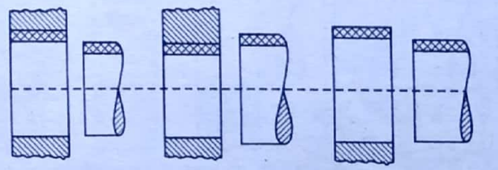
प्रश्न 8. फिट (Fit) क्या है? फिट कितने प्रकार के होते हैं? **(2011, 13,14)**

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।



अवकाश फिट (Clearance Fit) बाधा फिट (Interference Fit) परिवर्तनीय फिट (Transition Fit)

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।

Scanned by CamScanner

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

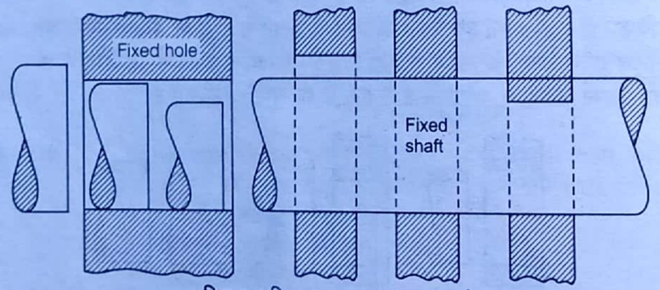
दो अवयवों को आपस में असेम्बल करने पर इच्छित फिट प्राप्त करने के लिए जिस प्रणाली का उपयोग होता है, उसे फिट आधार प्रणाली कहते हैं। इस प्रणाली का उपयोग वृहद उत्पादन में किया जाता है। फिट आधार प्रणाली निम्न दो प्रकार की होती है—

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।

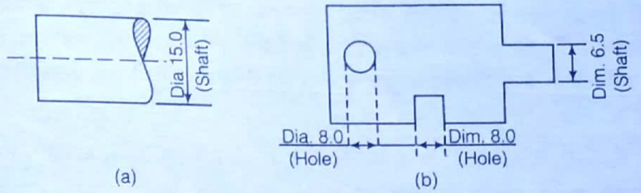


चित्र 1.4 छिद्र तथा शाफ्ट आधार प्रणाली

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)]।



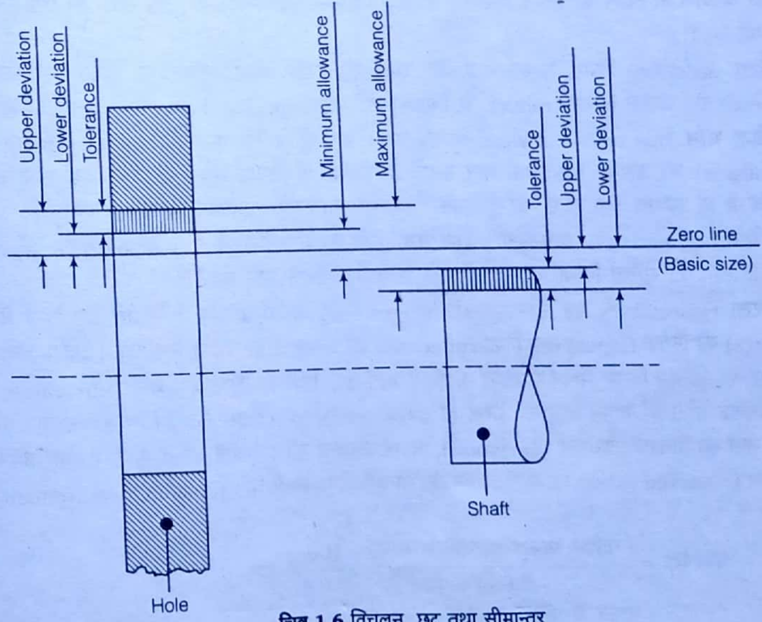
चित्र 1.5

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

Scanned by CamScanner

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 अक्षों 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 क्रमशः 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।

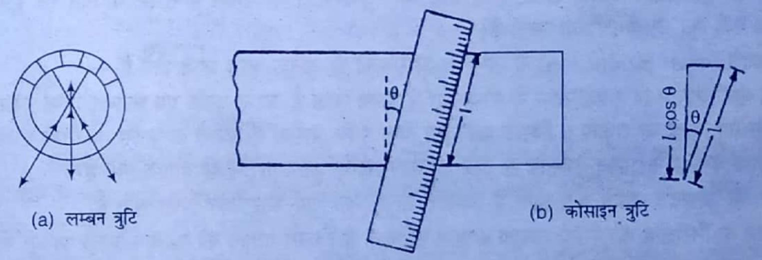
अतः
$$\text{यथार्थता} = \frac{(\text{मापित मान} - \text{वास्तविक मान}) \times 100}{\text{वास्तविक मान}} \%$$
$$= \frac{\text{मापन में त्रुटि} \times 100}{\text{वास्तविक मान}} \%$$

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 पुनः 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। अतः 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। अतः 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। अतः 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

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

Scanned by CamScanner

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,

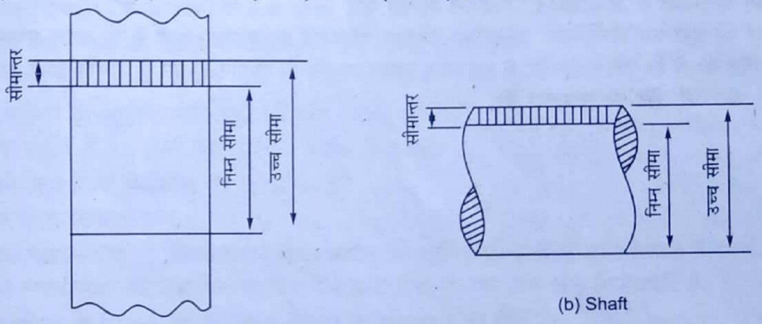
छिद्र के लिए सीमान्तर, $\delta_A = A_b - A_m$

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।

Scanned by CamScanner

(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।

Scanned by CamScanner

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)।

Scanned by CamScanner

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।

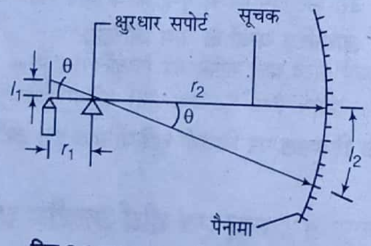
माना मापी जाने वाली माप l_1 है तथा उत्तोलक की छोटी भुजा की लम्बाई r_1 और बड़ी भुजा की लम्बाई r_2 है। यदि सूचक को θ° विस्थापन देने पर पैमाने का पाठ्यांक l_2 है तो

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

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

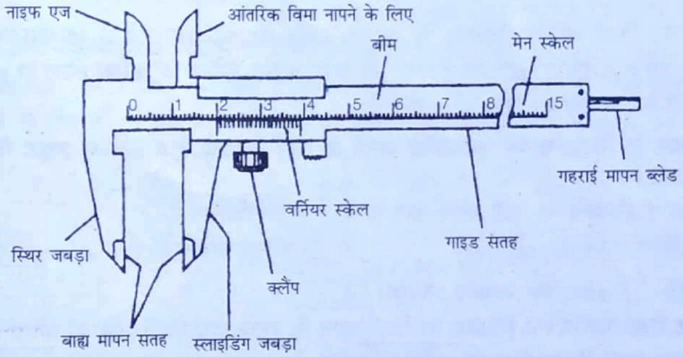
प्रश्न 4. वर्नियर सिद्धान्त को समझाते हुए इसका अल्पतमांक ज्ञात करने की विधि समझाइए? **(2014)**

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

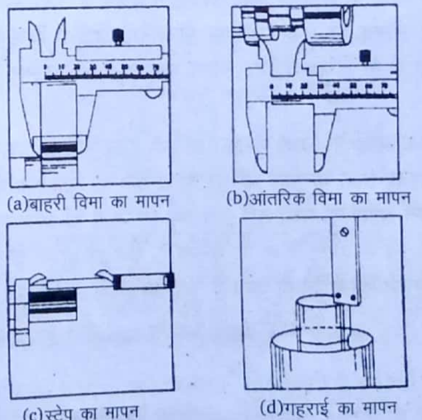
उत्तर सन् 1631 में फ्रांसीसी वैज्ञानिक पियरे वर्नियर ने वर्नियर का सिद्धान्त प्रतिपादित किया। इस सिद्धान्त के अनुसार जब दो ऐसे पैमाने जिनके भागों के मध्य अत्यन्त कम अन्तर हो, तब उनके मानों के अन्तर का मान मापन की शुद्धता बढ़ाने के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

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



(a)बाहरी विमा का मापन (b)आंतरिक विमा का मापन

(c)स्टेप का मापन (d)गहराई का मापन

चित्र 2.3

Scanned by CamScanner

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 $= 1\,mm - \frac{19}{20}\,mm = \frac{1}{20}\,mm = 0.05\,mm$

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।

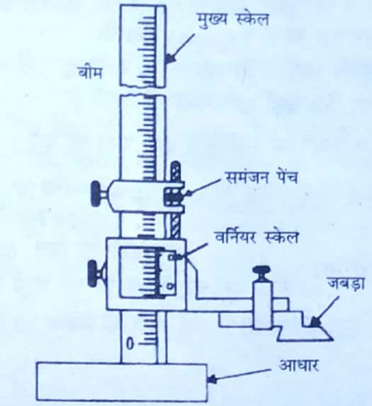
प्रश्न 6. वर्नियर के सिद्धान्त पर आधारित यन्त्रों के नाम बताइये तथा वर्नियर हाइट गेज की क्रियाविधि समझाइए।

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) ।

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।

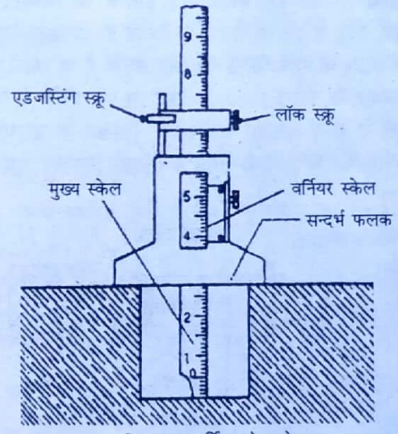
स्क्राइबर को जॉब की किसी एक सतह पर स्पर्श कराकर वर्नियर हाइट गेज का पाठ्यांक नोट कर लेते हैं। इसके पश्चात् जॉब की दूसरी सतह पर स्क्राइबर स्पर्श कराकर वर्नियर हाइट गेज का पाठ्यांक नोट कर लेते हैं। दोनों पाठ्यांकों का अन्तर निकालकर जॉब की दोनों सतहों के मध्य दूरी ज्ञात कर ली जाती है। वर्नियर हाइट गेज में 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

Scanned by CamScanner

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।

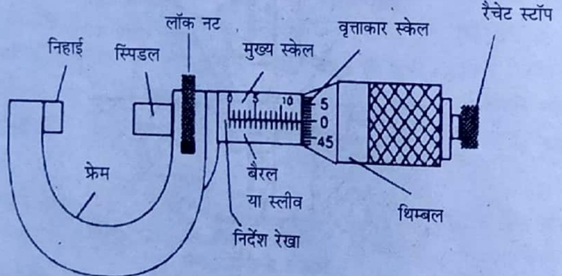
$$\text{स्क्रू चूड़ी का अल्पतमांक (least count)} = \frac{\text{स्क्रू चूड़ी का पिच } (p)}{\text{पेंच चूड़ी की परिधि पर बने भागों की संख्या } (n)}$$

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।

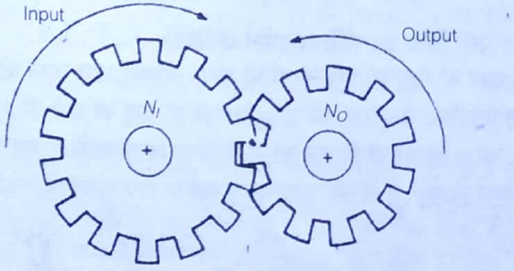
मिमी माप वाले माइक्रोमीटर में चूड़ी की पिच 0.5 मिमी होती है तथा स्लीव पर बने चिह्न 0.5 मिमी तथा 1 मिमी के होते हैं। थिम्बल पर बने वृत्ताकार पैमाने पर 50 बराबर विभाजन होते हैं। जब थिम्बल को एक चक्र घुमाया जाता है तो स्क्रू अपने कक्ष की दिशा में 0.5 मिमी आगे या पीछे हटता है। इस प्रकार, थिम्बल के एक भाग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

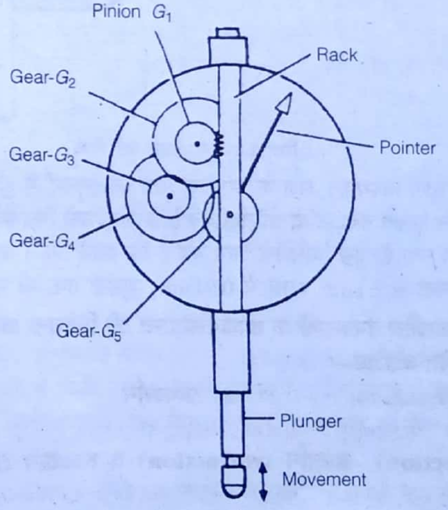
प्रश्न 10. संयुक्त गियर विधि मापन प्रणाली की क्रिया-विधि समझाइए।

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

Scanned by CamScanner

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।

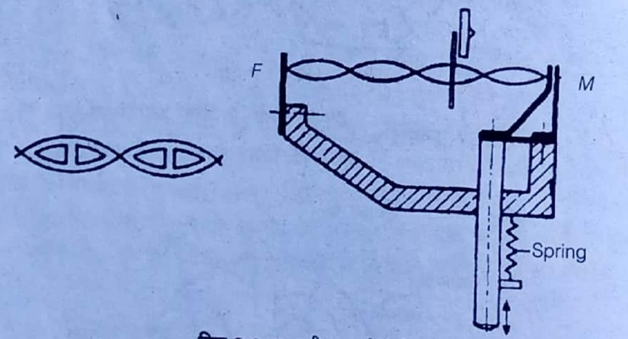
सूचक की लम्बाई में वृद्धि कर आवर्धन पुनः बढ़ाया जा सकता है। डायल गेज में बैकलैश (backlash) की त्रुटि को नगण्य रखने के लिये स्प्रिंग का प्रयोग किया जाता है।

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।

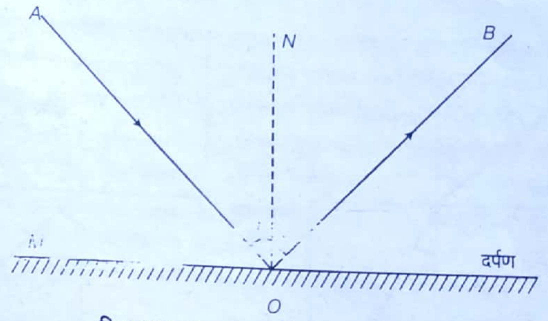
अथवा **निम्न को परिभाषित कीजिए—** **(2013)**

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।



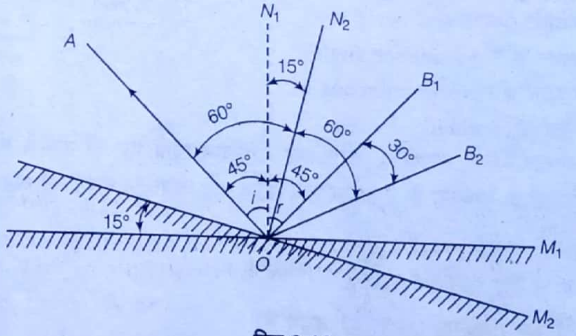
चित्र 2.9 प्रकाश का परावर्तन (Reflection of light)

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।

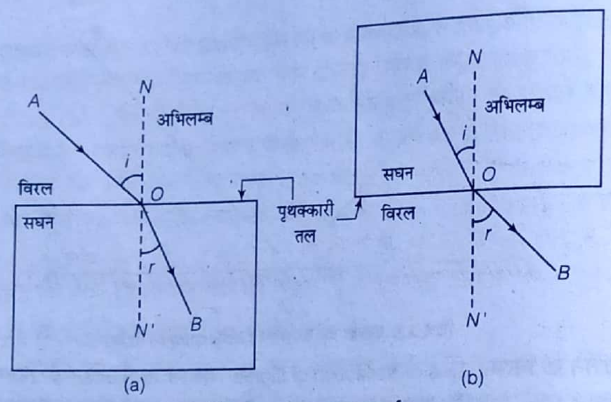


चित्र 2.10

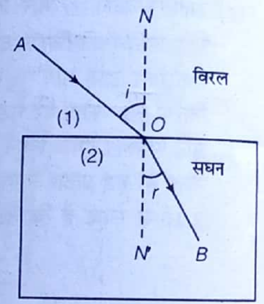
2. **अपवर्तन** Refraction प्रकाश की किरण समांग माध्यम (homogeneous medium) में सीधी रेखा में चलती है, परन्तु जब प्रकाश एक माध्यम से किसी दूसरे पारदर्शी माध्यम में प्रवेश करता है तो वह अपने पथ से विचलित हो जाता है। प्रकाश किरण का विचलन या तो दोनों माध्यमों की संयुक्त सतह पर डाले गये अभिलम्ब की ओर होता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

Scanned by CamScanner



चित्र 2.11 प्रकाश का अपवर्तन



चित्र 2.12

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)]।

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),

NN' = 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।

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 तरंगदैर्ध्य 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।

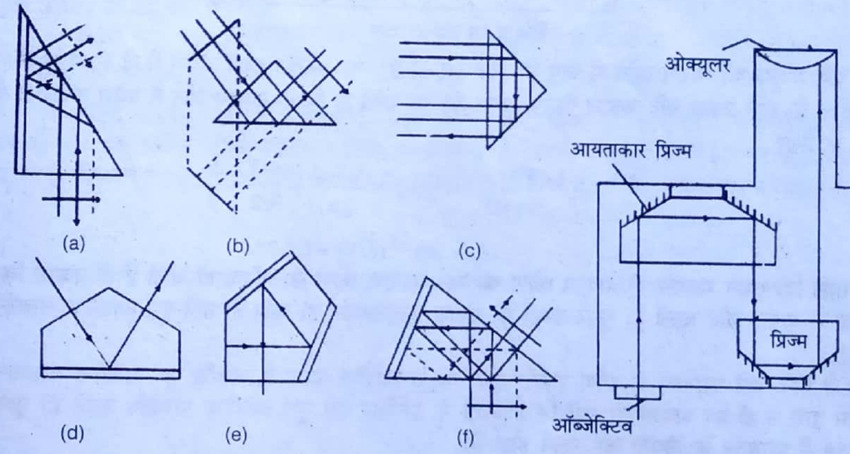
व्यतिकरण के प्रकार व्यतिकरण निम्न दो प्रकार का होता है—

(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,

$$\frac{\sin i_c}{\sin 90^\circ} = {}_2\mu_1$$

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

Scanned by CamScanner

अत: $_1\mu_2 = \frac{1}{\sin i_c}$

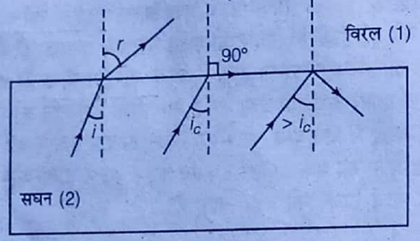
जहाँ $_1\mu_2$ विरल माध्यम (1) के सापेक्ष सघन माध्यम (2) का अपवर्तनांक है। अत: किसी माध्यम के जोड़े के लिये क्रांतिक कोण का एक विशिष्ट मान होता है।

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

$$\sin i_c = \frac{1}{_a\mu_g} = \frac{1}{3/2} = \frac{2}{3}$$

अत: 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)

अत: 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

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

अत: $i_c = \sin^{-1}(8/9) = 62.7°$

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)।

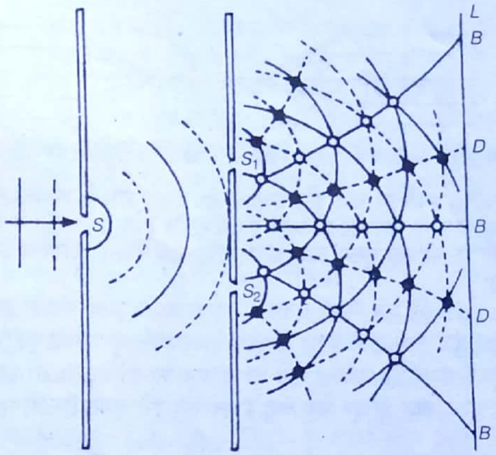
दर्पण से होने वाले परावर्तन में दर्पण प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित करता है, जबकि पूर्ण आंतरिक परावर्तन में सघन माध्यम द्वारा ऊर्जा का अवशोषण नहीं किया जाता है, इसलिए इसे पूर्ण आंतरिक परावर्तन कहते हैं। पूर्ण आंतरिक परावर्तन में परावर्तन के नियमों का पालन होता है।

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।



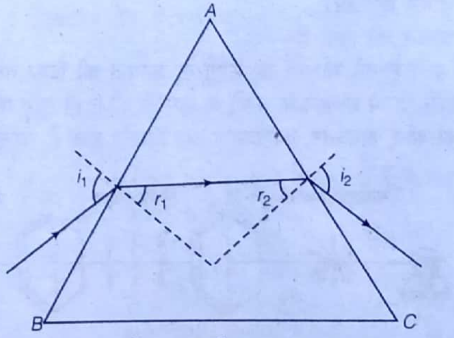
चित्र 2.16 यंग का डबल स्लिट प्रयोग (Young's double slit experiment)

प्रश्न 16. निम्न पर टिप्पणी लिखिए–

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

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

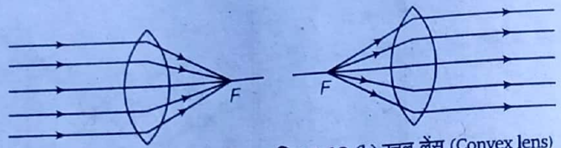
उत्तर 1. **प्रिज्म** Prism जब कोई एकवर्णीय प्रकाश किरण किसी प्रिज्म पर आपतित होती है तो किरण प्रिज्म के आधार की ओर मुड़ जाती है। इसके अतिरिक्त प्रिज्म की सहायता से किरणों को 90° तथा 180° पर मोड़ा जा सकता है। इस प्रकार के प्रिज्म पूर्ण आंतरिक परावर्तन सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। चित्र 2.17 में उपरोक्त 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[illegible] अपवर्तन के पश्चात् पुंज लेंस के मुख्य अक्ष के एक बिन्दु पर एकत्रित हो जाता है। इस बिन्दु को लेंस का फोक[illegible] (focus) कहते हैं। उत्तल लेंस का फोकस वास्तविक (real) होता है, चित्र 2.18(a)।

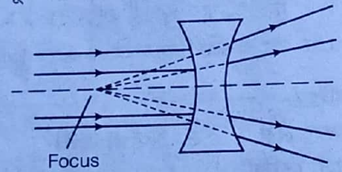
Scanned by CamScanner



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)**

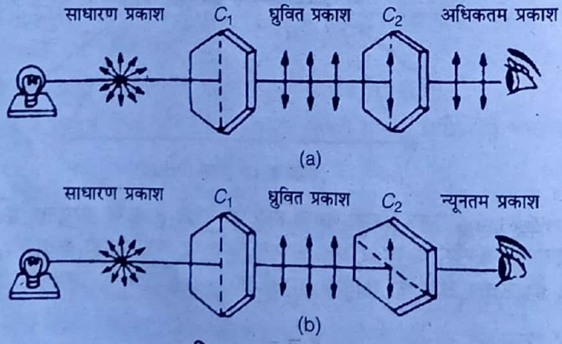
अथवा **ध्रुवीकरण का वर्णन कीजिए।** **(2017)**

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।"

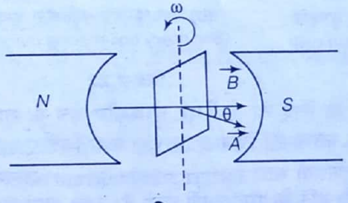
प्रश्न 18. विद्युत मापन-यन्त्रों के कार्य सिद्धान्त को समझाइए। **(2012, 13, 14)**

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 करता है। अतः ($\phi = B\ AN \cos\omega t$) का समय '$t$' के सापेक्ष अवकलन करने पर

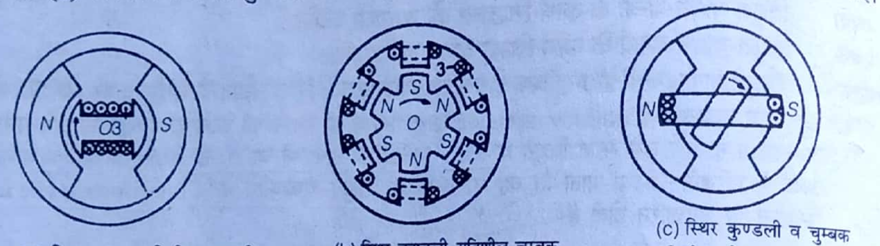
Scanned by CamScanner

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

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

अतः 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)

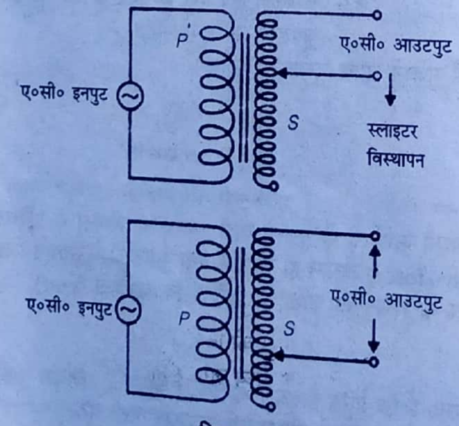
(b) स्थिर कुण्डली-गतिशील चुम्बक (Stationary coil-moving magnet)

(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। अतः 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 मुख्यतः 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 परिवर्तन**

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

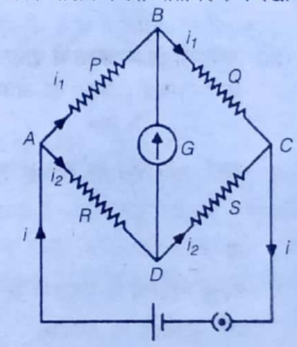
α = चालक के पदार्थ का प्रतिरोध ताप गुणांक (temperature coefficient of resistance) है तो

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

सूत्र से स्पष्ट है कि चालक के प्रतिरोध तथा तापमान के मध्य रेखीय संबंध होता है। अतः 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

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

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



चित्र 2.24 ह्वीटस्टोन ब्रिज (Wheatstone Bridge)

(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

Scanned by CamScanner

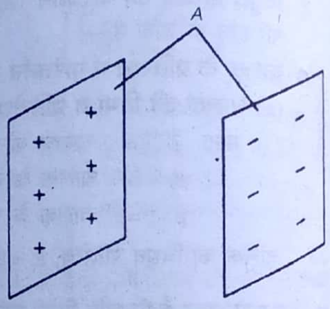
(G) शून्य विक्षेप दिखाएगा। यह स्थिति ब्रिज संतुलन (balance) की अवस्था कहलाती है, जबकि ब्रिज के संतुलन का प्रतिबंध $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$.

अत: यदि चालकों P, Q तथा R के प्रतिरोध ज्ञात हैं तो अज्ञात प्रतिरोध S का मान ज्ञात किया जा सकता है। व्हीटस्टोन 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** VarIration 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। अत: 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

$$B = \mu_0 n i$$

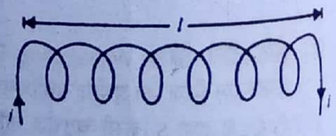
जहाँ, $n = N/l$ है। अब कुण्डली से गुजरने वाला कुल चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi = BAN$$

या $$\phi = \mu_0 n i AN$$

परन्तु स्वप्रेरण के सिद्धान्त से, $$\phi = L i$$

अत: 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।

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

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। अत: 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—

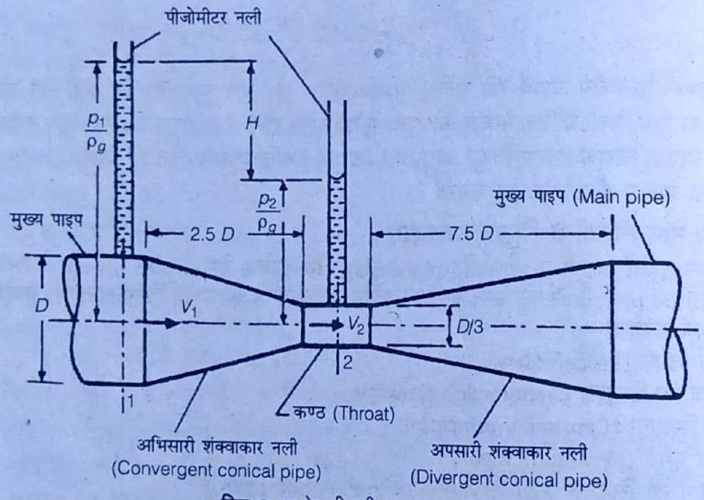
1. अभिसारी शंक्वाकार नली (Convergent conical pipe),
2. कंठ (Throat) तथा 3. अपसारी शंक्वाकार नली (Divergent conical pipe)।

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।

Scanned by CamScanner

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।

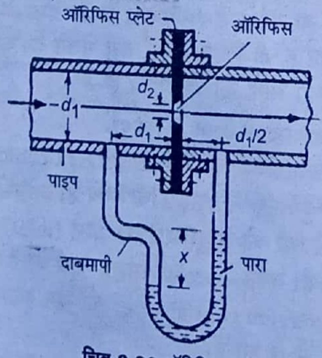
जब वेन्चुरीमापी में से द्रव बहता है तो अभिसारी नली में प्रवेश करने के पश्चात् कण्ठ पर उसकी गति बढ़ जाती है; क्योंकि अभिसारी नली का व्यास कम होता जाता है और विसर्जन (discharge) स्थित रहता है। अत: सातत्य समीकरण (continuity equation) के प्रयोग से कण्ठ पर दाब कम हो जायेगा। दाब में यह कमी वेन्चुरीमापी में 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।

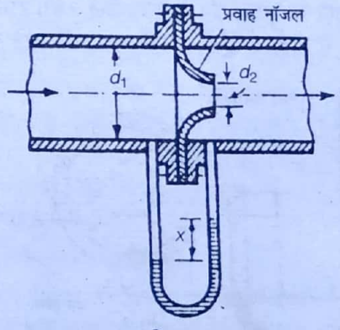
पाइप में से विसर्जन मापने के लिए वेन्चुरीमापी की भाँति ऑरिफिस-प्लेट के दोनों और बरनॉली प्रमेय लगायी जाती है। इस आधार पर निम्न सूत्र प्रयोग किया जाता है—

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

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

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

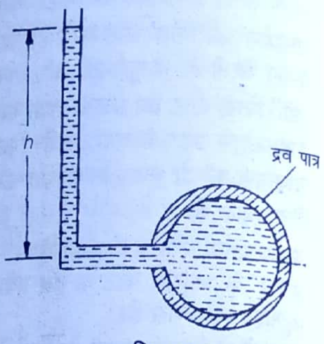
जहाँ, $a_2 = d_2$ व्यास का क्षेत्रफल,
h = प्रवाहित द्रव के पदों में दाब शीर्ष अन्तर तथा
C = घर्षण के लिये गुणांक।

Scanned by CamScanner

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।

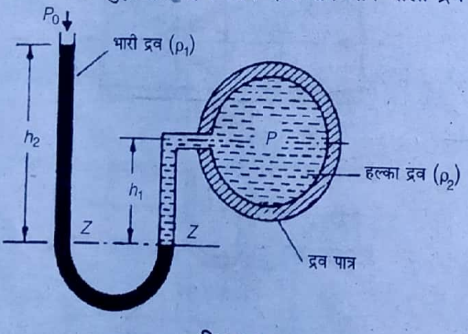


चित्र 2.30

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—

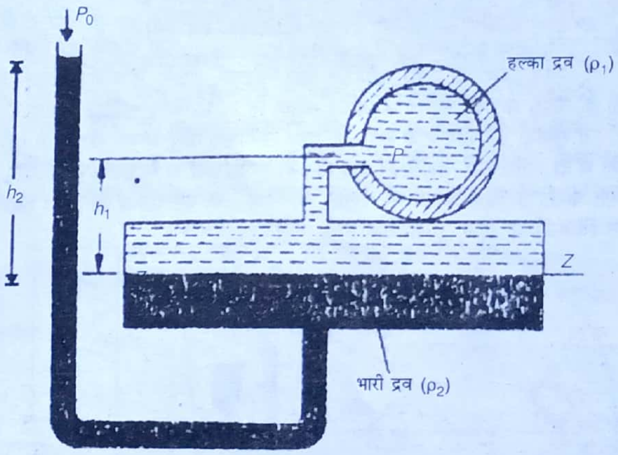
(i) **सरल मैनोमीटर** Simple Manometer इसका उपयोग उच्च अथवा ऋणात्मक दाब मापने के लिए किया जाता है। चित्र 2.31 के अनुसार इसकी बनावट 'U' ट्यूब के आकार की होती है। इसमें कोई भारी द्रव, सामान्यतया पारा भरा होता है जो दाब मापे जाने वाले द्रव में घुलनशील न हो। इसका एक सिरा वायुमण्डल में खुला होता है तथा दूसरा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



चित्र 2.31

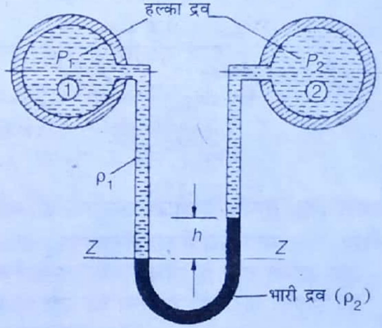
(ii) **माइक्रो मैनोमीटर** Micro manometer यह सरल मैनोमीटर का सुधरा हुआ रूप है। यह अत्यन्त सूक्ष्म दाब मापन के लिए किया जाता है। इसमें एक भुजा का काट क्षेत्रफल दूसरी भुजा की अपेक्षा 100 गुना तक हो सकता है। इसकी कम काट वाली भुजा ऊर्ध्वाधर अथवा नत रखी जाती है। नत भुजा वाला माइक्रोमीटर ऊर्ध्वाधर भुजा वाले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

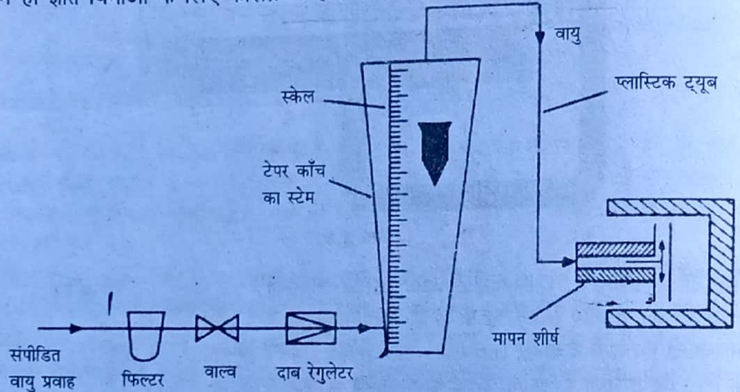
Scanned by CamScanner

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)।

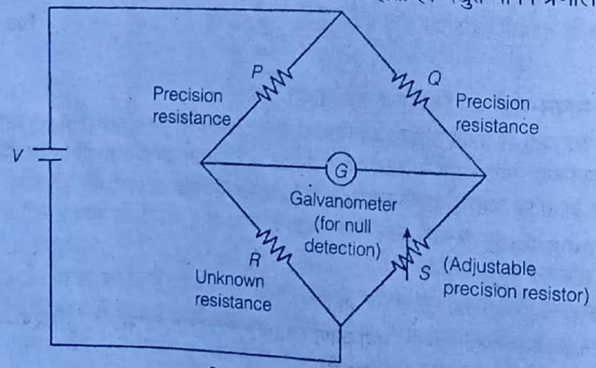
प्रवाह या वेग वायवीय तन्त्र Flow or Velocity Pneumatic Instrument इस यंत्र के द्वारा वायु प्रवाह की दर नाप पर किसी जॉब की विमा का मापन किया जाता है। संपीडित वायु फिल्टर, वाल्व, दाब रेगुलेटर से होती हुई काँच के टेपर कॉलम में प्रवेश करती है, जहाँ धातु का फ्लोट ऊर्ध्वाधर स्केल के सापेक्ष वायु [illegible] 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

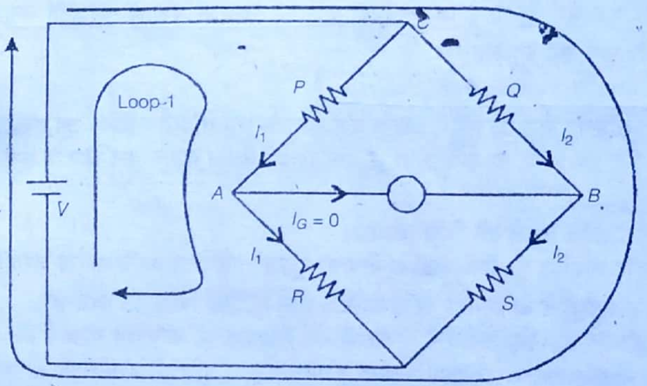
प्रश्न 26. मापन-यन्त्रों के सन्तुलन की व्याख्या कीजिए। **(2015)**

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, 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।



चित्र 2.35 (a) ह्वीटस्टोन ब्रिज

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। चूंकि 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।

Scanned by CamScanner