



महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ, मुंबई  
(स्वायत्त्व) (ISO 9001:2015) (ISO/IEC 27001:2013)

अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान पदविका

शिक्षण पुस्तिका  
(Learning Material)

**SURVEYING**

**(312339)**

स्थापत्य अभियांत्रिकी गट

मराठी-इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम  
(अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील दुसरे सत्र पदविका)



शिक्षण पुस्तिका  
(Learning Material)  
सर्वेक्षण  
SURVEYING

(३१२३३९)

स्थापत्य अभियांत्रिकी गट

मराठी-इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम

(अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील दुसरे सत्र पदविका)



महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई  
(स्वायत्त) (ISO ९००१:२०१५) (ISO/IEC २७००१:२०१३)



312339

मार्गदर्शक

डॉ. आघाव राजेश त्र्यंबकराव  
उपयोजित यंत्रशास्त्र विभाग

लेखक

नागरगोजे साधू बाजीराव  
अधिव्याख्याता, स्थापत्य अभियांत्रिकी

गोरे राजेंद्र हौशीराम  
अधिव्याख्याता, स्थापत्य अभियांत्रिकी

शेटे (गोसावी) अमृता सुनील  
अधिव्याख्याता, स्थापत्य अभियांत्रिकी

मोरे महेश रमेशराव  
विभाग प्रमुख, स्थापत्य अभियांत्रिकी





# महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ

(स्वायत्त) (ISO: ९००१:२०१५) (ISO/IES: २७००१-२०१३)

शासकीय तंत्रनिकेतन इमारत, चौथा मजला, ४९, खेरवाडी, बांद्रा (पूर्व), मुंबई - ४०० ०५१.

दूरध्वनी क्र.: ०२२-६२५४२१७०/१६१

Email : director@msbte.com

Web : www.msbte.org.in



## प्रास्ताविक

महाराष्ट्र राज्यातील पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षणामध्ये विद्यार्थ्यांचे रोजगार कौशल्य विकसित करून विद्यार्थ्यांचा सर्वांगीण विकास घडवून आणण्याकरिता महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ कटिबद्ध आहे. उद्योगधंद्यातील बदलत्या तंत्रज्ञानाशी संबंधित गरजा लक्षात घेऊन महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळाकडून पदविका अभ्यासक्रम वेळोवेळी अद्यावत करण्यात येतो. अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रम शिकत असतांना संकल्पनात्मक ज्ञान, सुसंगत संदर्भ, प्रश्न विचारणे, विश्वसनिय पुरावे, कारणमीमांसा आणि सुस्पष्ट निकष यांचा वापर करून अर्थाची उकल करण्याची, विश्लेषण व मूल्यमापन करण्याची तसेच तर्काने अनुमान काढण्याची क्षमता म्हणजेच चिकित्सक विचार विद्यार्थ्यांमध्ये अधिक दृढ होतील असा मला विश्वास आहे. जेव्हा विद्यार्थी ज्ञान मिळवण्याच्या माध्यमाशी पूर्णपणे परिचित आणि सोयीस्कर असतात, तेव्हा त्यांच्यासाठी वर्गातील चर्चेत भाग घेणे सोपे होते, संकल्पनात्मक व सैद्धांतिक बाबींचे आकलन परिपूर्ण होते, संज्ञानात्मक क्षमता सुधारते आणि त्यांचा आत्मविश्वास देखील वाढतो या सर्व गोष्टींचा विचार करून मंडळाकडून शैक्षणिक सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आलेली आहे. भारत देश हा खेड्यापाड्यातून विकसित झालेला देश असून ग्रामीण भागातील विद्यार्थ्यांना तांत्रिक शिक्षण घेतांना भाषेचा अडसर न येता तांत्रिक बाबींचा आशय समजून घेणे शक्य होईल या दृष्टिकोनातून महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळाने पदविका स्तरावरील तांत्रिक शिक्षणाकरिता विद्यार्थ्यांना मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय शैक्षणिक वर्ष २०२१-२२ पासून उपलब्ध करून दिलेला आहे.

राष्ट्रीय शैक्षणिक धोरण-२०२० प्रादेशिक भाषेतील शिक्षणास प्रोत्साहन देते, ज्यामुळे विद्यार्थ्यांना तांत्रिक अभ्यासक्रमांसाठी प्रादेशिक भाषांतुन शिक्षणाचे माध्यम निवडता येते. सदर धोरणामुळे प्रादेशिक भाषांमध्ये तांत्रिक सामग्री आणि अभ्यास सामग्रीचा विकास आणि भाषांतर निर्माण करण्याची आवश्यकता आहे. त्यास अनुसरून मंडळाने मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय द्वितीय व तृतीय वर्षाकरिताही उपलब्ध करून देण्यात आला आहे. तसेच त्याकरिताची शैक्षणिक सामग्रीही संबंधीत भागधारकरांना उपलब्ध करून देण्यात येत आहे.

पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षण अधिक दर्जेदार करण्यासाठी महाराष्ट्रातील अनुभवी व तज्ञ अध्यापकांनी व्यवहारिक मराठी भाषा व इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावली यांचा वापर करून मराठी - इंग्रजी भाषेचा सुवर्णमध्य साधण्याचा प्रयत्न केलेला आहे. मंडळाच्या स्तरावर गठीत सुकाणू समितीमार्फत सदर शैक्षणिक सामुग्रीचा दर्जा, तसेच इतर बाबींची तपासणी करण्यात आलेली आहे. त्यामुळे सदर शैक्षणिक सामुग्री अधिक सम्पन्न झालेली असून विद्यार्थी त्यांच्या व्यक्तिमत्त्वाचा सुसंवादी आणि सर्वांगीण विकास साधतील. परिणामतः विश्वस्तरीय मनुष्यबळाच्या गरजा पूर्ण करण्यात महाराष्ट्र राज्य अग्रेसर राहिल व पर्यायाने राष्ट्रनिर्मिती करिता निश्चितच हातभार लागेल, असा मला विश्वास आहे.

अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रमातील प्रमुख विषयांची मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक शैक्षणिक सामुग्री बनविण्यासाठी अध्यापक व सुकाणू समितीचे सदस्य यांनी दर्शविलेले समर्पण व वचनबद्धता कौतुकास पात्र आहे, या सर्वांचे मी मनः पूवक अभिनंदन करतो !

(प्रमोद नाईक)

संचालक

म. रा. तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई.

## अनुक्रमणिका

अ. क्र	घटकाचे नाव	पान क्र
1.	सर्वेक्षणाचे विहंगावलोकन आणि वर्गीकरण (Overview and Classification of Surveying)	1 – 10
2.	क्रॉस स्टाफ आणि कंपास सर्वेक्षण ( Cross Staff and Compass Surveying)	11 - 48
3.	थियोडोलाइट सर्वेक्षण ( Theodolite Surveying)	49 - 69
4.	लेव्हलिंग आणि कॉन्टूरिंग (Levelling and Contouring)	70 – 114
5.	प्लेन टेबल सर्वेक्षण (Plane Table surveying)	115 – 130





## घटक - १

## सर्वेक्षणाचे विहंगावलोकन आणि वर्गीकरण

## (Overview and Classification of Surveying)

**विषय निष्पत्ती (Course Outcome):** दिलेल्या परिस्थितीसाठी आवश्यक सर्वेक्षणाचा प्रकार सुचवणे.

**सिद्धांत शिक्षण परिणाम (Theory Learning Outcome):**

- १) दिलेली सर्वेक्षणाची मूलभूत तत्त्वे स्पष्ट करा.
- २) क्षेत्राचे स्वरूप, उद्देश आणि वापरलेली साधने यावर आधारित सर्वेक्षणाचे वर्गीकरण करा.
- ३) दिलेल्या जमिनीचा आराखडा तयार करण्यासाठी पारंपारिक चिन्हे आणि त्यांचा वापर.

## १.१ सर्वेक्षण

## प्रस्तावणाः

सर्वेक्षण म्हणजे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विविध वस्तूंच्या सापेक्ष स्थानांचे त्यांच्यामधील क्षैतिज अंतर मोजून निश्चित करणे आणि कोणत्याही योग्य प्रमाणात नकाशा तयार करणे. अशा प्रकारे, या शिस्तीत, मोजमाप फक्त क्षैतिज समतल मध्ये घेतले जातात.

समतल करणे ही पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील वेगवेगळ्या बिंदूंचे सापेक्ष उभ्या अंतरांचे निर्धारण करण्याची कला आहे. म्हणून, लेव्हलिंगमध्ये, मोजमाप फक्त उभ्या प्लेन मध्ये घेतले जातात.

## सर्वेक्षणाचा उद्देश

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील वस्तूंची सापेक्ष स्थिती दर्शविण्यासाठी नकाशा तयार करणे हे सर्वेक्षणाचे उद्दिष्ट आहे. हा नकाशा काही योग्य प्रमाणात काढला जातो.

१. जमिनीच्या विद्यमान भावी सापेक्ष स्थिती निश्चित करणे.
२. जमिनीवर आमची खूण स्थिती किंवा प्रस्तावित रचना मांडण्यासाठी.
३. क्षेत्रे, खंड आणि इतर संबंधित प्रमाण निश्चित करण्यासाठी.

४. देशाचा नकाशा तयार करणे आणि शहरे, गावे, गावे आणि प्रमुख रॉड्सची तपशीलवार ठिकाणे तयार करणे.
५. अभियांत्रिकी तपशील आराखडा आणि रस्ते, रेल्वे, पूल, धरणे इत्यादी विविध संरचनांचे विभाग तयार करणे.
६. टेकड्या, दऱ्या आणि नद्यांचे तपशील दर्शविणारा स्थलाकृतिक नकाशा तयार करणे.

### सर्वेक्षणाचा उपयोग

खालील विविध अनुप्रयोगांसाठी सर्वेक्षण वापरले जाऊ शकते.

१. देशाची शहरे, जंगले, टेकड्या, दऱ्या, नद्या, गावेइ. दाखवणारा स्थलाकृतिक नकाशा तयार करणे.
२. फील्ड, घरे आणि सीमा इतर गुणधर्मदर्शविणारा कॅडस्ट्रल नकाशा तयार करणे.
३. अभियांत्रिकी नकाशा तयार करणे ज्यामध्ये रस्ते, रेल्वे, जलाशय, सिंचन कालवे इत्यादी अभियांत्रिकी कामांचा तपशील दर्शविला जातो.
४. देशाच्या विविध भागांसह रस्ते आणि रेल्वे दळणवळण दर्शविणारा लष्करी नकाशा तयार करणे. हे नकाशे वेगवेगळ्या धोरणात्मक गोष्टी देखील दर्शवतो, जसे की, देशाच्या संरक्षणासाठी महत्त्वाचे मुद्दे.
५. जलाशयाची क्षमता निर्धारित करण्यासाठी आणि रस्ते, रेल्वे इत्यादी भूमिगत संसाधनांसाठी सर्वोत्तम मार्ग शोधण्यासाठी समोच्च नकाशा तयार करणे.
६. भूवैज्ञानिक नकाशा तयार करणे ज्यामध्ये क्षेत्रे दर्शवितात.
७. प्राचीन अवशेष आहेत अशा ठिकाणी पुरातत्व नकाशा तयार करणे.

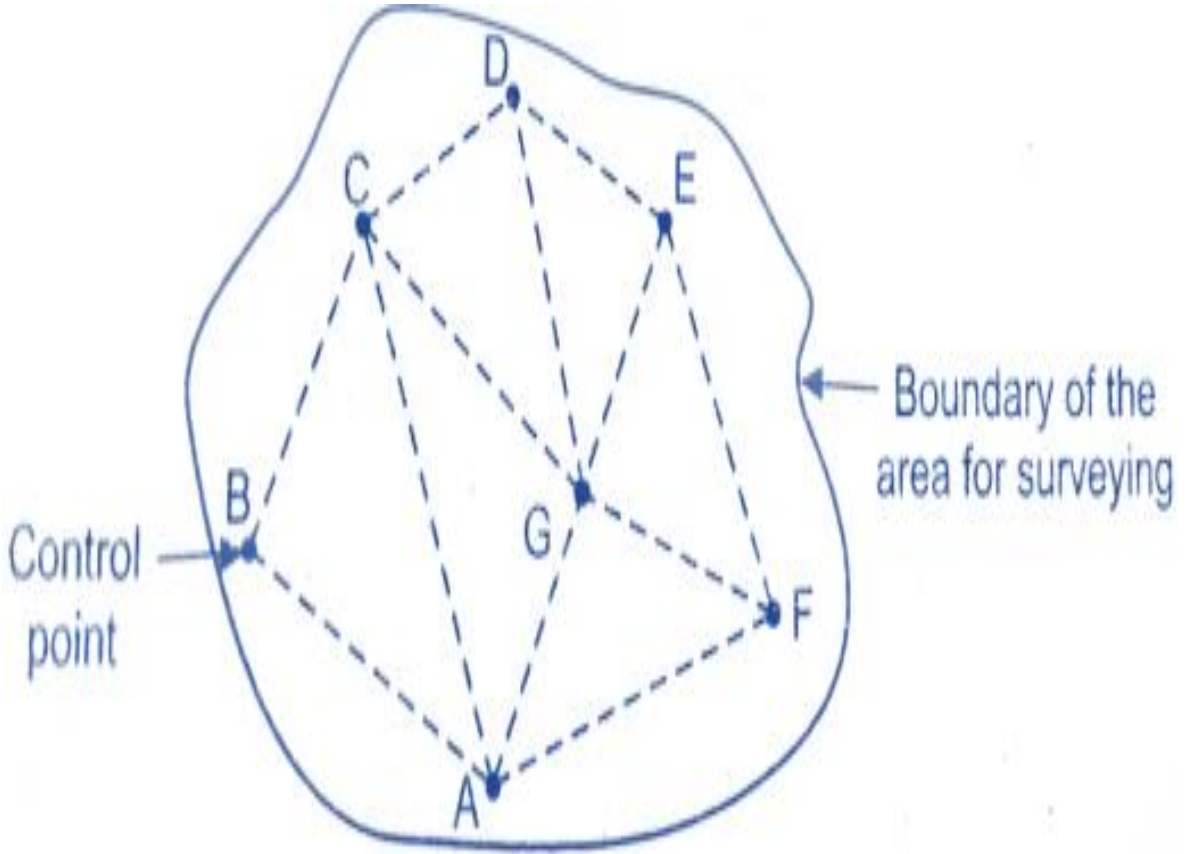
### सर्वेक्षणाचे सामान्य तत्त्व

सर्वेक्षणाची सामान्य तत्त्वे आहेत:

१. संपूर्ण भागापासून एका भागापर्यंत कार्य करणे आणि
२. निश्चित संदर्भ बिंदूपासून कमीतकमी दोन मोजमापांनी (रेखीय किंवा कोनीय) नवीन स्टेशन शोधण्यासाठी.

### १. संपूर्ण भागापासून एका भागापर्यंत कार्य करणे

पहिल्या तत्त्वानुसार, संपूर्ण क्षेत्र प्रथम मुख्य स्थानके (म्हणजे, नियंत्रण स्थानके) आणि मुख्य सर्वेक्षण रेषा (म्हणजे नियंत्रण रेषा) द्वारे वेढलेले आहे. क्षेत्रफळ नंतर सुस्थितीत त्रिकोण बनवून अनेक भागांमध्ये विभागले जाते, जवळजवळ समभुज त्रिकोण हा सर्वोत्तम सुस्थितीत त्रिकोण मानला जातो. मुख्य सर्वेक्षण रेषा प्रमाणित साखळीने अगदी अचूकपणे मोजल्या जातात. मग त्रिकोणाच्या बाजू मोजल्या जातात.

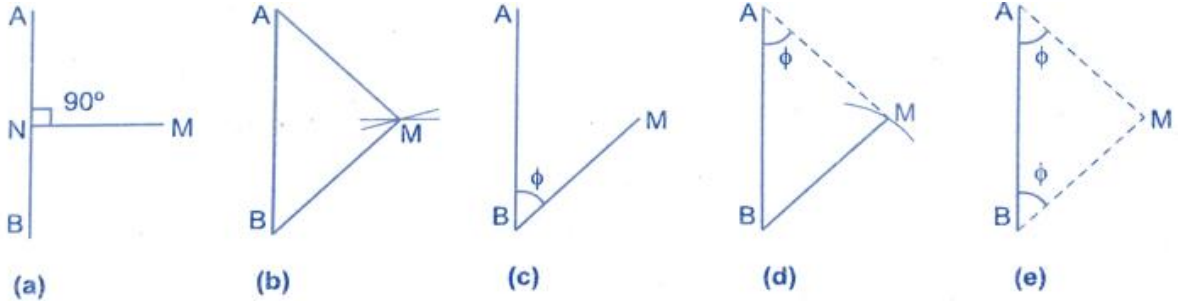


### आकृती : १.१: संपूर्ण भागापासून एका भागापर्यंत कार्य करणे

काम करण्याच्या या प्रक्रियेचा उद्देश त्रुटी जमा होण्यापासून रोखणे हा आहे, या प्रक्रियेदरम्यान, त्रिकोणाच्या कोणत्याही बाजूच्या मोजमापात काही त्रुटी असल्यास, संपूर्ण कामावर त्याचा परिणाम होणार नाही. त्रुटी नेहमी शोधली जाऊ शकते आणि दूर केली जाऊ शकते परंतु, उलट प्रक्रिया (म्हणजेच भागापासून संपूर्ण) अनुसरण केल्यास, मापनातील किरकोळ त्रुटी विस्ताराच्या प्रक्रियेत वाढवल्या जातील आणि एक टप्पा येईल जेव्हा या चुका पूर्णपणे अनियंत्रित होतील.

२. निश्चित संदर्भ बिंदूपासून कमीतकमी दोन मोजमापांनी (रेखीय किंवा कोनीय) नवीन स्टेशन शोधण्यासाठी.

दुसऱ्या तत्त्वानुसार, नवीन स्थानके नेहमी निश्चित केली पाहिजेत, निश्चित संदर्भ बिंदूवरून किमान दोन मोजमाप (रेखीय किंवा टोकदार) करून. रेखीय मोजमाप साखळी किंवा टेपने मोजलेल्या क्षैतिज अंतरांचा संदर्भ देते. कोनीय मोजमाप प्रिझमॅटिक कंपास किंवा थियोडोलाइटद्वारे घेतलेल्या चुंबकीय बेअरिंग किंवा क्षैतिज कोनाचा संदर्भ देते).



आकृती : १.२: निश्चित संदर्भ बिंदूपासून कमीतकमी दोन मोजमापांनी (रेखीय किंवा कोनीय) नवीन स्टेशन शोधण्यासाठी.

M चे स्थान खाली वर्णन केलेल्या कोणत्याही एका पद्धतीद्वारे शोधले जाऊ शकते:

(अ) संदर्भ रेषा AB वर लंब MN काढता येतो आणि लांबी AN आणि NM मोजली जाते. बिंदू M नंतर प्लॉट आणि मोजला जाऊ शकतो. हे तत्त्व तपशील परिभाषित करण्यासाठी साखळी सर्वेक्षणात वापरले जाते.

(ब) AM आणि BM चे अंतर मोजले जाऊ शकते आणि बिंदू M ला दोन चाप ज्या स्केलवर AB प्लॉट केले आहे, त्याच स्केलवर स्विंग करून प्लॉट केले जाऊ शकते. तत्वाचा वापर साखळीत खूप होतो.

(क) अंतर BM आणि कोन ABM मोजले जाऊ शकते आणि बिंदू M हे एकतर प्रोट्रेक्टरद्वारे किंवा त्रिकोणमितीय पद्धतीने प्लॉट केले जाते. हे तत्त्व ट्रॅव्हर्सिंगमध्ये वापरले जाते.

(ड) एक कोन MAB आणि अंतर BM मोजला जातो आणि बिंदू M एकतर कोन लांब करून आणि B वरून चाप फिरवून किंवा त्रिकोणमितीय पद्धतीने प्लॉट केला जातो. हे ट्रॅव्हर्सिंगमध्ये वापरले जाते. (इ) या पद्धतीत, AM

आणि BM हे अंतर मोजले जात नाही, परंतु कोन MAB आणि कोन MBA कोन मापन यंत्राने मोजले जातात. AB चे अंतर जाणून घेतल्यास, बिंदू M हा एकतर प्रोट्रेक्टरद्वारे किंवा त्रिकोण AMB च्या द्रावणाद्वारे प्लॉट केला जातो. त्रिकोणामध्ये आणि व्यापक कामासाठी हे तत्त्व खूप वापरले जाते.

(फ) साखळी सर्वेक्षणामध्ये, मुख्य स्थानकांचे स्थान आणि मुख्य सर्वेक्षण रेषांचे दिशानिर्देश टाय लाईन्स (Tie lines) आणि चेक लाईन्सद्वारे (Check lines) निश्चित केले जातात.

## १.२ सर्वेक्षणाचे प्रकार

सर्वेक्षणाचे प्रामुख्याने खालीलप्रमाणे वर्गीकरण केले जाते:

### अ. प्राथमिक वर्गीकरण

१. प्लेन सर्वेक्षण, आणि

२. जिओडेटिक सर्वेक्षण.

#### १. प्लेन सर्वेक्षण

प्लेन सर्वेक्षणकरणे म्हणजे, जसे आपल्याला माहित आहे की पृथ्वीचा आकार गोलाकार आहे. तसेच, पृष्ठभाग स्पष्टपणे वक्र आहे. पण प्लेन सर्वेक्षणात पृथ्वीची वक्रता विचारात घेतली जात नाही. याचे कारण असे की प्लेन सर्वेक्षण एका छोट्या क्षेत्रावर केले जाते. तर, पृथ्वीचा पृष्ठभाग समतल मानला जातो. अशा सर्वेक्षणात कोणत्याही दोन बिंदूंना जोडणारी रेषा सरळ मानली जाते. कोणत्याही तीन बिंदूंनी तयार झालेला त्रिकोण समतल त्रिकोण मानला जातो आणि त्रिकोणाचे कोन समतल कोन मानले जातात. पाटबंधारे विभाग, रेल्वे विभाग इत्यादी राज्य संस्थांद्वारे प्लेन सर्वेक्षण केले जाते. जेव्हा क्षेत्रफळ  $२५०$  किमी<sup>२</sup> पेक्षा कमी असते तेव्हा प्लेन सर्वेक्षण केले जाते.

#### २. जिओडेटिक सर्वेक्षण

जिओडेटिक सर्वेक्षणमध्ये, पृथ्वीची वक्रता विचारात घेतली जाते. हे मोठ्या क्षेत्रावर विस्तारित आहे. कोणत्याही दोन बिंदूंना जोडणारी रेषा वक्र रेषा मानली जाते. कोणत्याही तीन बिंदूंनी बनलेला त्रिकोण मी गोलाकार मानला जातो आणि त्रिकोणाचे कोन गोलाकार कोन आहेत असे गृहीत धरले जाते. जिओडेटिक सर्वेक्षण भारतीय सर्वेक्षण विभागाद्वारे केले जाते, हे सर्वेक्षण  $२५०$  किमी<sup>२</sup> पेक्षा जास्त क्षेत्रफळावर केले जाते.

### ब. माध्यमिक वर्गीकरण

#### १. साधनांवर आधारित:

(अ) साखळी सर्वेक्षण,

- (ब) कंपास सर्वेक्षण,
- (क) विमान टेबल सर्वेक्षण,
- (ड) थियोडोलाइट सर्वेक्षण,
- (इ) टॅकोमेट्रिक सर्वेक्षण, आणि
- (फ) फोटोग्राफिक सर्वेक्षण.

### २. पद्धतींवर आधारित:

- (अ) त्रिकोणी सर्वेक्षण, आणि
- (ब) ट्रॅव्हर्स सर्वेक्षण.

### ३. ऑब्जेक्टवर आधारित:

- (अ) भूगर्भीय सर्वेक्षण,
- (ब) खाण सर्वेक्षण,
- (क) पुरातत्व सर्वेक्षण, आणि
- (ड) लष्करी सर्वेक्षण.

### ४. फील्डच्या स्वरूपावर आधारित:

- (अ) जमिनीचे सर्वेक्षण,
- (ब) सागरी सर्वेक्षण, आणि
- (क) खगोलशास्त्रीय सर्वेक्षण.

**(१) कॅडस्ट्रल सर्वेक्षण**

हेफील्ड, इस्टेट, घरे, इत्यादींच्या सीमा निश्चित करण्यासाठी केले जाते.

**(२) हायड्रोग्राफिक सर्वेक्षण**

हे मापन आणि वैशिष्ट्यांचे वर्णन करणारे विज्ञान आहे, जे सागरी नेव्हिगेशन, सागरी बांधकाम, ड्रेजिंग, ऑफशोर विंड फार्म, ऑफशोर ऑइल एक्सप्लोर आणि ड्रिलिंग आणि संबंधित क्रियाकलापांवर परिणाम करतात.

हायड्रोग्राफिक सर्वेक्षण सहसा खालीलपैकी एक किंवा अधिक उद्देशांसाठी केले जातात:

१. पाण्याच्या शरीराची रूपरेषा निश्चित करणे, किंवा पाण्याचे शेड, बेसिन किंवा स्टोरेज रिझर इ.
२. स्टोरेज बेसिन जलाशयाची परिमाणे आणि भौतिक वैशिष्ट्ये निर्धारित करण्यासाठी त्याची साठवण क्षमता मोजणे.
३. अंतर्भूत दरी किंवा खोऱ्याच्या अवस्थेतील आराखड्यासाठी बुडलेल्या क्षेत्रामध्ये पुरेशा संख्येच्या बिंदूंची उंची निश्चित करणे.
४. नदी किंवा प्रवाहाचे विसर्जन निश्चित करणे आणि तिच्या भौतिक वैशिष्ट्यांबद्दल आवश्यक असलेली माहिती प्राप्त करणे.

**(३) एरियल फोटोग्रामेट्री**

एरियल फोटोग्रामेट्री म्हणजे उंच स्थानावरून जमिनीच्या (फोटोग्राफ्स, उदाहरणार्थ) चित्रांचे रेकॉर्डिंग होय. या प्रकारच्या प्रणालींना आता "रिमोट सेन्सिंग" म्हणून संबोधले जाते कारण प्रतिमा विमानातून किंवा उपग्रहांमधून घेतल्या जाऊ शकतात.

**(४) लेआउट सर्वेक्षण**

लेआउट सर्वेक्षण म्हणजे उंची, क्षेत्रीय स्थिती आणि परिमाणे आणि कॉन्फिगरेशन नियंत्रित करण्यासाठी केलेले मोजमाप.



**(५) नियंत्रण सर्वेक्षण**

नियंत्रण सर्वेक्षण जमीन किंवा बांधकाम साइटवर संदर्भ स्थान स्थापित करते. हे नियंत्रण बिंदू इमारती, रस्ते आणि उपयोगितांसह इतर जमीन किंवा साइटची वैशिष्ट्ये अचूकपणे शोधतात आणि मॅप करतात. नियंत्रण सर्वेक्षण किंवा सर्वेक्षण नियंत्रणे विविध इमारती मध्ये प्रक्रियेचा पाया म्हणून संदर्भ बिंदू प्रदान करतात.

**(६) टोपोग्राफिकल सर्वेक्षण**

हे देशाची नैसर्गिक वैशिष्ट्ये निश्चित करण्यासाठी केले जाते.

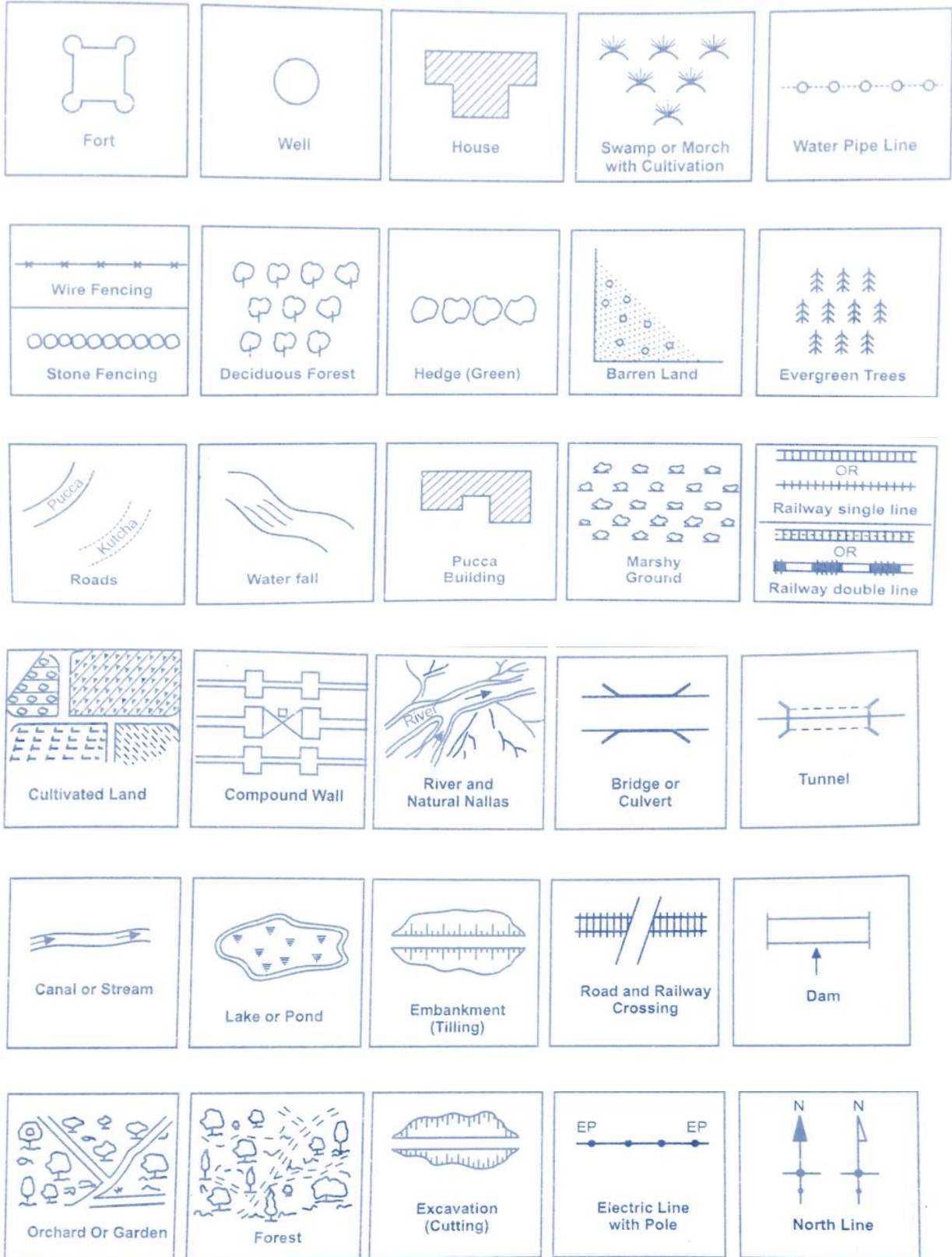
**(७) रूट सर्वेक्षण**

या शब्दाचा अर्थ महामार्ग, रेल्वेमार्ग, ओपन-कंड्युट सिस्टम, पाइपलाइन आणि पॉवर लाईन्स यासारख्या देशभरात काही अंतरापर्यंत चालू असलेल्या वाहतूक किंवा दळणवळणाच्या ओळींच्या स्थानासाठी आणि बांधकामासाठी आवश्यक सर्वेक्षणांचा संदर्भ आहे.

**(८) रेकोनाईजन्स सर्वेक्षण**

हे संपूर्ण क्षेत्राचा विस्तृत अभ्यास आहे जो रस्ता किंवा एअरफील्डसाठी वापरला जाऊ शकतो. अव्यवहार्य किंवा अव्यवहार्य असलेले मार्ग किंवा साइट काढून टाकणे आणि अधिक आशादायक मार्ग किंवा साइट ओळखणे हा त्याचा उद्देश आहे. विद्यमान नकाशे आणि हवाई छायाचित्रे खूप मदत करू शकतात.

१.३ पारंपारिक चिन्हे



आकृती : १.३: पारंपारिक चिन्हे

**संदर्भ (Reference)**

<b>Sr. No</b>	<b>Author</b>	<b>Title</b>	<b>Publisher with ISBN Number</b>
1	Kanetkar T. P.; Kulkarni, S. V.	Surveying and Levelling volume I	Pune Vidyarthi Gruh Prakashan, Pune; ISBN:978-81-858-2511-3
2	Basak, N. N.	Surveying and Levelling	McGraw Hill Education, New Delhi ISBN93-3290-153-8
3	S. K. Duggal	Survey I	McGraw Hill Education, New Delhi, ISBN:978-00-701-5137-6
4	Punmia, B.C, Jain, Ashok KumarJain, Arun Kumar	Surveying I	Laxmi Publications., New Delhi. ISBN: 8-17-008853-4
5	Bhavikatti, S. S.	Surveying and Levelling, Volume 1	I. K. International, New Delhi ISBN: 978-81-906-9420-9

## घटक -२.

## क्रॉस स्टाफ आणि कंपास सर्वेक्षण

## (Cross Staff and Compass Surveying)

**विषय निष्पत्ती : (Course Outcome) :** दिलेल्या जमिनीसाठी (फील्डसाठी) क्रॉस स्टाफ आणि कंपास सर्वेक्षण करा.

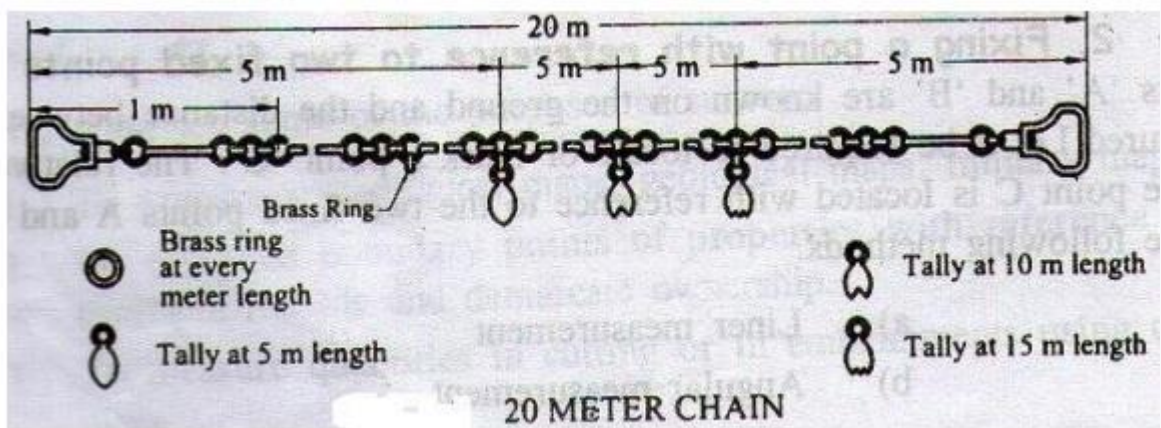
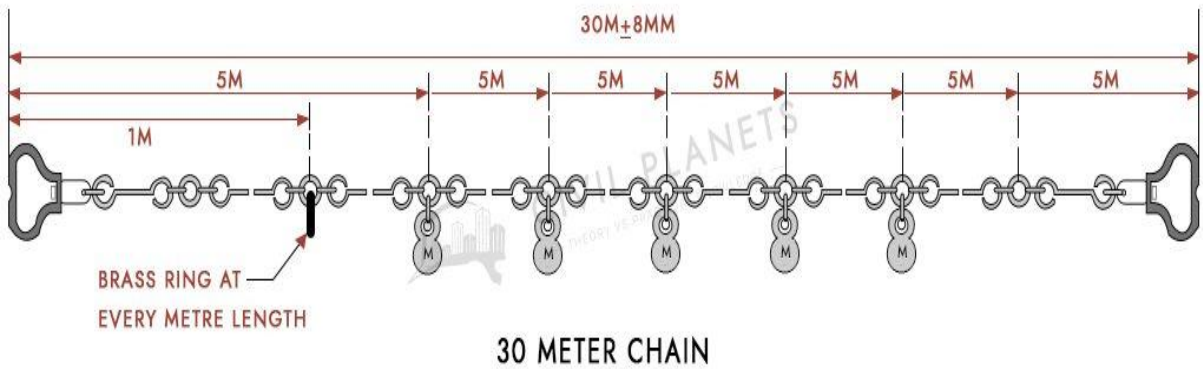
**घटक निष्पत्ती : (Unit Outcome)**

1. दोन दिसणारे आणि न दिसणारे स्टेशन मधील अंतर शोधण्यासाठीची प्रक्रिया स्पष्ट करा.
2. दिलेल्या सर्व्हे लाइनचे आणि सर्वेक्षणात वापरलेले सर्वेक्षण स्टेशनचे स्पष्टीकरण करा.
3. रेंजिंग करण्याच्या पद्धती स्पष्ट करा.
4. चेन(Chain) आणि क्रॉस स्टाफ सर्वेक्षण वापरून खुल्या मैदानाच्या क्षेत्राची गणना करा.
5. भौगोलिक/खरे चुंबकीय, अनियंत्रित मेरिडियन, बियरिंग्ज, मेरिडियन आणि बेअरिंग, परिभाषित करा.
6. संपुर्ण सर्कल बेअरिंग चे रिड्युस बेअरिंग मध्ये आणि रिड्युस बेअरिंगचे संपुर्ण सर्कल बेअरिंग मध्ये रूपांतर करा .
7. बेअरिंग लाईनपासूनचा अंतर्गत आणि बाह्य कोनची गणना करा.
8. दिलेल्या माहीतीवरूनयोग्य बेअरिंग निश्चित करा.
9. दिलेल्या जमिनीचा मार्गक्रमण(Traverse) पूर्ण करण्यासाठी बाऊडीच (Bowditch)चा नियम लागू करा

## २.१ रेखीय मोजमाप करण्याची साधने (Linear Measurement Instruments):

### १. मेट्रिक साखळी (Metric Chain):

क्षैतिज अंतर मोजण्यासाठी साखळ्यांचा (चेनचा) वापर केला जातो. गॅल्वनाइज्ड सौम्य स्टील वायरच्या सरळ लिंकपासून साखळ्या तयार होतात ज्याला लिंक म्हणतात. प्रत्येक लिंकचे टोक तीन ओव्हल रिंग्सद्वारे जोडलेल्या लूपच्या हातामध्ये वाकलेले असतात जे साखळीला लवचिकता देतात. साखळी माइल्ड स्टीलची बनलेली आहे. हनुवटीच्या टोकाला साखळी जमिनीवर ओढण्यासाठी पितळी हँडल दिलेले असतात. हँडलच्या बाहेरचा भाग म्हणजे शुन्य बिंदू किंवा साखळीचा शेवटचा बिंदू आणि एका हँडलच्या बाहेरून दुसऱ्या हँडलच्या बाहेरील बाजूपर्यंत मोजलेली साखळीची लांबी. एका लिंकची लांबी ही सलग दोन मधल्या वलयांच्या केंद्रांमधील अंतर असते. शेवटच्या लिंकमध्ये हँडल्स समाविष्ट आहेत. मेटॅलिक टॅग हे साखळीचे सूचक आहेत जे मोजमापांच्या सर्वेक्षणात साखळीच्या अंशाचे द्रुत वाचन सुलभ करतात. मेट्रिक सर्वेक्षण साखळी 20m आणि 30m लांबीमध्ये उपलब्ध आहेत. 20m चेनमध्ये 100 लिंक्स आहेत तर 30m चेनमध्ये 150 लिंक्स आहेत. दोन्ही प्रकारच्या साखळीची एक लिंक 20 सें.मी. असते.



**२. टेप (Tape):**

रेषीय मोजमापांसाठी सर्वेक्षणात पाच प्रकारचे टेप उपलब्ध आहेत आणि ते खालीलप्रमाणे आहेत:

- a) लिनेन टेप (Linen Tape)
- b) विणलेली धातूची टेप (Woven Metallic Tape)
- c) स्टील टेप (Steel Tape)
- d) सिंथेटिक टेप (Synthetic Tape)
- e) इनवार टेप (Invar Tape)

**a) लिनेन टेप (Linen Tape):**

लिनेन टेप, ज्याला कापड टेप देखील म्हणतात, ही एक वार्निश पट्टी आहे जी जवळून विणलेल्या तागाचे बनलेली असते. पट्टीची रुंदी सुमारे 12 ते 16 मिमी आहे. हे 10m, 20m, 30m, आणि 50m अशा वेगवेगळ्या लांबीमध्ये उपलब्ध आहे.



लिनेन टेपच्या दोन्ही टोकांना मेटॅलिक हँडल्स दिलेले असतात आणि संपूर्ण टेप चामड्याच्या किंवा धातूच्या केसमध्ये गुंडाळलेला असतो. लिनेन टेप वजनाने हलके आणि हाताळण्यास सोपे असतात. या टेप पाण्याच्या संपर्कात आल्यावर आकुंचन पावतात आणि ओढल्यावर लांबही होऊ शकतात. त्यामुळे, हे टेप अचूक सर्वेक्षण मोजमापांसाठी योग्य नाहीत. हे सामान्यतः ऑफसेट मोजण्यासाठी आणि सामान्य कामांसाठी वापरले जातात.

**b) विणलेली धातूची टेप (Woven Metallic Tape):**

धातूची विणलेली टेप ही लिनेन टेपची सुधारित आवृत्ती आहे. तागाच्या सामग्रीसाठी पितळ किंवा तांब्याच्या तारांचा वापर मजबुतीकरण म्हणून केला जातो. म्हणून, सामान्य लिनेन टेपपेक्षा ते अधिक टिकाऊ आहे. टेपच्या शेवटी पितळाची अंगठी (Brass Ring) दिली जाते जी टेपच्या लांबीमध्ये समाविष्ट केली जाते. या टेप 2 मीटर, 10 मीटर, 15 मीटर, 20 मीटर, 30 मीटर आणि 50 मीटरच्या वेगवेगळ्या लांबीमध्ये उपलब्ध आहेत. हे सर्वेक्षण कामांसाठी वापरले जातात जसे की स्थलाकृतिक सर्वेक्षण कामे जेथे किरकोळ त्रुटी विचारात घेतल्या जात नाहीत.

**c) स्टील टेप (Steel Tape):**

स्टील टेपहे स्टील किंवा स्टेनलेस स्टील पासून बनलेले आहे. यात 6 मिमी ते 16 मिमी रुंदीची स्टील पट्टी असते. हे 1m, 5m, 8m, 10m, 20m, 30m आणि 50m लांबीमध्ये उपलब्ध आहे. मीटर, डेसिमिटर आणि सेंटिमिटर स्टीलच्या पट्टीमध्ये ग्रॅज्युएट केले जातात. स्टील टेप सामान्यतः मेटल केससह स्वयंचलित वळण यंत्रासह येतात. मापन करताना हाताचा वापर करून केसमधून टेप काढून घेतला जातो आणि केसवर दिलेले बटण दाबून ती केसमध्ये परत केली जाते.



स्टील टेप लवचिक नसतात आणि फक्त समतल पृष्ठभाग मोजण्यासाठी योग्य असतात. ओलाव्याच्या संपर्कात आल्यावर ते सहजपणे गंजू शकतात आणि या टेपला प्रतिबंध करण्यासाठी, प्रत्येक वापरानंतर ते स्वच्छ आणि तेल लावले पाहिजे. या टेप्सचा वापर सामान्यतः साखळ्यांचे (चेनचे) मानकीकरण, आकुंचन कार्यांचे मोजमाप इत्यादीसाठी केला जातो.

#### d) सिंथेटिक टेप (Synthetic Tape):

सिंथेटिक टेप पीव्हीसी सह लेपित काचेच्या तंतूनी बनलेले असतात. हे वजनाने हलके आणि लवचिक असतात. ते 5m, 10 m, 20m, 30m आणि 50m लांबीमध्ये उपलब्ध आहेत. सिंथेटिक टेप तणावाच्या अधीन असताना ताणू शकतात.



त्यामुळे, हे अचूक सर्वेक्षण कामांसाठी योग्य नाहीत. तथापि, स्टीलच्या टेपच्या जागी सिंथेटिक टेपची शिफारस केली जाते जेथे विद्युत कुंपण आणि रेल्वे लाईन इत्यादींच्या परिसरात मोजमाप घेणे आवश्यक आहे.

#### e) इनवार टेप (Invar Tape):

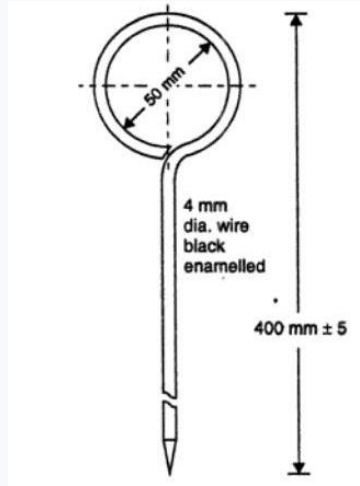
इनवार टेप मिश्रधातूपासून बनविलेले असतात ज्यात 36% निकेल आणि 64% स्टील असते. इनवार टेपमध्ये 6 मिमी रूंद पट्टी असते आणि ती 30m, 50m, 100m च्या वेगवेगळ्या लांबीमध्ये उपलब्ध असते. इनवार मिश्र धातूच्या थर्मल विस्ताराचे गुणांक खूप कमी आहे. तापमानातील बदलांमुळे त्याचा परिणाम होत नाही. म्हणून, या टेप्सचा वापर बेसलाइन मापन, त्रिकोणी सर्वेक्षण इ. साठी केला जातो. इनवार टेप इतर सर्व प्रकारच्या टेपपेक्षा महाग असतात. या टेप काळजीपूर्वक हाताळल्या पाहिजेत अन्यथा वाकणे किंवा किक्स तयार होऊ शकतात.





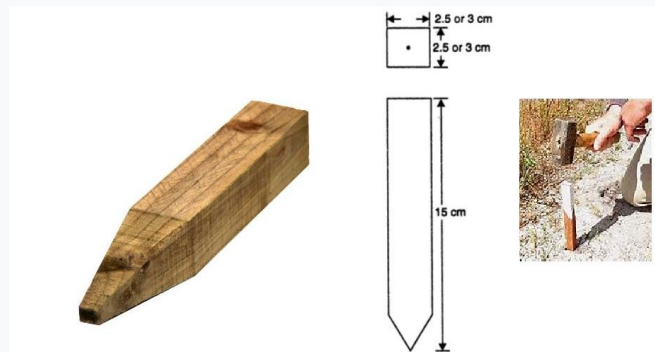
### ३. बाण (Arrows):

बाण किंवा मेकिंग पिन 4 मिमी व्यासाच्या टेम्पर्ड स्टील वायरपासून बनविल्या जातात आणि साधारणपणे 10 बाण साखळीने पुरवले जातात. जमिनीवर साखळीची लांबी मोजल्यानंतर बाण जमिनीत घातला जातो. सामान्यतः बाणाची लांबी 40 सेमी असते आणि त्याचे एक टोक टोकदार केले जाते आणि दुसरे टोक वाहून नेण्याच्या सुविधेसाठी वर्तुळात वाकलेले असते.



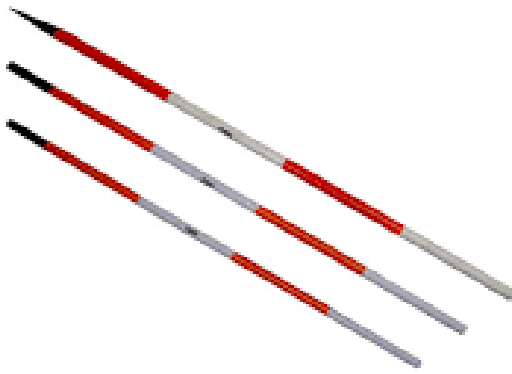
### ४. खुंटी (Pegs):

सर्वे लाइनच्या स्थानकांच्या शेवटी असलेल्या पॉइंट्सच्या स्थानांवर चिन्हांकित करण्यासाठी लाकडी खुंटीचा वापर केला जातो. ते कडक लाकडापासून बनवलेले असतात, साधारणपणे 2.5 सेमी किंवा 3 सेमी चौरस आणि 15 सेमी लांब, शेवटी निमुळते.

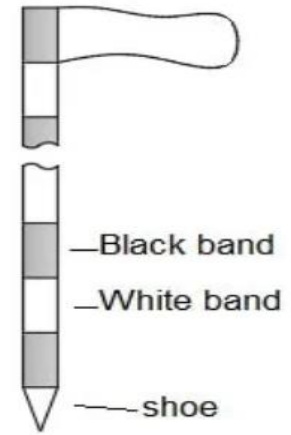


#### ५. रेंजिंग रॉड(Ranging Rods):

रेंजिंग रॉडचा वापर स्थानकांच्या पोजिशन्स बनवण्यासाठी आणि रेषांच्या श्रेणीसाठी केला जातो. ते उत्तम प्रकारे तयार केलेल्या सरळ दाणेदार लाकडाच्या सागवानापासून बनवलेले असतात. ते 3 सेमी व्यासाच्या क्रॉस विभागात गोलाकार असतात आणि त्यांची लांबी 2 किंवा 3 सेमी असते, लांबी अधिक सामान्य आहे. ते तळाशी एक जड लोखंडी बिंदू सह शुड (shod) आहेत. त्यांना दूरवर दृश्यमान करण्यासाठी, त्यांना वैकल्पिकरित्या काळा आणि पांढरा किंवा लाल आणि पांढरा रंगाचा रंग दिला जातो.

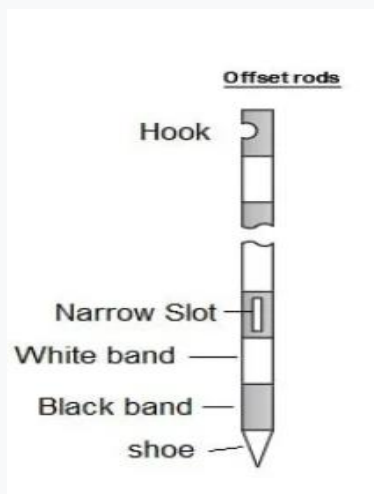


**Ranging rod**



#### ६. ऑफसेट रॉड(Offset Rod):

ऑफसेट रॉड रेंजिंग रॉड सारखाच असतो. ते एका टोकाला टोकदार लोखंडी शू असले पाहिजेत, हेजेस किंवा इतर अडथळ्यांमधून साखळी ओढण्यासाठी किंवा ढकलण्यासाठी दुसऱ्या बाजूला खाच किंवा हुक दिलेली असते.



### ७. वळंबा(Plumb Bob):

उतार असलेल्या जमिनीवर साखळी बांधताना, बिंदू जमिनीवर हस्तांतरित करण्यासाठी एक प्लंब बॉब आवश्यक आहे. हे थिओडोलाइट कंपास, प्लेन टेबल इ.चे स्टेशन चिन्हावर अचूक केंद्रीकरण करण्यासाठी आणि रेंजिंग पोलच्या अनुलंब चाचणीसाठी देखील वापरले जाते.

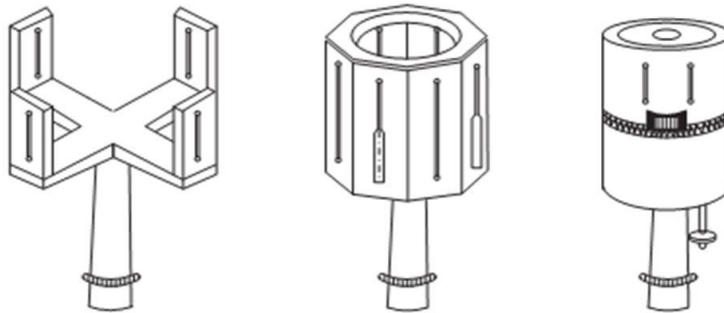


### ८. क्रॉस स्टाफ(Cross Staff):

साखळी रेषेला काटकोन ठरवण्यासाठी हे साधन वापरले जाते. यात एकतर एक फ्रेम किंवा बॉक्स असते ज्यामध्ये उभ्या स्लिट्सच्या दोन जोड्या असतात आणि जमिनीत फिक्सिंगसाठी खांबाच्या वर बसवले जातात.

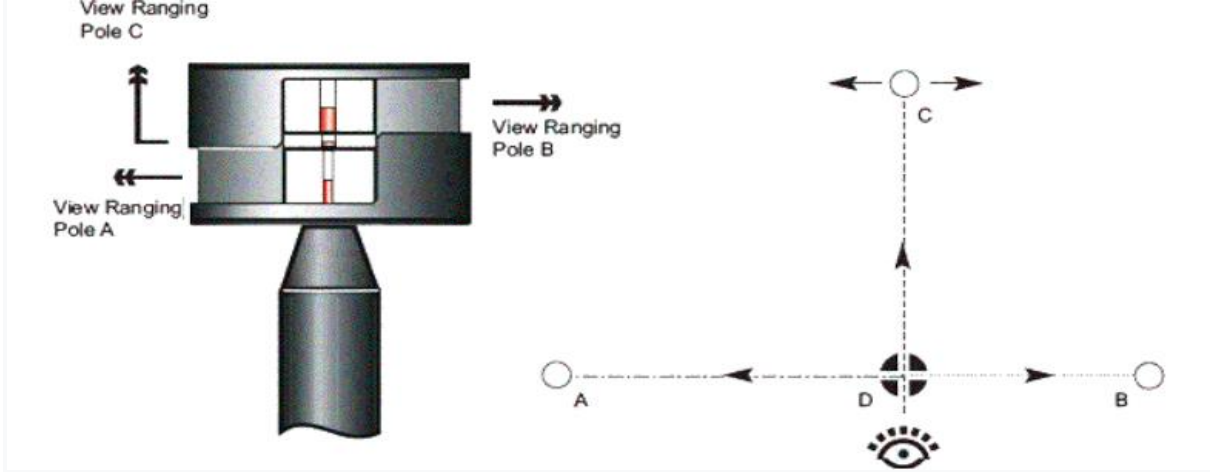
#### क्रॉस स्टाफप्रकार

- ओपन क्रॉस स्टाफ (Open Cross Staff)
- फ्रेंच क्रॉस स्टाफ (French Cross Staff)
- बदलानुकारी(Adjustable) क्रॉस स्टाफ (Adjustable Cross Staff)



### १. ऑप्टिकल स्क्वेअर(Optical Square):

हे 45 अंशाच्या कोनात दोन आरशांच्या सहाय्याने काटकोन काढण्यासाठी सर्वेक्षण करण्यासाठी वापरले जाणारे एक लहान हाताचे साधन आहे.



### २.२ साखळी सर्वेक्षण स्टेशन (Chain survey Station)

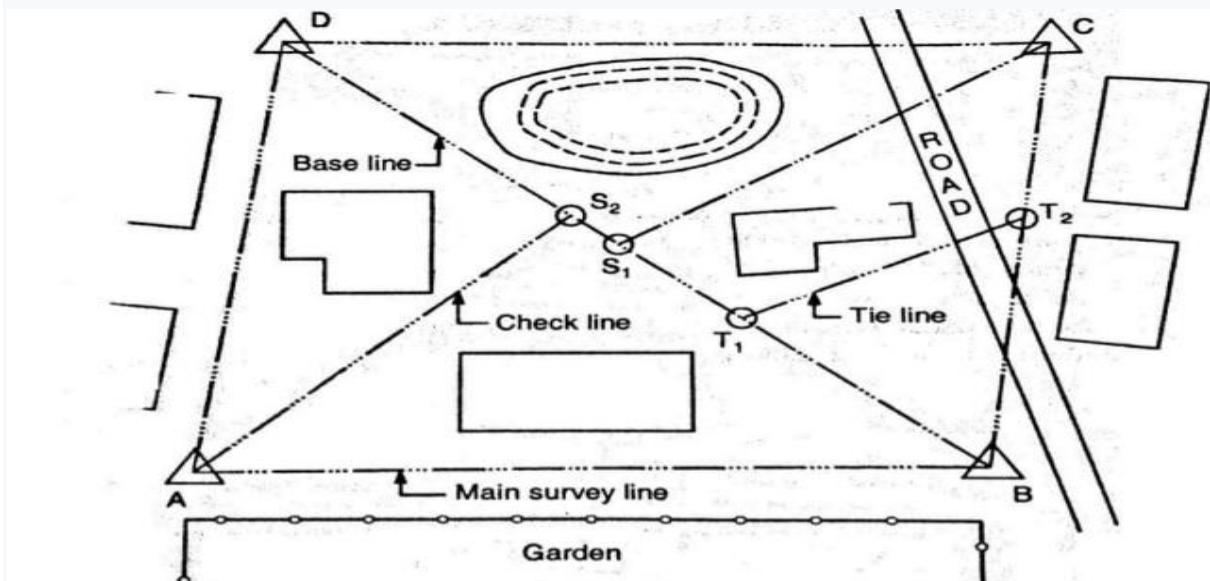
चेन लाइनच्या सुरुवातीस आणि शेवटी सर्व्हे स्टेशन महत्वाचा मुद्दा आहे.

सर्वेक्षण स्टेशनचे दोन प्रकार आहेत

- मुख्य स्टेशन (Main Station)
- उपकंपनी स्टेशन (Subsidiary Station)

### १. मुख्य स्टेशन (Main Station):

मुख्यस्टेशन ही ओळींच्या शेवटची असतात, जी सर्वेक्षणाच्या सीमांना आदेश देतात आणि मुख्य स्थानकांना जोडणाऱ्या रेषांना मुख्य सर्वेक्षण रेषा किंवा साखळी रेषा म्हणतात.



### २. उपकंपनी किंवा टाय स्टेशन (Subsidiary or Tie Station):

उपकंपनी किंवा टाय स्टेशन हे मुख्य सर्वेक्षण रेषांवर निवडलेले बिंदू आहेत, जेथे कुंपण, हेजेज, इमारत इ. सारख्या अंतर्गत तपशील शोधणे आवश्यक आहे.

### ३. टाय किंवा उपकंपनी ओळी (Subsidiary or Tie Line):

एक टाय लाइन मुख्य सर्वेक्षण रेषांवर दोन निश्चित बिंदू जोडते. हे सर्वेक्षणाची अचूकता तपासण्यात आणि अंतर्गत तपशील शोधण्यात मदत करते. प्रत्येक टाय लाइनची स्थिती काही वैशिष्ट्यांच्या जवळ असावी, जसे की पथ, इमारत इ.

### ४. बेस लाईन्स (Base Line):

ही मुख्य आणि सर्वात लांब रेषा आहे, जी अंदाजे फील्डच्या मध्यभागी जाते. कामाचा तपशील दर्शविण्यासाठी इतर सर्व मोजमाप या ओळीच्या संदर्भात घेतले जातात.

### ५. चेक रेष (Check Line):

चेक-लाइनला प्रूफ-लाइन असेही संबोधले जाते ती त्रिकोणाच्या शीर्षस्थानी त्रिकोणाच्या कोणत्याही दोन बाजूंच्या काही निश्चित बिंदूंना जोडणारी रेषा असते. फ्रेमवर्कची अचूकता तपासण्यासाठी चेक-लाइन मोजली जाते. जमिनीवर मोजल्या प्रमाणे चेकिंग लाईनची लांबी प्लॅनवरील त्याच्या लांबीशी सहमत असावी.

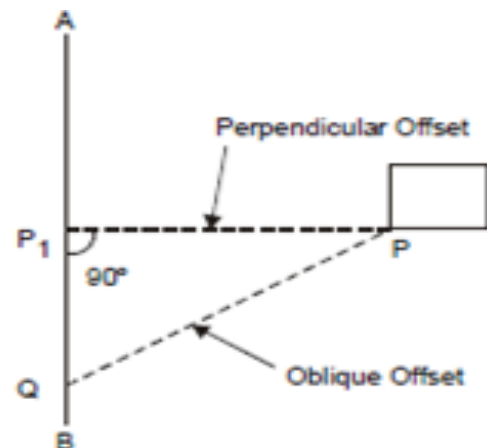
### ६. ऑफसेट (Offset):

ऑफसेट्स हे बेसलाइनच्या संदर्भात कामाच्या वेगवेगळ्या ऑब्जेक्ट्सच्या जागा (पोझिशनस) निश्चित करण्यासाठी बेसलाइनमधून पार्श्विक मोजमाप आहेत. हे सामान्यतः काटकोन ऑफसेटवर सेट केले जातात. हे टेपच्या मदतीने देखील काढता येते.

#### ऑफसेटचे प्रकार

ऑफसेटचे दोन प्रकार आहेत:

१. लंब ऑफसेट्स (Perpendicular Offset)
२. तिरकस ऑफसेट (Oblique Offset)



**१. लंब ऑफसेट्स (perpendicular Offset):**

ऑब्जेक्ट्सपासून साखळी रेषेपर्यंत काटकोनात मोजले जाणारे अंतर लंब किंवा आयताकृती किंवा काटकोनऑफसेट्स म्हणून ओळखले जाते.

लंबवत ऑफसेट सेट करण्यासाठी खालीलपैकी कोणतीही एक पद्धत वापरली जाते:

- स्विंग
- क्रॉस स्टाफ वापरणे
- ऑप्टिकल किंवा प्रिझम स्क्वेअर वापरणे

**२. तिरकस ऑफसेट (Oblique Offset):**

ऑब्जेक्ट्सपासून साखळी रेषेपर्यंत तिरकस मोजले जाणारे अंतर तिरकस ऑफसेट्स म्हणून ओळखले जाते.

लांबीनुसार ऑफसेटचे प्रकार

- लहान ऑफसेट (Short Offset)
- लांब ऑफसेट (Long Offset)

सामान्यतः ऑफसेट जेव्हा 15 मीटरपेक्षा कमी लांबीचे असतात तेव्हा त्यांना लहान म्हटले जाते. आणि जेव्हा त्यांची लांबी 15 मीटरपेक्षा जास्त असते तेव्हा त्यांना लांब म्हटले जाते. ऑफसेट्स शक्य तितक्या लहान असावेत कारण ते लांब असण्यापेक्षा टेपची चुकीची लांबी किंवा चुकीची दिशा यामुळे चुकीचे असू शकतात. तसेच लहान ऑफसेट्स लांब ऑफसेट्सपेक्षा अधिक जलद आणि अचूकपणे मोजले जाऊ शकतात. लांब ऑफसेट टाळण्यासाठी टाय रेषा काढल्या पाहिजेत.

**२.३ रेंजिंग (Ranging):**

दोन स्थिर बिंदू किंवा दोन सर्वेक्षण केंद्रांमधील सरळ रेषेवर मध्यवर्ती बिंदू शोधण्याच्या किंवा स्थापित करण्याच्या पद्धतीला रेंजिंग म्हणतात.

रेंजिंग करण्याच्या दोन पद्धती आहेत.

**१. प्रत्यक्ष पद्धत (Direct Method)**- सर्वेक्षण रेषेची दोन टोके किंवा स्थानके परस्पर दृश्यमान आहेत.

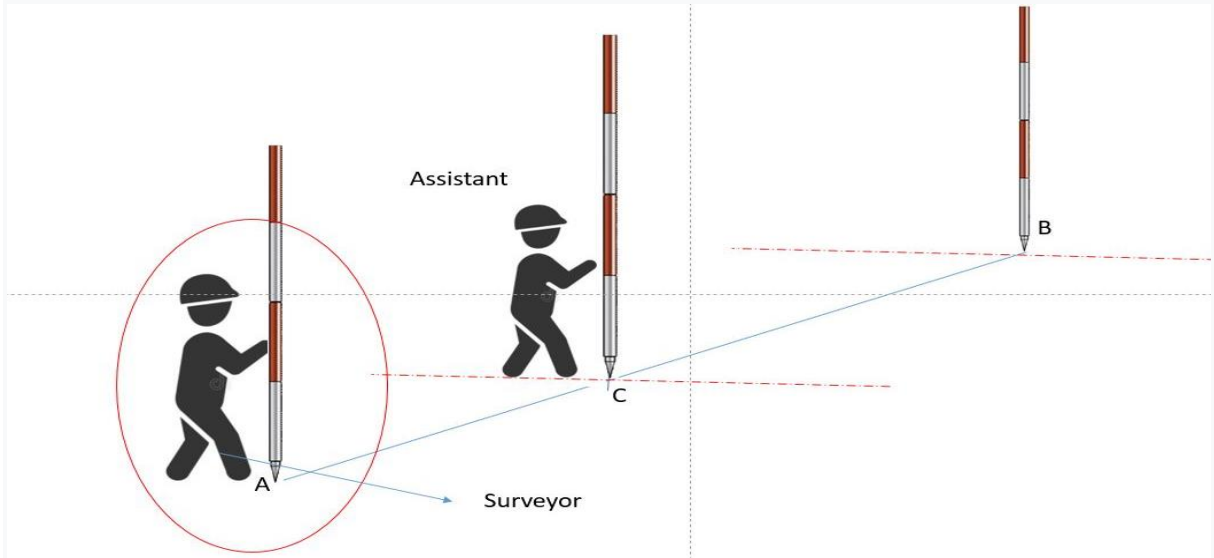
**२. अप्रत्यक्ष पद्धत (Indirect Method)** - सर्वेक्षण रेषेची दोन टोके किंवा स्थानके परस्पर दृश्यमान नाहीत.

### १. प्रत्यक्ष पद्धत(Direct Method):

सर्वेक्षण रेषेची दोन टोके किंवा स्थानके परस्पर दिसत असतील तर प्रत्यक्ष पद्धत वापरली जाते. प्रत्यक्ष रेंजिंग दोन प्रकारे केली जाते.

#### a) डोळ्यांनी रेंजिंग (Ranging by eye):

दोन बिंदू A आणि B विचारात घ्या जे एकमेकांना दिसत आहेत. या पद्धतीत A आणि B स्टेशनवर रेंजिंग रॉड निश्चित केला जातो.

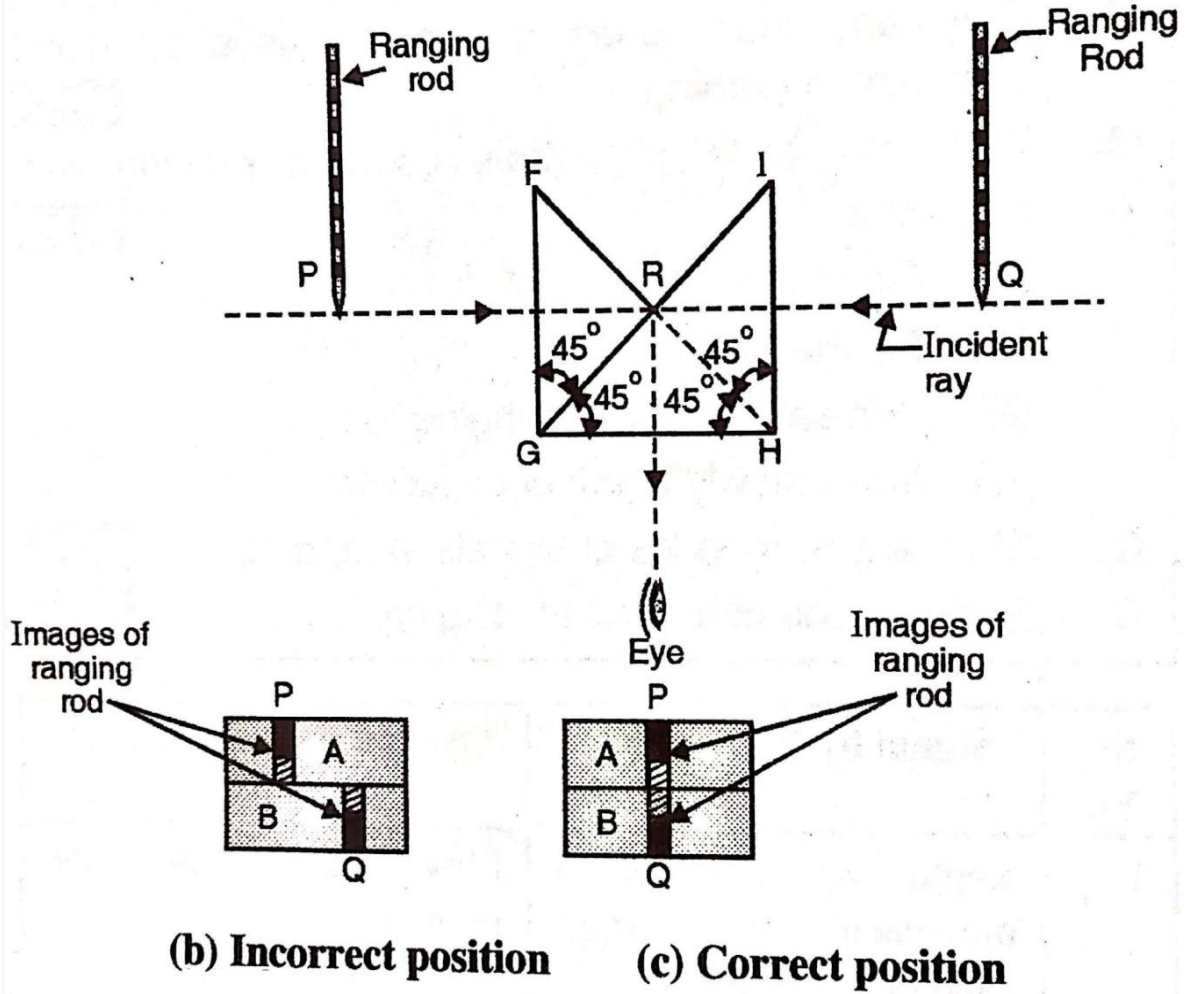


समजा AB च्या रेषेत असलेला C बिंदू जमिनीवर शोधायचा असेल तर सर्वेक्षक AB च्या रेषेत A वर रेंजिंग रॉडच्या अर्धा मीटर मागे उभा आहे. सहाय्यक नंतर सर्वेक्षकाच्या मार्गदर्शनाखाली दुसरा रेंजिंग रॉड अशा प्रकारे हलवतो की असिस्टंटने धरलेला रेंजिंग रॉड A आणि B मधील C बिंदूवर AB रेषेत असतो. त्याचप्रमाणे इतर बिंदू देखील अशाच प्रकारे शोधले जाऊ शकतात. सर्वेअरने सहाय्यकाला हाताच्या सिग्नलचा वापर करून मार्गदर्शन करावे जेणेकरून रेंजिंग रॉड लाईनमध्ये येईल.

#### b) लाइन रेंजरद्वारे रेंजिंग (Ranging by Line Ranger):



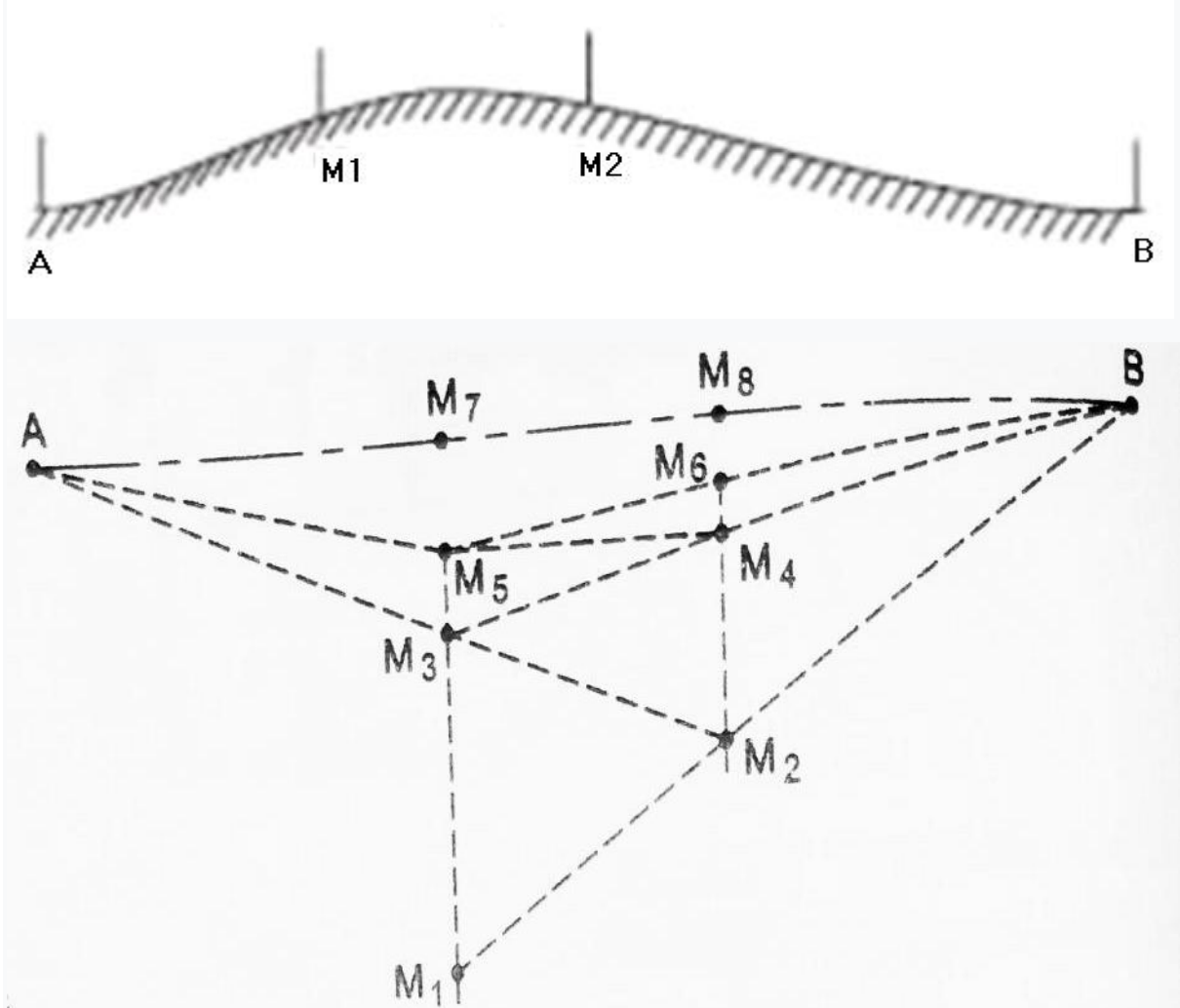
लाइन रेंजर हे हलके आणि वापरण्यास सोपे साधन आहे जे रेंजिंगसाठी वापरले जाऊ शकते. त्यामध्ये 2 समतल आरसे किंवा 2 काटकोन समद्विभुज प्रिझम एकमेकांच्या वर असतात. प्रकाश परावर्तित करण्यासाठी दोन प्रिझमचे कर्ण चांदीचे असतात. खालचा प्रिझम स्थिर असतो तर वरचा प्रिझम हलवण्यायोग्य असतो. इन्स्ट्रुमेंटला तळाशी हँडल दिलेले आहे जे वापरकर्त्याला इन्स्ट्रुमेंट वापरण्यास सुलभ करते. आंतर-दृश्यमान बिंदूवर दोन श्रेणीचे रॉड निश्चित केले आहेत.



मग सर्वेक्षक लाइन रेंजरसह फिरतो. लाइन रेंजरमध्ये ज्या बिंदूमध्ये दोन प्रतिमा एकरूप होतात तो बिंदू दोन स्थिर श्रेणीच्या रॉड्सच्या रेषेत असतो. या टप्प्यावर लाइन रेंजरच्या हँडलमधून एक खडा टाकला जातो आणि बिंदू जमिनीवर शोधला जातो. लाइन रेंजरच्या साहाय्याने विजेचे खांब रांगेत बसवले जातात.



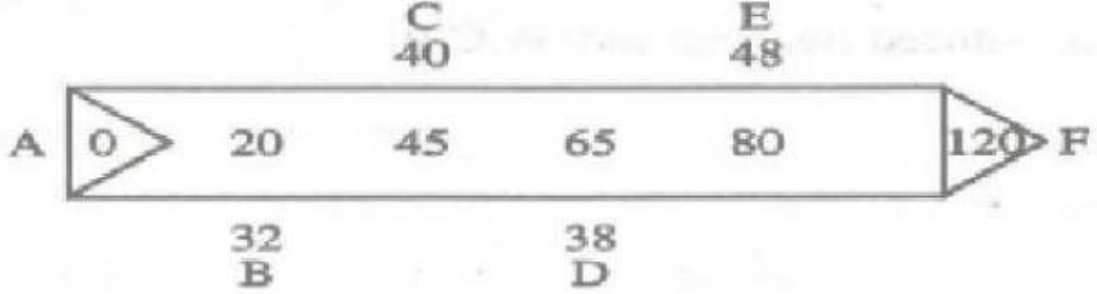
२. अप्रत्यक्ष पद्धत (Indirect Method) - सर्वेक्षण रेषेची दोन टोके किंवा स्थानके परस्पर दिसत नसतील तर अप्रत्यक्ष पद्धत वापरली जाते. सर्व्हे स्टेशन किंवा सर्व्हे लाइनची दोन टोके एकमेकांना दिसत नसताना ही पद्धत वापरली जाते.



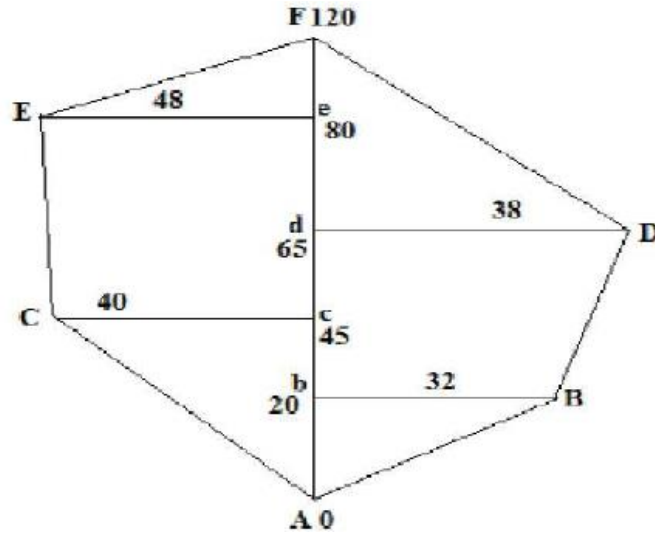
A आणि B ही दोन स्थानके असू द्या जी एकमेकांना दिसत नाहीत. म्हणून A आणि B मधील सरळ रेषेत पुढे जाण्यासाठी अप्रत्यक्ष श्रेणीची प्रक्रिया लागू केली जाते. दोन मध्यवर्ती बिंदू M1 आणि M2 अशा प्रकारे स्थित आहेत की M2 वर रॅजिंग रॉड घेऊन उभी असलेली व्यक्ती M1 आणि A पाहू शकते तर M1 वर रॅजिंग रॉड असलेली व्यक्ती M2 पाहू शकते आणि B. आता M2 वरील व्यक्ती M1 वरील व्यक्तीला M2 आणि A च्या नवीन स्थानावर येण्यासाठी M3 वर मार्गदर्शन करेल. आता M3 वरील व्यक्ती M2 वरील व्यक्तीला M4 नवीन स्थानावर येण्यासाठी मार्गदर्शन करेल जसे की M3, M4 आणि B एकाच ओळीवर आहेत. रॅजिंग रॉड M3 आणि M4 येथे निश्चित केले आहे आणि टेकडीवर साखळी (चेनिंग) सुरू ठेवली आहे.

### 2.4 क्रॉस स्टाफद्वारे क्षेत्राची गणना (Area Calculation by Cross Staff):

उदाहरण 1: खालील क्रॉस स्टाफ सर्वेक्षण प्लॉट करा आणि आकृती मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे मी<sup>2</sup>मध्ये त्याचे क्षेत्रफळ काढा.

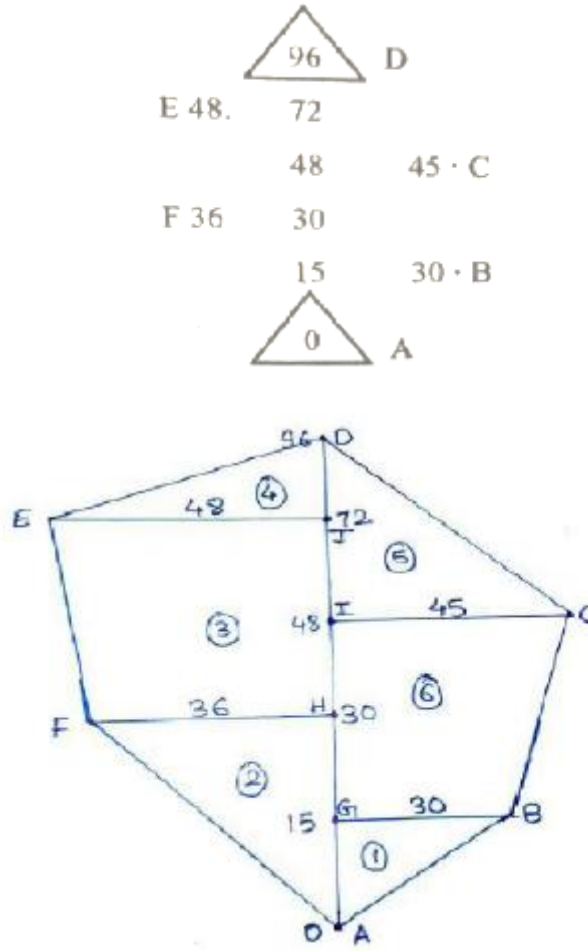


उत्तर:



अ. क्र	आकृती	साखळी (मी)	पाया (मी)	ऑफसेट (मी)	सरासरी ऑफसेट (मी)	क्षेत्रफळ(मी <sup>2</sup> ) = पाया x सरासरी ऑफसेट
a)	$\triangle AAcC$	0 ते 45	45	0 आणि 40	20	900
b)	$\square CceE$	45 ते 80	35	40 आणि 48	44	1540
c)	$\triangle EeF$	80 ते 120	40	48 आणि 00	24	960
d)	$\triangle EdD$	65 ते 120	55	38 आणि 00	19	1045
e)	$\square DdbB$	20 ते 65	45	32 आणि 38	35	1575
f)	$\triangle BbA$	0 ते 20	20	00 आणि 32	16	320
एकूण क्षेत्रफळ						6340 मी <sup>2</sup>

उदाहरण 2: दिलेले ABCDEFA भूखंडाचे क्रॉस स्टाफ सर्वेक्षण प्लॉट करा आणि त्याचे क्षेत्रफळ मी<sup>2</sup> मध्ये मोजा.



अ. क्र	आकृती	साखळी (मी)	पाया (मी)	ऑफसेट (मी)	सरासरी ऑफसेट (मी)	क्षेत्रफळ(मी <sup>2</sup> ) = पाया x सरासरी ऑफसेट
g)	$\triangle ABG$	0 ते 15	15	0 आणि 30	15	225
h)	$\triangle AFH$	0 ते 30	30	0 आणि 36	18	540
i)	$\square FHEJ$	30 ते 72	42	36 आणि 48	42	1764
j)	$\triangle EJD$	72 ते 96	24	48 आणि 0	24	576
k)	$\triangle DCI$	96 ते 48	48	0 आणि 45	22.5	1080
l)	$\square CIBG$	48 ते 15	33	45 आणि 30	37.5	1237.5
एकूण क्षेत्रफळ						5422.5मी <sup>2</sup>

### २.५ कंपास ट्रॅव्हर्सिंग(Compass Traversing):

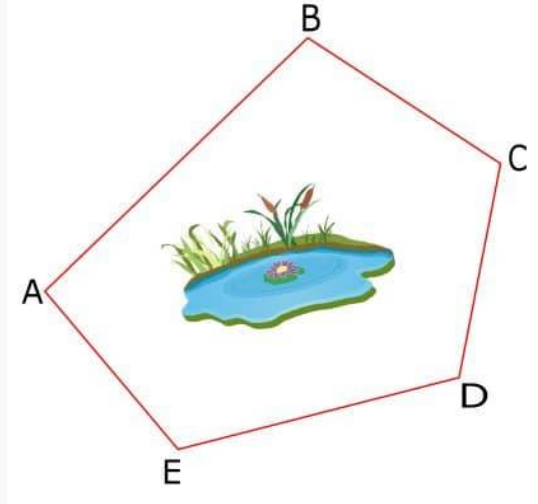
ट्रॅव्हर्सिंग असा सर्वेक्षणाचा प्रकार आहे ज्यामध्ये अनेक जोडलेल्या सर्वेक्षण रेषा फ्रेमवर्क तयार करतात आणि सर्वेक्षण रेषांची दिशा आणि लांबी अनुक्रमे कोन मापन यंत्र आणि टेप किंवा साखळीच्या मदतीने मोजली जाते.

#### ट्रॅव्हर्सिंगचे प्रकार

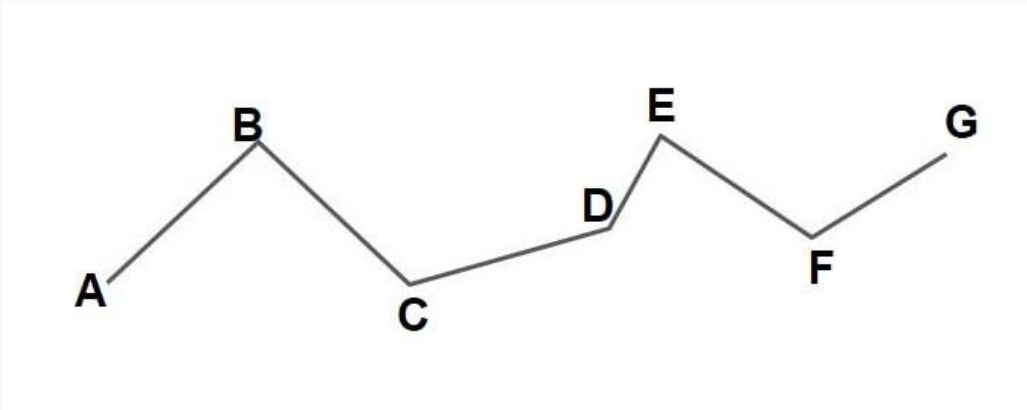
ट्रॅव्हर्स सर्वेक्षणाचे दोन प्रकार आहेत.

**१. बंद ट्रॅव्हर्स (Closed Traverse):** जेव्हा रेषा एक सर्किट बनवतात जी सुरुवातीच्या बिंदूवर संपते तेव्हा त्याला बंद ट्रॅव्हर्स म्हणतात.

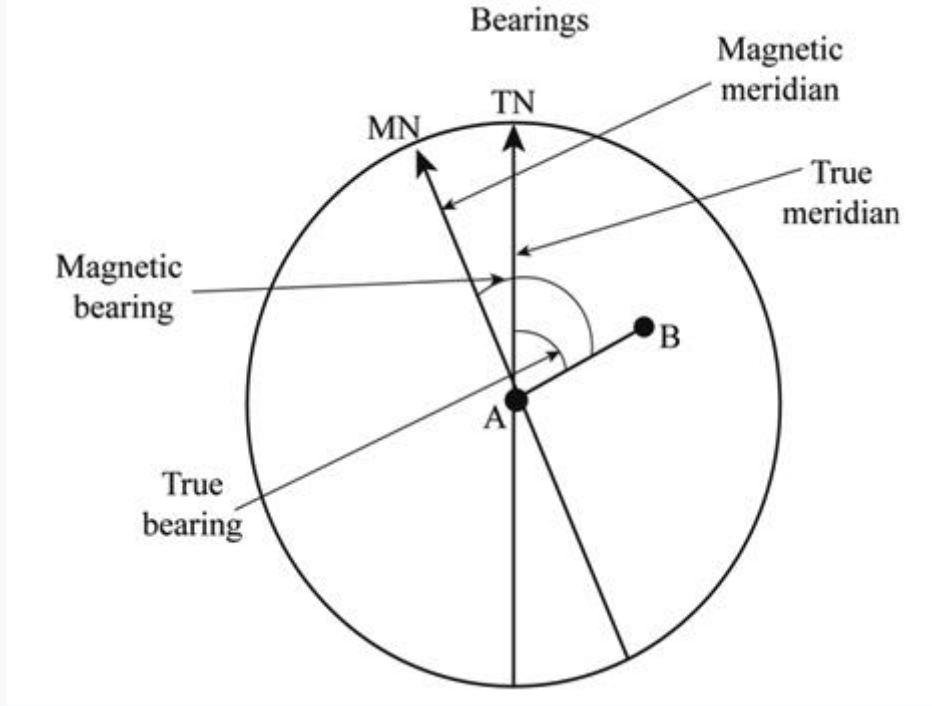
बंद ट्रॅव्हर्स तलाव, इत्यादींच्या सीमा शोधण्यासाठी आणि मोठ्या क्षेत्राच्या सर्वेक्षणासाठी योग्य आहे.



**२. खुला ट्रॅव्हर्स (Open Traverse):** जेव्हा रेषा एक सर्किट बनवतात तेव्हा प्रारंभ बिंदू सोडून इतरत्र समाप्त होते, तेव्हा त्याला ओपन ट्रॅव्हर्स म्हणतात. ओपन ट्रॅव्हर्स हे कालव्याच्या रस्त्यासाठी किंवा किनारपट्टीच्या आवश्यकतेनुसार जमिनीच्या लांब अरुंद पट्टीचे सर्वेक्षण करण्यासाठी योग्य आहे.



## २.६ तांत्रिक बाबी (Technical Terms):



### १. खरे मेरिडियन (True Meridian):

बिंदूद्वारे खरा मेरिडियन ही अशी रेषा आहे ज्यामध्ये एक प्लेन(Plane), अशा प्रकारे खऱ्या उत्तर आणि दक्षिण ध्रुवांमधून जाते, पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला छेदते. अशा प्रकारे ते खऱ्या उत्तर आणि दक्षिणेतून जाते. खगोलशास्त्रीय निरीक्षणाद्वारे बिंदूद्वारे खऱ्या मेरिडियनची दिशा स्थापित केली जाऊ शकते.

### २. खरे बेअरिंग (True Bearing):

रेषेचा खरा बेअरिंग हा क्षैतिज कोन असतो जो तो रेषेच्या एका टोकाला खऱ्या मेरिडियनसह बनवतो. बिंदूद्वारे खऱ्या मेरिडियनची दिशा निश्चित राहिल्यामुळे, रेषेचे खरे बेअरिंग हे एक स्थिर प्रमाण असते.

### ३. चुंबकीय मेरिडियन (Magnetic Meridian):

बिंदूद्वारे चुंबकीय बेअरिंग ही इतर सर्व आकर्षक शक्तींपासून मुक्तपणे तरंगणारी आणि संतुलित चुंबकीय सुईने दाखवलेली दिशा असते. चुंबकीय मेरिडियनची दिशा चुंबकीय होकायंत्राच्या मदतीने स्थापित केली जाऊ शकते.

### ४. चुंबकीयबेअरिंग (Magnetic Bearing):

रेषेचा चुंबकीय बेअरिंग हा क्षैतिज कोन असतो जो रेषेच्या एका टोकाला चुंबकीय मेरिडियन बनवतो. ते मोजण्यासाठी चुंबकीय होकायंत्राचा वापर केला जातो.

#### ५. अनियंत्रित मेरिडियन (Arbitrary Meridian):

अनियंत्रित मेरिडियन म्हणजे चर्च स्पायर किंवा चिमणीच्या वरच्या भागासारख्या कायमस्वरूपी आणि प्रमुख चिन्ह किंवा सिग्नलकडे कोणतीही सोयीस्कर दिशा. अशा मेरिडियन्सचा वापर एका लहान क्षेत्रातील रेषांच्या सापेक्ष स्थिती निर्धारित करण्यासाठी केला जातो.

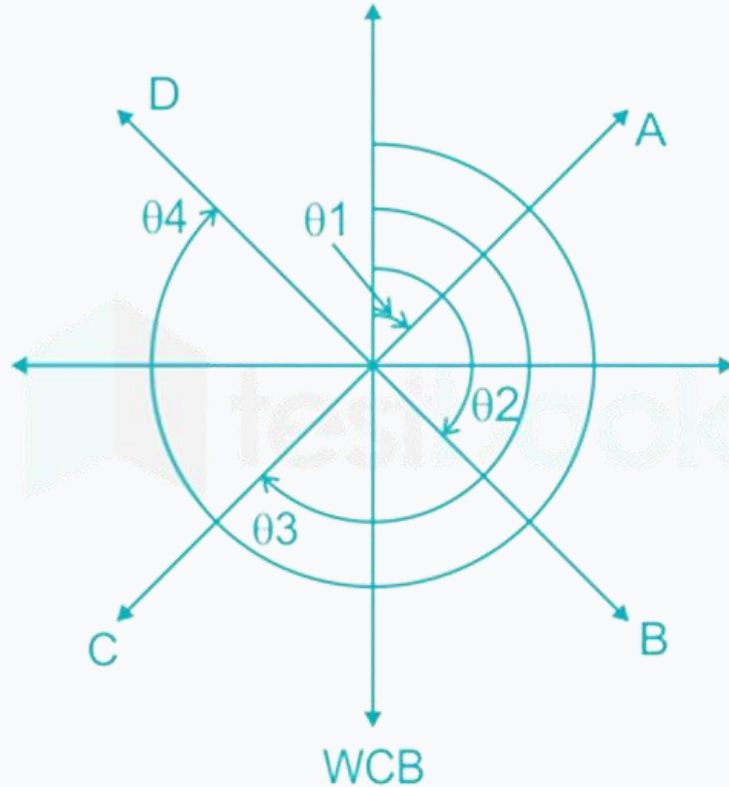
#### ६. अनियंत्रित बेअरिंग (Arbitrary Bearing):

रेषेचा अनियंत्रित बेअरिंग हा आडवा कोन असतो जो तो कोणत्याही एका टोकातून जाणाऱ्या अनियंत्रित मेरिडियनसह बनवतो. ते मोजण्यासाठी थियोडोलाइट किंवा सेक्सटंट वापरला जातो.

#### २.७ संपूर्ण सर्कल बेअरिंग सिस्टम आणि कमी बेअरिंग सिस्टम (Whole Circle Bearing System and Reduced Bearing System):

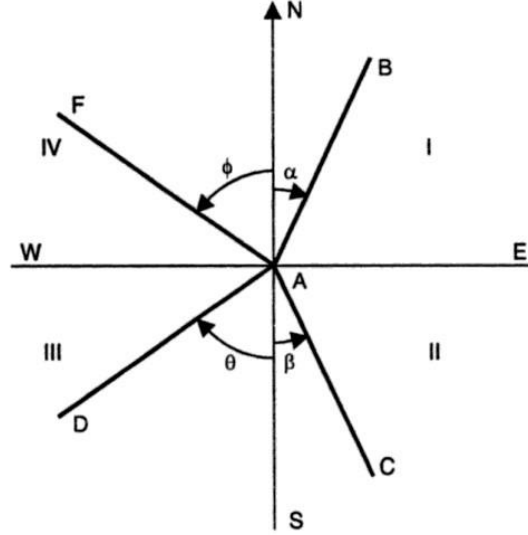
##### a) संपूर्ण सर्कल बेअरिंग सिस्टम (Whole Circle Bearing System):

घड्याळाच्या दिशेने चुंबकीय उत्तरेकडील रेषेने बनवलेला आडवा कोन म्हणजे रेषेचे संपूर्ण वर्तुळ बेअरिंग आहे. या प्रणालीला अझिमुथल प्रणाली असेही म्हणतात. या प्रणालीमध्ये, फक्त उत्तर दिशा संदर्भ मेरिडियन म्हणून वापरली जाते.



### b) कमी बेअरिंग सिस्टम (Reduced Bearing System):

रिड्युस्ड बेअरिंग (RB) मध्ये, सर्वेक्षण रेषेचे बेअरिंग उत्तर किंवा दक्षिण दिशेपैकी जे काही रेषेच्या जवळ असेल ते एकतर घड्याळाच्या दिशेने किंवा घड्याळाच्या विरोधी दिशेने मोजले जाते. कमी झालेल्या बेअरिंगला क्वार्टल बेअरिंग सिस्टम असेही म्हणतात.

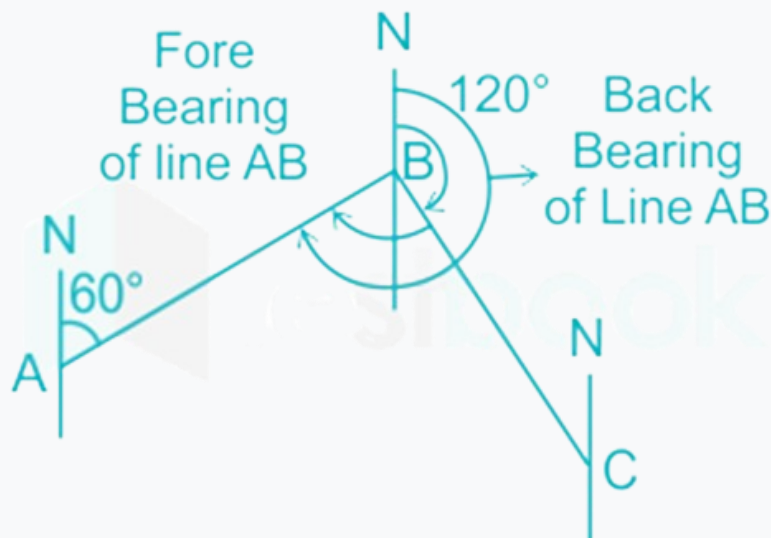


#### ● फोर बेअरिंग (Fore Bearing):

फोर बेअरिंग म्हणजे ट्रॅव्हर्सच्या बाजूने एका स्टेशनपासून लगेच लगतच्या पुढील स्टेशनपर्यंतच्या दिशेचे मोजमाप.

#### ● बॅक बेअरिंग (Back Bearing):

बॅक बेअरिंग म्हणजे एका स्टेशनपासून अगदी जवळच्या मागील स्टेशनपर्यंतच्या दिशेचे मोजमाप, परंतु ट्रॅव्हर्सच्या विरुद्ध दिशेने.



- संपुर्ण सर्कल बेअरिंग चे रिड्यूस बेअरिंग मध्ये आणि रिड्यूस बेअरिंग चे संपुर्ण सर्कल बेअरिंग मध्ये रूपांतर करणे .

उदाहरण-१ खालील WCB बेअरिंग वरून QB मध्ये रूपांतरित करा:

- (i)  $325^{\circ}30'$  (ii)  $265^{\circ}15'$  (iii)  $195^{\circ}45'$  (iv)  $60^{\circ}30'$

उत्तर :

(i) $325^{\circ}30'$ <b>QB = <math>360^{\circ} - 325^{\circ}30'</math></b> <b>= <math>N34^{\circ}30'W</math></b>	(ii) $265^{\circ}15'$ <b>QB = <math>265^{\circ}15' - 180^{\circ}</math></b> <b>= <math>S85^{\circ}15'W</math></b>	(iii) $195^{\circ}45'$ <b>QB = <math>195^{\circ}45' - 180^{\circ}</math></b> <b>= <math>S15^{\circ}45'W</math></b>	(iv) $60^{\circ}30'$ <b>QB = <math>N60^{\circ}30'E</math></b>
--	---	--	--

उदाहरण-२ खालील WCB बेअरिंग वरून QB मध्ये रूपांतरित करा:

- i)  $247^{\circ}30'$  ii)  $167^{\circ}45'$  iii)  $51^{\circ}15'$  iv)  $333^{\circ}30'$

उत्तर :

<b>i. <math>\theta_1 = 247^{\circ}30'</math></b> जसे $\theta_1$ IIIrd Quadrant मध्ये आहे <b>RB = <math>\theta_1 - 180^{\circ}</math></b> <b>= <math>247^{\circ}30' - 180^{\circ}</math></b> <b>= <math>S 67^{\circ}30' W</math></b>	<b>ii. <math>\theta_2 = 167^{\circ}45'</math></b> जसे $\theta_2$ II nd Quadrant मध्ये आहे <b>RB = <math>180^{\circ} - \theta_2</math></b> <b>= <math>180^{\circ} - 167^{\circ}45'</math></b> <b>= <math>S 12^{\circ}15' E</math></b>	<b>iii. <math>\theta_3 = 51^{\circ}15'</math></b> जसे $\theta_3$ IIIrd Quadrant मध्ये आहे <b>RB = WCB</b> <b>= <math>N 51^{\circ}15'E</math></b>	<b>iv. <math>\theta_4 = 333^{\circ}30'</math></b> जसे $\theta_4$ IV <sup>th</sup> Quadrant मध्ये आहे <b>RB = <math>360^{\circ} - \theta_4</math></b> <b>= <math>360^{\circ} - 333^{\circ}30'</math></b> <b>= <math>N 26^{\circ}30' W</math></b>
--	---	--	--

उदाहरण-३ खालील बेअरिंगला RB वरून WCB मध्ये रूपांतरित करा:

उत्तर :

<b>i) <math>N65^{\circ}12'E</math></b> i) $N65^{\circ}12'E$ WCB = RB RB <b>= <math>65^{\circ}12'</math></b>	<b>ii) <math>S36^{\circ}48'E</math></b> ii) $S36^{\circ}48'E$ WCB = $180^{\circ} - RB$ <b>= <math>180^{\circ} - 36^{\circ}48'</math></b> <b>= <math>143^{\circ}12'</math></b>	<b>iii) <math>S38^{\circ}18'W</math></b> iii) $S38^{\circ}18'W$ WCB = $180^{\circ} + RB$ <b>= <math>180^{\circ} + 38^{\circ}18'</math></b> <b>= <math>318^{\circ}18'</math></b>	<b>iv) <math>N26^{\circ}32'W</math></b> iv) $N26^{\circ}32'W$ WCB = $360^{\circ} -$ <b>= <math>360^{\circ} - 26^{\circ}32'</math></b> <b>= <math>333^{\circ}28'</math></b>
---	---	---	--

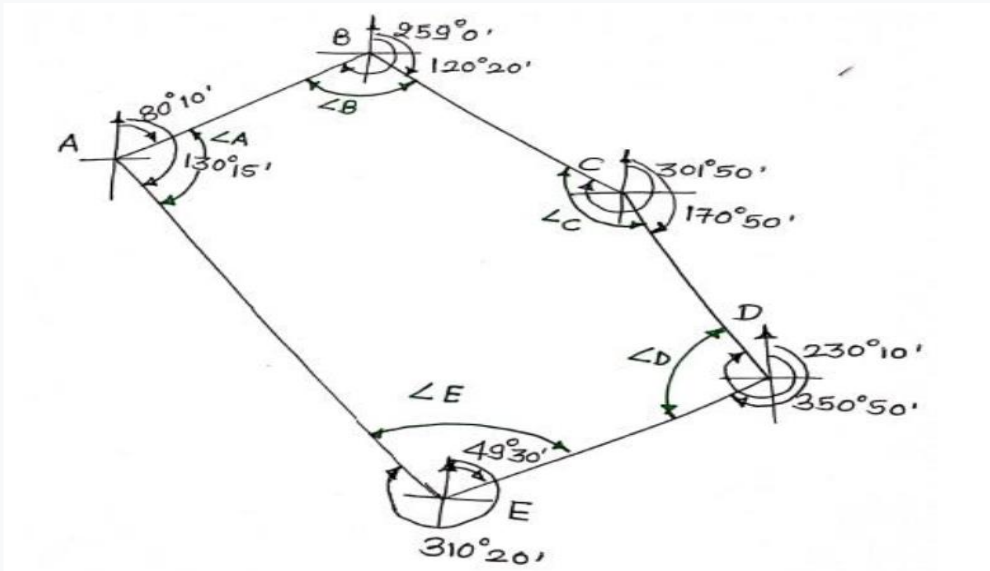


२.८ बेअरिंग वरून अंतर्गत आणि बाह्य कोन शोधणे (Calculation of internal and external Angles from bearings at a station.) :

उदाहरण-१ बंद कंपास ट्रॅव्हर्सवर खालील बेअरिंग घेतले आहेत अंतर्गत कोनांची गणना करा आणि दुरुस्त केलेले कोन शोधा.

Line	FB	BB
AB	80°10'	259°0'
BC	120°20'	301°50'
CD	170°50'	350°50'
DE	230°10'	49°30'
EA	310°20'	130°15'

उत्तर :



वरील आकृतीचा संदर्भ घेऊन.

$$\text{कोन (Angle) A} = 130^{\circ}15' - 80^{\circ}10' = 50^{\circ}5'$$

$$\text{कोन (Angle B)} = 259^{\circ} - 120^{\circ}20' = 138^{\circ}40'$$

$$\text{कोन (Angle C)} = 301^{\circ}50' - 170^{\circ}50' = 131^{\circ}$$

$$\text{कोन (Angle D)} = 350^{\circ}50' - 230^{\circ}10' = 120^{\circ}40'$$

$$\text{कोन (Angle E)} = 360^{\circ} - 310^{\circ}20' + 49^{\circ}30' = 99^{\circ}10'$$

---


$$\text{अंतर्गत कोनाची बेरीज} = 539^{\circ}35'$$

आतील कोनांची सैद्धांतिक बेरीज =  $(2 \times 5 - 4) \times 90 = 540^\circ$

अशा प्रकारे अंतर्गत कोनांमध्ये सुधारणा =  $540^\circ - 539^\circ 35' = + 0^\circ 25'$

प्रत्येक कोनासाठी सुधारणा =  $0^\circ 25' / 5 = + 0^\circ 5'$

म्हणून, दुरुस्त केलेले कोन

कोन (Angle) A =  $50^\circ 10'$

कोन (Angle) B =  $138^\circ 45'$

कोन (Angle) C =  $131^\circ 5'$

कोन (Angle) D =  $120^\circ 45'$

कोन (Angle) E =  $99^\circ 15'$

अंतर्गत कोनाची बेरीज =  $540^\circ$  -----OK

उदाहरण-२ ट्रॅव्हर्स ABCDE मध्ये खालील बेअरिंग नोंदवले गेले आहे. ट्रॅव्हर्सच्या अंतर्गत कोनांची गणना गणना करा.

Line	Fore bearing	Back bearing
AB	$110^\circ 00'$	$290^\circ 00'$
BC	$30^\circ 15'$	$214^\circ 15'$
CD	$244^\circ 00'$	$64^\circ 00'$
DE	$310^\circ 15'$	$130^\circ 15'$
EA	$192^\circ 45'$	$14^\circ 45'$

उत्तर :

कोन (Angle) A = ABची फोर बेअरिंग – EAची बॅक बेअरिंग =  $110^\circ 00' - 14^\circ 45' = 95^\circ 45'$

कोन (Angle) B =  $360^\circ - (BC \text{ ची फोर बेअरिंग} - AB \text{ ची बॅक बेअरिंग}) = 360^\circ - (290^\circ 00' - 30^\circ 15') = 100^\circ 15'$

कोन (Angle) C = (CD ची फोर बेअरिंग – BC ची बॅक बेअरिंग) =  $244^\circ 00' - 214^\circ 15' = 29^\circ 45'$

कोन (Angle) D = (DE ची फोर बेअरिंग – CD ची बॅक बेअरिंग) =  $(310^\circ 15' - 64^\circ) = 246^\circ 15'$

कोन (Angle) E = (EA ची फोर बेअरिंग – DE ची बॅक बेअरिंग) =  $192^\circ 45' - 130^\circ 15' = 62^\circ 30'$

**Check:**

$$\text{अंतर्गत कोनाची बेरीज} = (2n - 4) \times 90^\circ$$

$$\text{कोन (Angle) A} + \text{कोन (Angle) B} + \text{कोन (Angle) C} + \text{कोन (Angle) D} + \text{कोन (Angle) E} =$$

$$(2n - 4) \times 90^\circ$$

$$95^\circ 45' + 100^\circ 15' + 29^\circ 45' + 113^\circ 45' + 62^\circ 30' = (2 \times 5 - 4) \times 90^\circ$$

$$534^\circ 30' = 540^\circ$$

$$\text{एकुण कोनासाठी सुधारणा} = 534^\circ 30' - 540^\circ = -5^\circ 30'$$

$$\text{प्रत्येक कोनासाठी सुधारणा} = -5^\circ 30' / 5 = -1^\circ 6'$$

म्हणून  $1^\circ 6'$  ची दुरुस्ती लागू करावी

$$\text{दुरुस्त केलेले कोन (Angle) A} = 95^\circ 45' + 1^\circ 6' = 96^\circ 51'$$

$$\text{दुरुस्त केलेले कोन (Angle) B} = 100^\circ 15' + 1^\circ 6' = 101^\circ 21'$$

$$\text{दुरुस्त केलेले कोन (Angle) C} = 29^\circ 45' + 1^\circ 6' = 30^\circ 51'$$

$$\text{दुरुस्त केलेले कोन (Angle) D} = 113^\circ 45' + 1^\circ 6' = 115^\circ 21'$$

$$\text{दुरुस्त केलेले कोन (Angle) E} = 62^\circ 30' + 1^\circ 6' = 63^\circ 36'$$

$$\text{अंतर्गत कोनाची बेरीज} = (2n - 4) \times 90^\circ$$

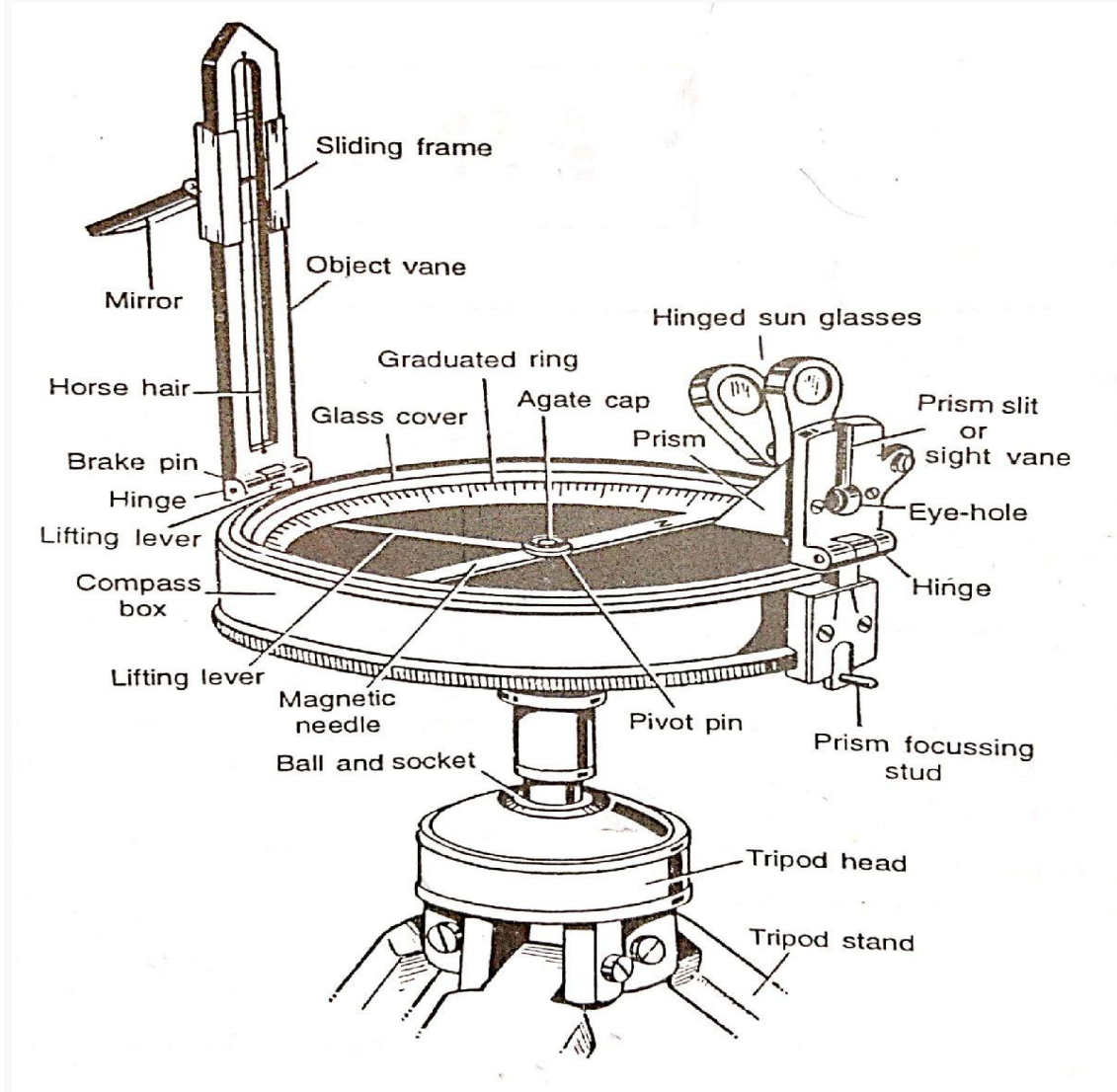
$$\text{कोन (Angle) A} + \text{कोन (Angle) B} + \text{कोन (Angle) C} + \text{कोन (Angle) D} + \text{कोन (Angle) E} =$$

$$(2n - 4) \times 90^\circ$$

$$96^\circ 51' + 101^\circ 21' + 30^\circ 51' + 115^\circ 21' + 63^\circ 36' = (2 \times 5 - 4) \times 90^\circ$$

$$540^\circ = 540^\circ \quad \text{-----OK}$$

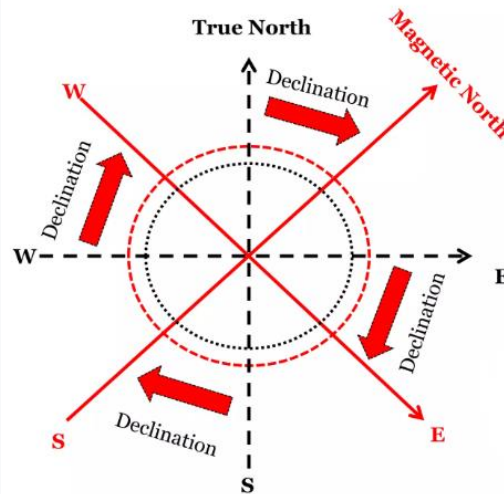
## २.९ प्रिझमॅटिक कंपासचे घटक आणि त्यांची कार्ये (Components of Prismatic Compass and their Functions)



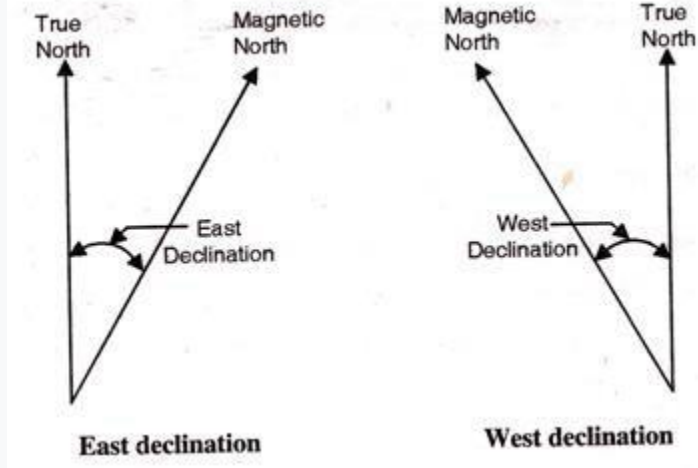
क्र.	घटक	कार्ये
1	गोलाकार धातूचा बॉक्स (Circular metal box)	सुई आणि पिव्होट संरक्षित करण्यासाठी.
2	स्टील पिव्होट (Steel pivot)	चुंबकीय सुई आणि पदवीधर अंगठी वाहून नेण्यासाठी.
3	दर्शन वेन (Sighting vane)	वस्तू पाहण्यासाठी.
4	प्रिझम (Prism)	पदवी स्पष्टपणे पाहण्यासाठी.

5	लिफ्टिंग पिन (Lifting pin)	सुई उचलण्यासाठी आणि काचेच्या विरूद्ध धरण्यासाठी अशा प्रकारे पिन्होटचा पोशाख टाळा.
6	काचेचे झाकण (Glass lid)	ग्रॅज्युएटेड रिंग बाह्य प्रभावापासून संरक्षित करण्यासाठी.
7	सन चष्मा/किरण सावली (Sun glasses/ray shade)	जेव्हा सूर्य किंवा इतर तेजस्वी वस्तू पहायच्या असतात.
8	धातूचे आवरण (Metal cover)	काचेचे झाकण संरक्षित करण्यासाठी.
9	Agate टोपी (Agate cap)	धूळ पासून प्रिझम संरक्षण करण्यासाठी.
10	बॉल आणि सॉकेटची व्यवस्था (Ball and socket arrangement)	प्रिझम समतल करण्यासाठी
11	खुणा असलेली रिंग (Graduated ring)	लाईनचीबेअरिंग घेणे.
12	ब्रेक पिन (Break pin)	पिन्होटवर ग्रॅज्युएटेड रिंगची हालचाल थांबवण्यासाठी.
13	फोकसिंग स्टड (Focusing stud)	प्रिझमला निरीक्षकाच्या डोळ्यांच्या दृष्टीक्षेपात समायोजित करण्यासाठी
14	चुंबकीय सुई (Magnetic needle)	उत्तर दिशा प्राप्त करण्यासाठी.

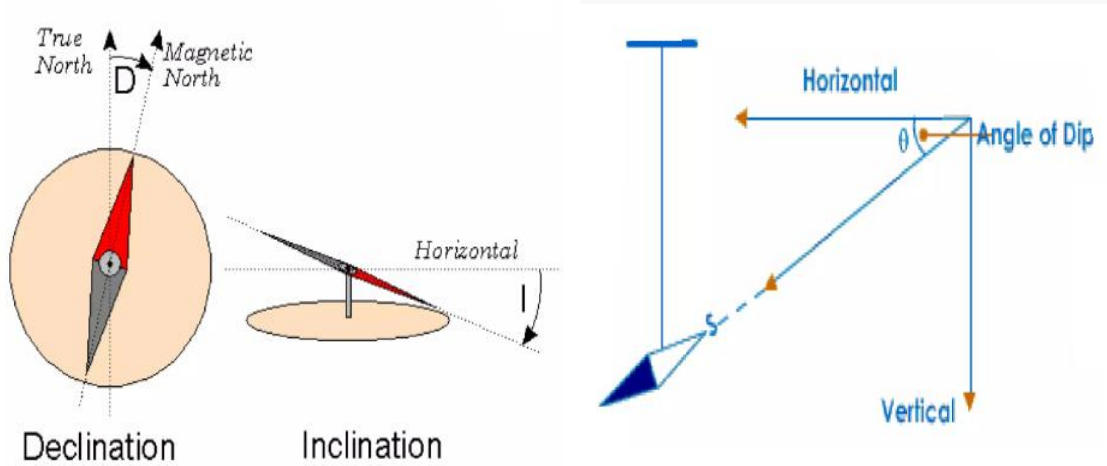
- **चुंबकीय अवनती (Magnetic Declination):** चुंबकीय मेरिडियन आणि ट्रुमेरिडियन यांच्यातील क्षैतिज कोन चुंबकीय घट म्हणून ओळखले जाते. जेव्हा चुंबकीय सुईचे उत्तर टोक खरे मेरिडियनच्या पश्चिमेकडे निर्देशित केले जाते, तेव्हा त्या स्थितीला डिक्लिनेशन वेस्ट ( $\theta$  W) म्हणतात. जेव्हा चुंबकीय सुईचे उत्तर टोक खरे मेरिडियनच्या पूर्वेकडे निर्देशित केले जाते, तेव्हा त्या स्थितीला डिक्लिनेशन ईस्ट ( $\theta$  E) असे म्हणतात.



- **अवनतीचे प्रकार (Types of declination):-** काही प्रकरणांमध्ये चुंबकीय मेरिडियन खऱ्या मेरिडियनच्या पूर्वेकडे वळवलेला असतो ज्याला 'पूर्व क्षीणता' म्हणतात, तर काहींमध्ये तो 'पश्चिम अवनती' म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या ट्रुमेरिडियनच्या पश्चिमेकडे निर्देश करतो.



- **सुई बुडविणे (Dip of needle):** चुंबकीकरणपूर्वी सुई पूर्णपणे संतुलित असल्यास, चुंबकीकरणानंतर ती संतुलित स्थितीत राहत नाही .हे पृथ्वीच्या चुंबकीय प्रभावामुळे होते. सुई खांब्याकडे झुकलेली आढळते. क्षैतिज असलेल्या सुईचा हा कल सुईच्या खोल म्हणून ओळखला जातो. सुईच्या खोलचे प्रमाण स्थिर नसते परंतु ते ठिकाणानुसार बदलते, सुईचे उत्तरी गोलार्ध उत्तरेकडील टोक खालच्या दिशेने आणि दक्षिण गोलार्धातील दक्षिणेकडील टोक खाली वळवले जाते.



### २.९.१. प्रिझमॅटिक कंपासचे तात्पुरते समायोजन (Temporary Adjustments of Prismatic Compass):

1. ट्रायपॉडवर कंपास निश्चित करणे (Fixing the compass to the tripod): ट्रायपॉडस्टॅंडचे स्क्रू हेड फिरवून ट्रायपॉडवर होकायंत्र निश्चित केले जाते.

2. कंपास केंद्रीत करणे (Centering the compass): प्रिझमॅटिक होकायंत्र हे प्लंब बॉबच्या सहाय्याने किंवा उपकरणाच्या मध्यभागी एक खडा टाकून आणि त्यानुसार ट्रायपॉड पाय हलवून सर्वेक्षण स्टेशनवर योग्यरित्या केंद्रित केले जाते.

3. कंपास समतल करणे (Leveling the compass): होकायंत्र बॉल आणि सॉकेटच्या व्यवस्थेद्वारे त्वरीत समतल केले जाते. ते अशा प्रकारे समतल केले पाहिजे की डायल मुक्तपणे हलते आणि होकायंत्राच्या रिमला स्पर्श करणार नाही.

4. प्रिझमवर लक्ष केंद्रित करणे (Focusing the prism): त्रिकोणी प्रिझम फोकसिंग स्टड वापरून हलविला जातो जेणेकरून खुणा केलेल्या रिंगवरील वाचन स्पष्टपणे दिसतील.

- प्रिझमॅटिक कंपासच्या ग्रॅज्युएटेड वर्तुळावर दक्षिण टोकाला शून्य का चिन्हांकित केले जाते?

कोणत्याही रेषेचे बेअरिंग संबंधित उत्तर दिशेने मोजले जात असल्याने, उत्तर दिशेचे निरीक्षण करताना, वाचन 000' असावे. म्हणून जेव्हा ऑब्जेक्ट वेन उत्तर दिशेला दुभाजक करत असतो, त्याच वेळी दक्षिण टोकाला शून्यचिन्ह प्रिझमद्वारे परावर्तित होते. अशा प्रकारे नेहमी संबंधित उत्तर दिशेसह बेअरिंग मिळवण्यासाठी, चुंबकीय सुईच्या दक्षिण टोकाला शून्य चिन्हांकित केले जाते.

### २.१० स्थानिक आकर्षण (Local attraction):

बाह्य चुंबकीय शक्तींच्या प्रभावाखाली चुंबकीय सुईचे त्याच्या सामान्य स्थितीपासून विचलन होणे याला स्थानिक आकर्षण म्हणतात.

२.१०.१ प्रिझमॅटिक कंपासवर प्रभाव: स्थानिक आकर्षणामुळे, निरीक्षण केलेल्या रेषांचे बेअरिंग चुकीचे असेल किंवा काही त्रुटी असतील.

**२.१०.२ स्थानिक आकर्षण तपासणे:** स्थानिक आकर्षणाच्या उपस्थिती तपासण्यासाठी, एका ओळीचा पुढचा आणि मागचा भाग घेतला पाहिजे. जर एखाद्या रेषेच्या पुढच्या आणि मागच्या बेअरिंगमधील फरक अगदी  $180^\circ$  असेल, तर तेथे कोणतेही स्थानिक आकर्षण नाही.

फोर बेअरिंग – बॅक बेअरिंग =  $180^\circ$  ---- असल्यास, स्थानिक आकर्षणापासून मुक्त.

जर , फोर बेअरिंग – बॅक बेअरिंग  $\neq 180^\circ$  ---- स्थानिक आकर्षणामुळे प्रभावित.

दोन पद्धती आहेत ज्याद्वारे स्थानिक आकर्षणाचा प्रभाव दूर केला जाऊ शकतो किंवा समायोजित केला जाऊ शकतो.

- **पद्धत १:**

ट्रॅव्हर्सच्या सर्व सर्व्हे लाइन्सच्या फोर बेअरिंगज आणि बॅक बेअरिंगमध्ये फरक दिसून येतो.

जर रेषेसाठी, फोर बेअरिंग(FB)आणि बॅक बेअरिंग(BB)मधील फरक  $180^\circ$  असेल, तर ही रेषा निवडली जाते आणि या रेषेच्या बेअरिंगपासून सुधारणा लागू करण्याची प्रक्रिया सुरू केली जाते आणि नंतर इतर रेषांच्या निरीक्षण केलेल्या बेअरिंगमध्ये सुधारणा लागू केल्या जातात.

हे लक्षात येते की, जर निरीक्षण केलेले बेअरिंग दुरुस्त केलेल्या बेअरिंगपेक्षा कमी असेल, तर त्रुटी नकारात्मक असेल आणि बेअरिंगवर लागू केलेली सुधारणा सकारात्मक असेल आणि त्याउलट.

- **पद्धत २:**

ओळीमधील समाविष्ट कोन सर्व स्टेशनवर मोजले जातात.

बंद ट्रॅव्हर्स बेरीज साठी समाविष्ट कोन =  $(2n-4) \times 90^\circ$  जेथे 'n' बंद ट्रॅव्हर्सच्या बाजूंची संख्या आहे.

समाविष्ट कोनाच्या बेरजेमध्ये कोणतीही त्रुटी असल्यास, त्या त्रुटीचे कोन दुरुस्त करण्यासाठी तितकेच वितरीत केले जाते.

एकदा कोन दुरुस्त केल्यावर, प्रत्येक ओळीच्या फोर बेअरिंग(FB)आणि बॅक बेअरिंग(BB)मधील फरक  $180^\circ$  आढळतो.



सोडविलेली उदाहरणे :

उदाहरण- १ खरे बेअरिंग  $358^{\circ}0'$  आणि चुंबकीय बेअरिंग  $1^{\circ}30'$  असल्यास एका बिंदूवर चुंबकीय अवनती (Magnetic Declination) काढा.

उत्तर:

खरे बेअरिंग =  $358^{\circ}0'$

चुंबकीय बेअरिंग =  $1^{\circ}30'$

खरे बेअरिंग = चुंबकीय बेअरिंग  $\pm$  अवनती

$\angle A_{ext} = TB - MB$

$\angle A_{ext} = 358^{\circ}0' - 1^{\circ}30'$

$\angle A_{ext} = 356^{\circ}30'$

आता, चुंबकीय घट =  $360^{\circ} - \angle A_{ext}$

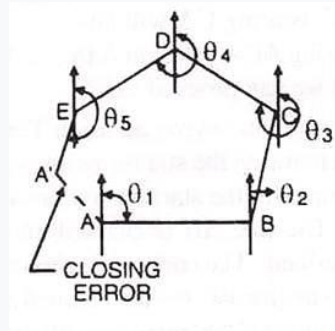
=  $360^{\circ} - 356^{\circ}30'$

=  $3^{\circ}30'$  पश्चिम अवनती (West declination)

## 2.11 कंपास ट्रॅव्हर्स प्लॉट करण्याच्या विविध पद्धती (Methods of plotting compass traverse):

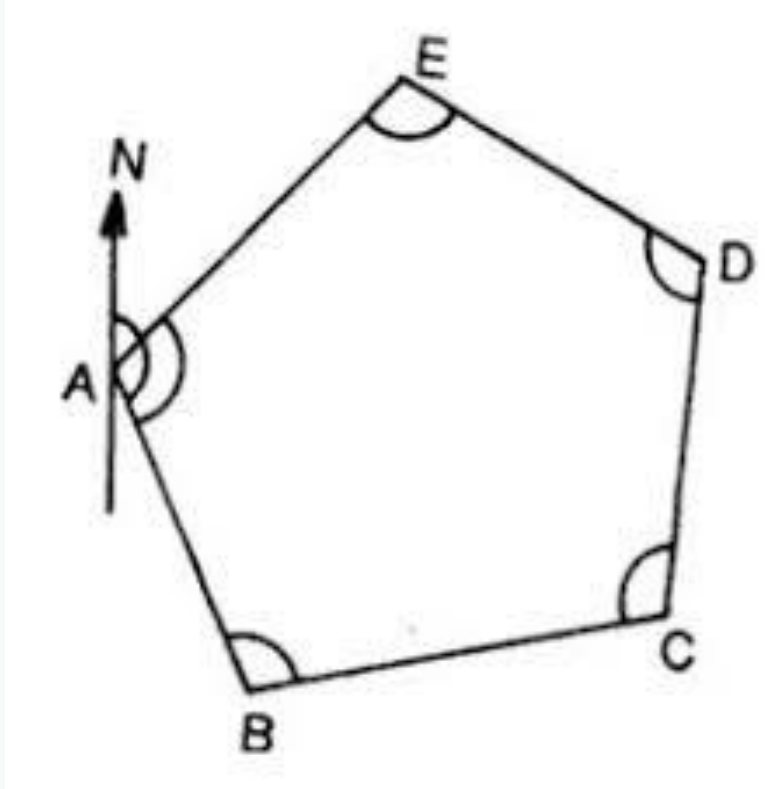
1. प्रत्येक स्टेशनच्या समांतर मेरिडियनद्वारे (By parallel meridian through each station)
2. अंतर्गत कोनाद्वारे (By included angle)
3. पेपर प्रोट्रॅक्टरद्वारे (By paper protractor)
4. आयताकृती को-ऑर्डिनेटद्वारे (By rectangular co-ordinates)
5. स्पर्शिकांद्वारे प्लॉटिंग (Plotting by tangents)

### १. प्रत्येक स्टेशनच्या समांतर मेरिडियनद्वारे (By parallel meridian through each station):



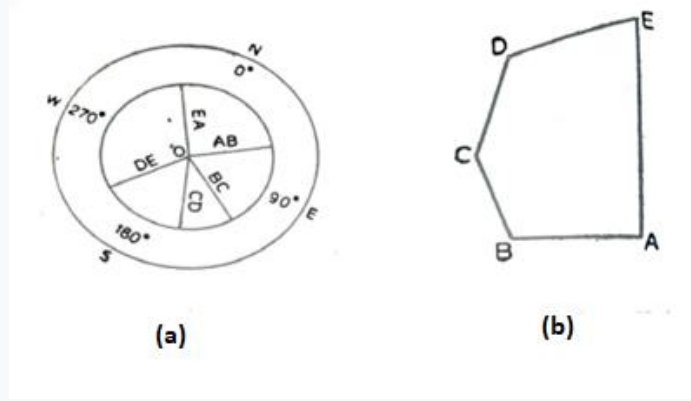
वरील आकृतीमध्ये दाखविल्याप्रमाणे सुरुवातीच्या स्टेशन A चे स्थान कागदावर योग्यरित्या निश्चित केल्यावर, त्यातून चुंबकीय मेरिडियन दर्शविणारी एक रेषा काढली जाते. AB रेषेचे बेअरिंग एका सामान्य प्रोटॅक्टरने प्लॉट केले जाते आणि त्याची लांबी स्केलने चिन्हांकित केली जाते. अशा प्रकारे B स्थानकाची स्थिती निश्चित केली जाते. B द्वारे एक मेरिडियन काढला जातो, BC चे बेअरिंग बंद केले जाते आणि त्याची लांबी स्केलने मोजली जाते. सर्व रेषा तयार होईपर्यंत प्रक्रिया प्रत्येक स्टेशनवर पुनरावृत्ती केली जाते. जर ट्रॅव्हर्स बंद असेल तर, शेवटची ओळ सुरुवातीच्या स्टेशन A वर संपली पाहिजे; तसे न झाल्यास, विसंगतीला "क्लोजिंग एर" असे संबोधले जाते.

## २. अंतर्गत कोनाद्वारे (By included angle):



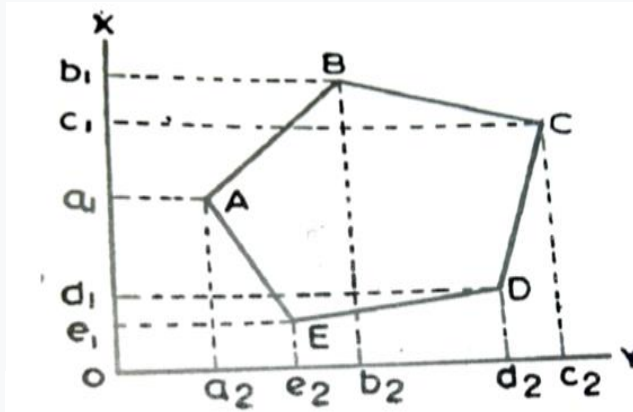
वरील आकृतीमध्ये दाखविल्याप्रमाणे या पद्धतीत मेरिडियन हा प्रारंभिक बिंदू A द्वारे काढला जातो आणि AB ची रेषा प्लॉट केली जाते आणि त्याची लांबी स्केलसह बंद केली जाते, अशा प्रकारे बिंदू B निश्चित केला जातो. B वर, AB आणि BC च्या बियरिंग्समधून गणना केल्यानुसार ABC समाविष्ट केलेला कोन, प्रोटॅक्टरने प्लॉट केला जातो आणि BC ची लांबी स्केलने मोजली जाते. पुढील प्रत्येक स्टेशनवर ऑपरेशनची पुनरावृत्ती होते.

### ३. पेपर प्रोट्रक्टरद्वारे (By paper protractor)



वरील आकृती (a) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे पद्धतीमध्ये मेरिडियनच्या संदर्भात कागदाच्या मध्यभागी असलेल्या सर्व रेषांचे बेअरिंग एका मोठ्या वर्तुळाकार कागदाच्या यंत्राचा वापर करून प्लॉट करणे आणि नंतर समांतर शासकाच्या मदतीने समांतर रेषा काढून या दिशानिर्देशांना त्यांच्या योग्य स्थानांवर स्थानांतरित करणे समाविष्ट आहे. कागदाच्या मध्यभागी O बिंदू चिन्हांकित केल्यावर, थीमरिडियन दर्शवण्यासाठी O द्वारे एक रेषा काढा. रेषेशी जुळणारे 0 आणि 180° ग्रॅज्युएशनसह प्रोट्रक्टर ठेवा. O प्लॉटवर मेरिडियनच्या संदर्भात सर्व रेषांचे बेअरिंग. प्रारंभ बिंदू A चे स्थान निश्चित केल्यावर, समांतर शासकाच्या मदतीने O वर चिन्हांकित केलेल्या त्याच्या बेअरिंगला समांतर AB रेषा काढा आणि स्केलने तिची लांबी मोजा. अशा प्रकारे आकृती (b) प्रमाणे B बिंदू निश्चित करा. सर्व रेषा काढल्या जाईपर्यंत त्याचप्रमाणे पुढे जा. ही पद्धत कंपासस्ट्राव्हर्स आहे.

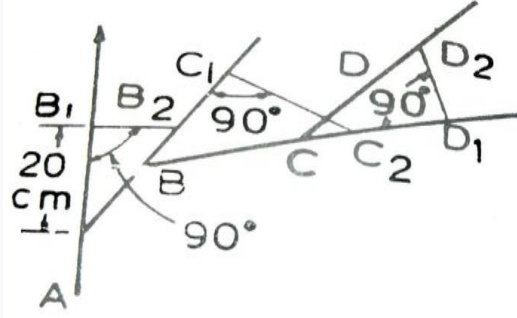
### ४. आयताकृती को-ऑर्डिनेटद्वारे (By rectangular co-ordinates):



वरील आकृतीमध्येदाखविल्याप्रमाणे या पद्धतीत ट्रॅव्हर्सचा प्रत्येक बिंदू त्याच्या समन्वयाने एकमेकांच्या काटकोनात काही सोयीस्कर बिंदूमधून काढलेल्या दोन रेषांच्या संदर्भात प्लॉट केला जातो. या रेषा को-ऑर्डिनेट्सचे अक्ष म्हणून ओळखले जातात आणि त्यांच्या छेदनबिंदूला को-ऑर्डिनेट्सची उत्पत्ती म्हणतात. X-अक्ष म्हटल्या जाणाऱ्या OX अक्षांपैकी एक उत्तर आणि दक्षिण रेषा दर्शवते, (खरी, चुंबकीय किंवा अनियंत्रित) आणि Y-अक्ष म्हणून ओळखली जाणारी दुसरी OY तेथे काटकोनात असलेली एक रेषा आहे आणि पूर्व आणि पश्चिम रेषा दर्शवते. X किंवा Y अक्षाच्या बाजूने X किंवा Y समन्वय मोजून आणि या बिंदूवर काटकोनात काढलेल्या रेषेवर इतर को-ऑर्डिनेट टाकून कोणताही बिंदू प्लॉट केला जाऊ शकतो. या पद्धतीचा फायदा असा आहे की प्रत्येक बिंदू मेरिडियन आणि त्यावरील काटकोनात असलेल्या रेषेच्या संदर्भात स्वतंत्रपणे प्लॉट केला जातो आणि आधीच्या बिंदूच्या संदर्भात नाही. परिणामी, जर कोणताही मुद्दा चुकीच्या पद्धतीने रचला गेला असेल तर, त्यानंतरच्या कोणत्याही बिंदूच्या स्थानावर परिणाम होत नाही. त्यामुळे प्लॉटिंगच्या चुका जमा होऊ शकत नाहीत. तसेच प्रत्येक बिंदूची स्थिती बिंदू आणि आधीच्या दरम्यानचे अंतर मोजून आणि फील्डमध्ये मोजलेल्या लांबीशी तुलना करून तपासली जाऊ शकते.

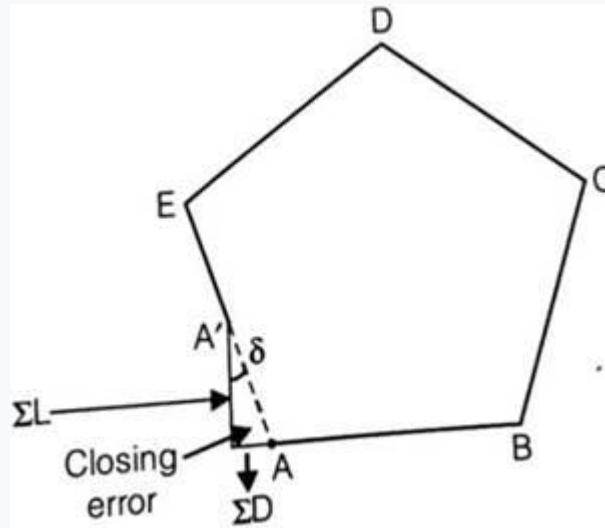
#### ५. स्पर्शिकांद्वारे प्लॉटिंग (Plotting by tangents):

या पद्धतीत विविध रेषांमधील कोन नैसर्गिक स्पर्शिकेच्या साहाय्याने भौमितिक बांधणीद्वारे प्लॉट केले जातात. प्रारंभ बिंदूची स्थिती निश्चित केल्यावर, आकृतीमध्येदाखविल्याप्रमाणेत्यामधून मेरिडियन दर्शविणारी एक रेषा काढली जाते (नेहमी कागदाच्या शीर्षस्थानी निर्देशित करते). पहिल्या ओळीतील AB चे बेअरिंग प्लॉट करण्यासाठी, 20 सेमी लांबीची ABI मेरिडियनवर चिन्हांकित केली जाते आणि नंतर या लांबावर AB (सेमी) ची बेअरिंग बंद केली जाते. A आणि B2 बिंदूंना जोडणारी रेषा पहिल्या AB ची दिशा ठरवते. या रेषेवर AB ची लांबी कमी केली जाते, अशा प्रकारे बिंदू B ची स्थिती निश्चित केली जाते. AB ही रेषा C1 वर तयार केली जाते आणि BC1 20 सें.मी. C1 वर लंब उभा केला जातो आणि अंतर C1 आणि C2 हे अंतर B (सेमी) वरील विक्षेपण कोनाच्या 20 X स्पर्शिकेच्या लांबावर मोजले जाते. B आणि C2 बिंदूंना जोडणारी रेषा BC ची दिशा देते. बिंदू C चिन्हांकित करण्यासाठी, BC ची लांबी BC2 वरील स्केलसह चिन्हांकित केली जाते. इतर ओळी आहेत. त्याचप्रमाणे प्लॉट केलेले, BC2 वर स्केलने चिन्हांकित केलेले. इतर ओळी त्याचप्रमाणे प्लॉट केल्या आहेत. 20 सेमी बेससाठी नोरूम नसल्यास, 10 सेमीचा लहान बेस वापरला जाऊ शकतो.



### २.११.१ क्लोजिंग एरर (Closing Error):

जेव्हा बंद ट्रॅव्हर्स प्लॉट केला जातो तेव्हा शेवटच्या ओळीचा शेवटचा बिंदू सुरुवातीच्या बिंदूशी जुळत नाही याला क्लोजिंग एरर असे म्हणतात.



$$\text{Closing error, } e = \sqrt{(\Sigma L)^2 + (\Sigma D)^2}$$

$$\text{Direction of closing error, } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{\Sigma D}{\Sigma L} \right)$$

### अक्षांश (Latitude):

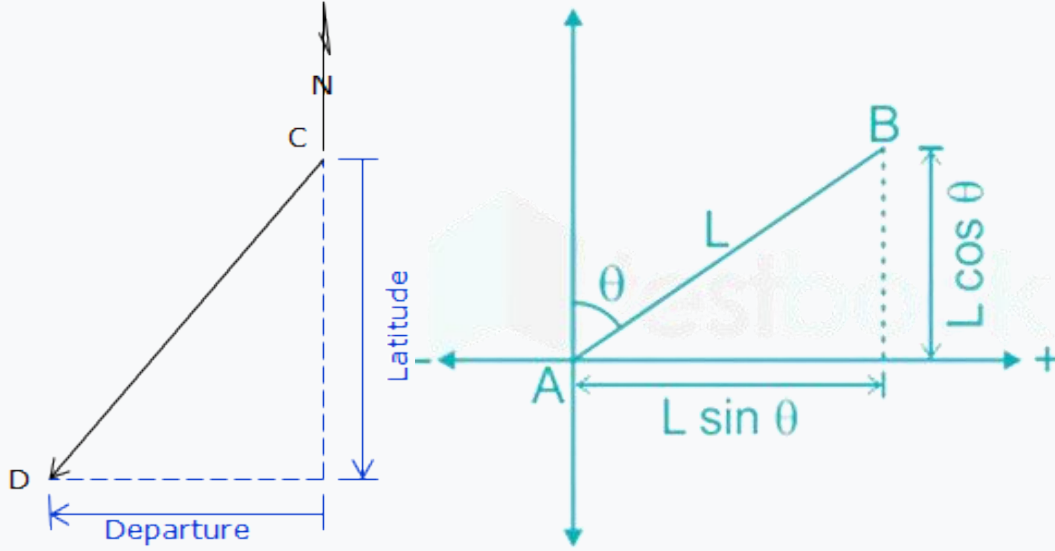
उत्तर-दक्षिण मेरिडियनच्या समांतर सर्वेक्षण रेषेच्या प्रक्षेपणाला अक्षांश म्हणतात.

रेषेचा अक्षांश (Latitude of line) =  $L = l \cos \theta$

या ठिकाणी  $l$  = रेषेची लांबी

$\theta$  = रेषेची रिड्यूस बेअरिंग

- अक्षांश सकारात्मक किंवा नकारात्मक असतात
- जेव्हा अक्षांश उत्तरेकडे असतात तेव्हा ते धन असते आणि त्याला नॉर्थिंग म्हणतात
- जेव्हा अक्षांश दक्षिणेकडे असतात तेव्हा ते ऋण असते आणि त्याला साउथिंग म्हणतात



### निर्गमन (Departure):

उत्तर-दक्षिण मेरिडियनला लंब असलेल्या सर्वेक्षण रेषेच्या प्रक्षेपणाला निर्गमन असे म्हणतात.

रेषेचा निर्गमन (Departure of line) =  $D = l \sin \theta$

या ठिकाणी  $l$  = रेषेची लांबी

$\theta$  = रेषेची रिड्यूस बेअरिंग

- निर्गमन सकारात्मक किंवा नकारात्मक असतात
- जेव्हा निर्गमन पूर्वेकडे असते तेव्हा ते सकारात्मक असते आणि त्याला इस्टिंग दिशा म्हणतात
- जेव्हा निर्गमन पश्चिमेकडे असते तेव्हा ते नकारात्मक असते आणि त्याला वेस्टिंग म्हणतात

### २.११.२ बंद ट्रॅव्हर्सचे कोन संतुलित करणे (Balancing a Closed Traverse):

बंद ट्रॅव्हर्सने ज्या दोन अटी पूर्ण केल्या पाहिजे त्या आहेत

$$\sum L = 0 \text{ आणि } \sum D = 0$$

याचा अर्थ उत्तर दिशेची बेरीज दक्षिणेची बेरीज आहे आणि पूर्वेची बेरीज पश्चिमेची बेरीज आहे.

ट्रॅव्हर्स समायोजित करण्याच्या विविध पद्धती खालीलप्रमाणे आहेत

- 1) बाउडीच चानियम(BowditchRule)
- 2) संक्रमण पद्धत (Transit Method)
- 3) आलेख पद्धत (Graphical Method)

### १. बाउडीच चानियम(Bowditch Rule)

- बोडिचचा नियम हा कंपास नियम म्हणूनही ओळखला जातो. जेव्हा कोनीय आणि रेखीय मापांमध्ये समान अचूकता असल्याचे मानले जाते.
- अक्षांश (Latitude) $\Sigma L$ ची बीजगणितीय बेरीज आणि निर्गमन (Departure) $\Sigma D$ ची बीजगणितीय बेरीज मोजली जाते. बंद ट्रॅव्हर्समध्ये, या दोन्ही बेरीज शून्य असाव्यात.
- एक किंवा दोन्ही शून्य नसल्यास, खालीलप्रमाणे सुधारणा लागू केल्या जातात:

$$\text{कोणत्याही बाजूच्या अक्षांशात सुधारणा} = \text{अक्षांश मधील त्रुटी} \times \frac{\text{त्या बाजूची लांबी}}{\text{परिमिती}}$$

$$\text{कोणत्याही बाजूच्या निर्गमन सुधारणा} = \text{निर्गमन मधील त्रुटी} \times \frac{\text{त्या बाजूची लांबी}}{\text{परिमिती}}$$

### २. संक्रमण पद्धत (Transit Method):

- संक्रमण पद्धत असे गृहीत धरते की कोन लांबीपेक्षा जास्त अचूकतेने मोजले जातात.
- पद्धत दोन प्रकारे लागू केली जाऊ शकते.
- पहिल्या पद्धतीत अक्षांश आणि निर्गमन खालीलप्रमाणे दुरुस्त केले जातात:

$$\text{रेषेच्या अक्षांशात सुधारणा} = \text{अक्षांश मध्ये एकूण त्रुटी} \times \frac{\text{रेषेचा अक्षांश}}{\text{अक्षांशांची अंकगणित बेरीज}}$$

$$\text{रेषेच्या अनिर्गमनासाठी सुधारणा} = \text{निर्गमन मध्ये एकूण त्रुटी} \times \frac{\text{रेषेचा निर्गमन}}{\text{निर्गमनची अंकगणित बेरीज}}$$

- दुसरी पद्धत उत्तर, दक्षिण, पूर्व आणि पश्चिम दिशा सुधारते
- अशा प्रकारे, दुरुस्त्या खालीलप्रमाणे लागू केल्या जाऊ शकतात:

कोणत्याही रेषेच्या नॉर्थिंग ची सुधारणा

$$= 1/2 (\text{अक्षांश मध्ये एकूण त्रुटी}) \times \frac{\text{रेषेची नॉर्थिंग}}{\text{नॉर्थिंगची बेरीज}}$$

कोणत्याही रेषेच्या साउथिंग ची सुधारणा

$$= 1/2 (\text{अक्षांश मध्ये एकूण त्रुटी}) \times \frac{\text{रेषेची साउथिंग}}{\text{साउथिंगची बेरीज}}$$

कोणत्याही रेषेच्या इस्टिंगची सुधारणा

$$= 1/2 (\text{निर्गमन मध्ये एकूण त्रुटी}) \times \frac{\text{रेषेची इस्टिंग}}{\text{इस्टिंगची बेरीज}}$$

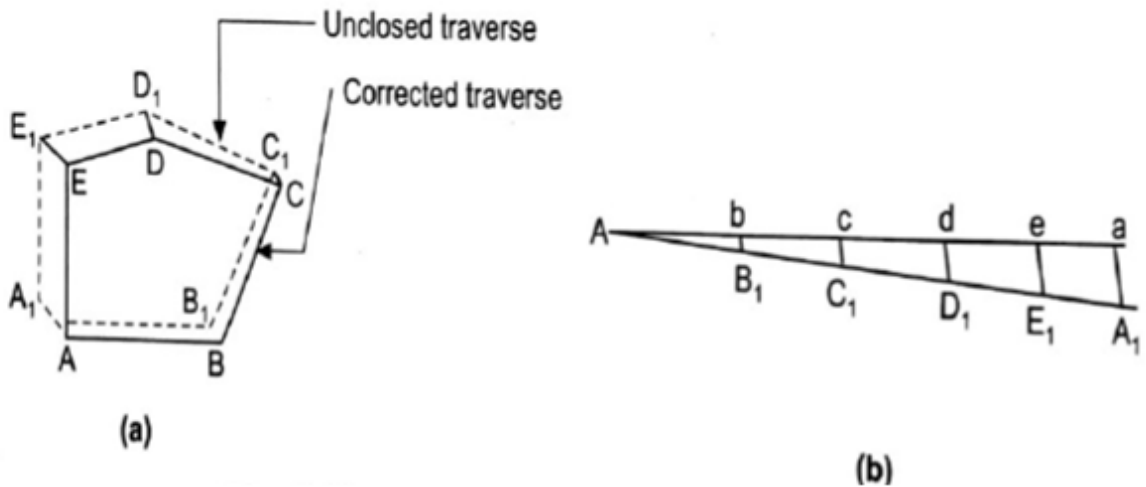
कोणत्याही रेषेच्या वेस्टिंगची सुधारणा

$$= 1/2 (\text{निर्गमन मध्ये एकूण त्रुटी}) \times \frac{\text{रेषेची वेस्टिंग}}{\text{वेस्टिंगची बेरीज}}$$

### ३. आलेख पद्धत (Graphical Method)

ग्राफिकल पद्धतीचा वापर करून ट्रॅव्हर्सच्या क्लोजिंग एरचे समायोजन करण्याची प्रक्रिया:

**Adjustment of closing error of traverse:**





1. क्लोजिंग एर AA1 आकृती (a) वितरित करण्यासाठी, काही कमी स्केलसह ट्रॅव्हर्सच्या परिमितीच्या समान लांबीची एक क्षैतिज रेषा काढा.
2. आता त्यावरील सर्वेक्षण केंद्रे प्रमाणानुसार चिन्हांकित करा आकृती (b) आणि रोलेर स्केल वापरून समान लांबीची क्लोजिंग एर पॉइंट a वर हस्तांतरित करा.
3. बिंदू A आणि A' यांना सरळ रेषेने जोडा. तसेच b, c, d आणि e बिंदूवर समांतर रेषा काढा.
4. बिंदू, C'c, D'd आणि E'e बिंदू B1, C1, D1 आणि E1 मध्ये अनुक्रमे कंपास ट्रॅव्हर्समध्ये स्थानांतरित करा.
5. क्लोजिंग एरच्या ग्राफिकल ऍडजस्टमेंटनंतर दुरुस्त ट्रॅव्हर्स ABCDEA मिळविण्यासाठी शेवटी नवीन पॉइंट्समध्ये सामील करा.

### संदर्भ (Reference)

Sr. No	Author	Title	Publisher with ISBN Number
1	Kanetkar T. P.; Kulkarni, S. V.	Surveying and Levelling volume I	Pune Vidyarthi Gruh Prakashan, Pune; ISBN:978-81-858-2511-3
2	Basak, N. N.	Surveying and Levelling	McGraw Hill Education, New Delhi ISBN93-3290-153-8
3	S. K. Duggal	Survey I	McGraw Hill Education, New Delhi, ISBN:978-00-701-5137-6
4	Punmia, B.C, Jain, Ashok KumarJain, Arun Kumar	Surveying I	Laxmi Publications., New Delhi. ISBN: 8-17-008853-4
5	Bhavikatti, S. S.	Surveying and Levelling, Volume 1	I. K. International, New Delhi ISBN: 978-81-906-9420-9

**घटक 3****थियोडोलाइट सर्वेक्षण****Theodolite Surveying**

**विषय निष्पत्ती : (Course Outcome) :** दिलेल्या भूप्रदेशाचा आराखडा तयार करण्यासाठी थियोडोलाइट वापरून सर्वेक्षण करा.

**घटक निष्पत्ती : (Theory Learning Outcome)**

3.1 पारगमन थियोडोलाइटचे दिलेले घटक स्पष्ट करा.

3.2 विशिष्ट वैशिष्ट्यांसह थियोडोलाइटच्या दिलेल्या मूलभूत अक्षांमधील (Fundamental axes) संबंध स्पष्ट करा

3.3 दिलेल्या परिस्थितीसाठी थियोडोलाइट वापरून क्षैतिज समांतर (Horizontal) कोन मोजण्याच्या प्रक्रियेचे वर्णन करा.

3.4 दिलेल्या परिस्थितीसाठी थियोडोलाइट वापरून अनुलंब (Vertical) कोन मोजण्याच्या प्रक्रियेचे वर्णन करा.

3.5 दिलेल्यामहितीचा वापर करून लॅटीटूड, डीपार्चर, कॉन्झेकेटीव्ह कॉर्डिनेट, इंडिपेंडेंट कॉर्डिनेट काढा.

3.7 दिलेल्या कोनातून बेअरिंगची गणना करा.

3.8 दिलेल्या डेटासाठी ट्रॅव्हर्स संतुलित करण्यासाठी ट्रान्झिट नियमासह बोडिचचा नियम (Bowditch Rule) लागू करा.

3.9 दिलेल्या डेटासाठी गेलचे ट्रॅव्हर्स टेबल तयार करा.

### 3.1 थिओडोलाइटचे प्रकार आणि उपयोग:-

थिओडोलाइट्स दोन प्रकारचे असू शकतात-

- (i) ट्रान्झिट थियोडोलाइट, आणि
- (ii) नॉन-ट्रान्झिट.

#### (i) ट्रान्झिट थियोडोलाइट

- ट्रान्झिट थिओडोलाइटमध्ये, दुर्बिणीला त्याच्या क्षैतिज समांतर अक्षांभोवती उभ्या समतलात पूर्ण फिरवता येते.

#### (ii) नॉन-ट्रान्झिट.

- नॉन-ट्रान्झिट थिओडोलाइटमध्ये, दुर्बिणीला उभ्या समतलात पूर्ण फिरवता येत नाही. परंतु अनुलंब (Vertical) कोन किंवा खोली मोजण्यासाठी ते उभ्या समतलेत एका विशिष्ट मर्यादेपर्यंत फिरवले जाऊ शकते.

थिओडोलाइट्सचे वर्गीकरण

#### (i) व्हर्नियर थिओडोलाइट्स

- जेव्हा थिओडोलाइट्स व्हर्नियर स्केलसह फिट केले जाते.

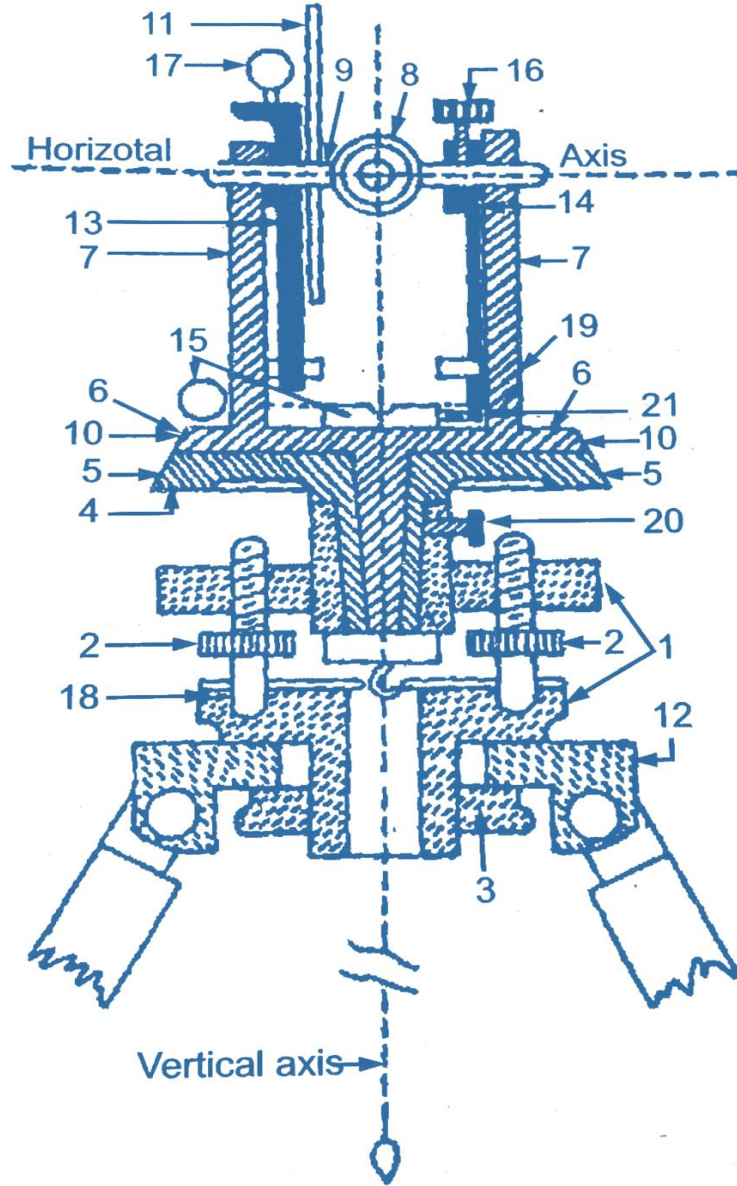
#### (ii) मायक्रोमीटर थिओडोलाइट्स

- जेव्हा थिओडोलाइट्स मायक्रोमीटरने फिट केले जाते.

### 3.1.1 थिओडोलाइटचे उपयोग:-

1. सर्वेक्षण केंद्रांमधील क्षैतिज समांतर (Horizontal) आणि अनुलंब (Vertical) कोन मोजण्यासाठी.
2. सर्वेक्षण रेषांमधील विक्षेपण (Deflection) कोन मोजण्यासाठी.
3. टॅकोमीटर म्हणून वापरताना क्षैतिज समांतर अंतर मोजण्यासाठी.
4. उभे अंतर मोजण्यासाठी, जमिनीच्या बिंदूंची उंची मोजण्यासाठी.
5. सर्वेक्षण रेषांच्या चुंबकीय (Magnetic) बेअरिंगला ट्र्यूबलर कंपास जोडून मोजण्यासाठी.
6. आवश्यक गंतव्य (Destination) स्थानापर्यंत सर्वेक्षण रेषा लांबवणे किंवा वाढवणे.

## 3.1.2 ट्रॅन्झिट थियोडोलाइटचे घटक भाग आणि त्यांची कार्ये,



आकृती 3.1

- |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. त्रिब्रच आणि त्रिवेट.            | 12. ट्रायपॉड टॉप.                     |
| 2. फुट स्कू.                        | 13. व्हर्नियर फ्रेम.                  |
| 3. सेंट्रिंगसाठी क्लॅम्पिंगस्कू.    | 14. उभ्या वर्तुळाच्या क्लॅम्पचा आर्म. |
| 4. खालची प्लेट. (lower Plate)       | 15. प्लेट पातळी.                      |
| 5. क्रम दिलेला चाप (Graduated arc). | 16. अनुलंब वर्तुळ क्लॅम्पिंगस्कू.     |
| 6. वरची प्लेट. (Upper Plate)        | 17. व्हर्नियर आर्मवरील पातळी.         |
| 7. स्टॅंडर्ड.                       | 18. प्लंब बॉबचा हुक.                  |
| 8. दुर्बिण.                         | 19. बबलचा अक्ष.                       |
| 9. क्षैतिज समांतर अक्ष.             | 20. खालची प्लेट क्लॅम्प.              |
| 10. व्हर्नियर्स.                    | 21. वरच्या प्लेट क्लॅम्प.             |
| 11. अनुलंब वर्तुळ.                  |                                       |

1. **लेव्हलिंग हेड:** हे इन्स्ट्रुमेंटच्या मुख्य कार्यरत भागांना समर्थन देते आणि ट्रायपॉडवर स्कू (जोडते) करते.

लेव्हलिंग हेडचे भाग असतात:

- I. लेव्हलिंग बेस आणि लेव्हलिंग बेसच्या स्कूने बसवलेले ट्रायव्हेट - इन्स्ट्रुमेंट समतल करण्यासाठी ते वापरले जाते.
  - II. मुव्हेबल हेड - हे स्टेशन पॉईंटवर अनुलंब अक्ष अचूकपणे मध्यभागी करण्यासाठी वापरले जाते
2. **लोअर प्लेट** - यात एक ग्रॅज्युएटेड वर्तुळाकार चाप आहे ज्याचा वापर रीडिंग घेणे करिता वापर केला जातो
  3. **अप्पर प्लेट** - ग्रॅज्युएटेड क्षैतिज समांतर वर्तुळावर बारीक रीडिंग वाचण्यासाठी त्यात इंडेक्स आणि व्हर्नियर असते.
  4. **स्टॅंडर्ड** - वरच्या प्लेटमध्ये दुर्बिणीला आधार देण्यासाठी स्टॅंडर्ड वापरलेली असतात
  5. **स्पिरीट लेव्हल** - हे इन्स्ट्रुमेंट समतल करण्यासाठी वापरले जाते.
  6. **दुर्बिणी** - हे ऑब्जेक्टचे निरीक्षण आणि दुभाजक करण्यासाठी वापरले जाते.
  7. **उभे वर्तुळ** - उभ्या वर्तुळात वर्तुळाकार ग्रॅज्युएटेड चाप दिलेला असतो जो साधारणपणे चार चतुर्थांशांमध्ये विभागलेला असतो आणि उभ्या कोनाच्या मोजमापासाठी वापरला जातो.
  8. **लोअर क्लॅम्प आणि लोअर टॅन्जेंट स्कू** - लोअर क्लॅम्प खालच्या प्लेटला आणि त्याच्या बाहेरील अक्षांना लेव्हलिंग हेडवर थांबवतो. लोअर टॅन्जेंट स्कू त्याची बारीक नियंत्रित गोलाकार हालचाल करतो.
  9. **अप्पर क्लॅम्प आणि अप्पर टॅन्जेंटस्कू** - अप्पर क्लॅम्प वरच्या ते खालच्या भागाला क्लॅम्प करतो आणि अप्पर टॅन्जेंट स्कू उभ्या अक्षावर बारीकपणे गोलाकार गती नियंत्रित करतो.
  10. **डायफ्राम** - दृष्टीची एक निश्चित रेषा देण्यासाठी दुर्बिणीमध्ये क्रॉस रेषा दिलेल्या आहेत.
  11. **उभ्या वर्तुळाचा क्लॅम्प आणि टॅन्जेंट स्कू** - उभ्या वर्तुळाचा क्लॅम्प उभ्या वर्तुळाला पकडते आणि टॅन्जेंट स्कू त्याची बारीक नियंत्रित वर्तुळाकार गती करते.

### 3.1.3 व्हर्नियर थियोडोलाइट वाचणे.

व्हर्नियरची लघुतम माप(least count)  $20''$  निर्धारित केली आहे. मुख्य स्केलचा मुख्य भाग एक अंशाचा आहे. समजा ते तीन भागांमध्ये विभागले आहे. मग प्रत्येक भाग  $20'$  (म्हणजे  $d = 20$ ) आहे. व्हर्नियर स्केलमध्ये  $20$  मोठे आणि  $60$  लहान ( $n$ ) विभाग आहेत.

$$\text{म्हणून लघुतम माप(least count)} = \frac{d}{n} = \frac{20}{60} \times 60 = 20''$$

येथे,

$$\text{व्हर्नियर स्केलमध्ये एका लहान भागासाठी गणना} = 20''$$

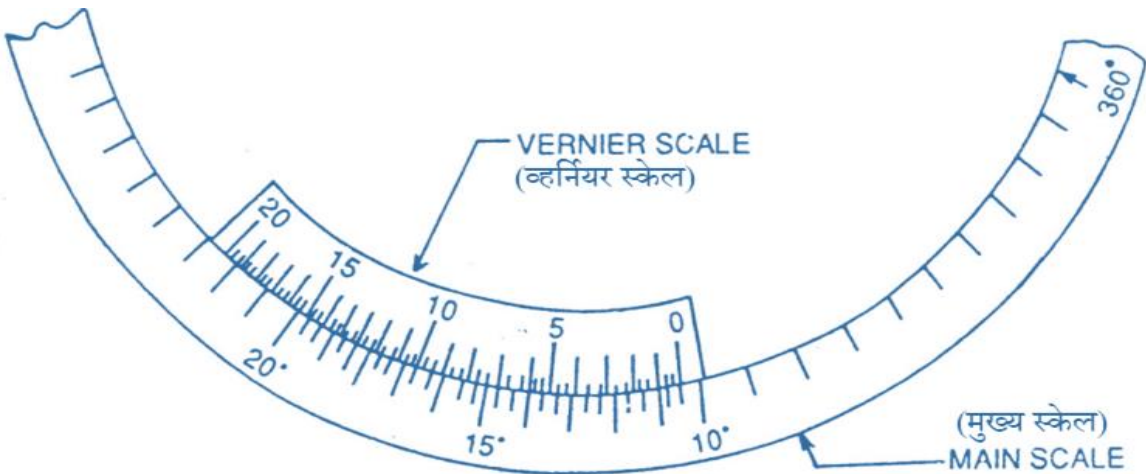
$$\text{व्हर्नियर स्केलमध्ये एका मोठ्या भागासाठी गणना} = (20'' \times 3) = 60'' = 1'$$

$$\text{मुख्य स्केलमध्ये एका लहान भागासाठी गणना} = 20'$$

$$\text{मुख्य स्केलमध्ये एका मोठ्या भागासाठी गणना} = (20' \times 3) = 60' = 1^\circ$$

कोन मोजण्यासाठी अंतिम समायोजन केल्यानंतर, व्हर्नियर स्केलच्या बाणाची स्थिती लक्षात घेतली जाते. समजा बाण  $10^\circ$  आणि  $20'$  ओलांडला आहे, तेव्हा मुख्य स्केलवरील रीडिंग  $10^\circ 20'$  आहे. समजा, पुन्हा, व्हर्नियर स्केलमध्ये  $12$  मोठ्या विभागांनंतरचा पहिला छोटा भाग कोणत्याही मुख्य स्केलच्या विभागांशी तंतोतंत जुळतो. तेव्हा व्हर्नियर स्केलवरील रीडिंग  $12' 20''$  आहे. मुख्य स्केल आणि व्हर्नियर स्केल ची रीडिंग ची बेरीज केली असता अंतिम कोन भेटतो.

$$\text{अंतिम कोन} = 10^\circ 20' + 12' 20'' = 10^\circ 32' 20''$$



आकृती 3.2

### 3.2 तांत्रिक संज्ञा (Technical Terms)

(i) **ट्रान्झिटिंग:-** दुर्बिणीला त्याच्या क्षैतिज समांतर अक्षावर  $180^\circ$  द्वारे उभ्या समतलात फिरवण्याची पद्धत ट्रान्झिटिंग अशी संज्ञा आहे.

(ii) **दुर्बिणीचे स्विंगिंग:-** क्षैतिज समांतर समतलातील उभ्या अक्षाभवती दुर्बिणीचे वळणे याला स्विंगिंग म्हणतात.

(iii) **फेस लेफ्ट (Face left):-** जर उभ्या वर्तुळाचा भाग निरीक्षकाच्या डावीकडे असेल तर कोनाच्या निरीक्षणाला फेस लेफ्ट निरीक्षण असे म्हणतात.

(iv) **फेस राइट (Face right):-** जर उभ्या वर्तुळाचा भाग निरीक्षकाच्या उजवीकडे असेल तर कोनाच्या निरीक्षणाला फेस राइट निरीक्षण म्हणतात.

### 3.3 ट्रॅन्झिट थियोडोलाइटचे मूलभूत अक्ष (Fundamental axes) आणि त्यांचे संबंध (Relationship)

कोणत्याही मोजमापासाठी थियोडोलाइटमध्ये, अचूक वाचन मिळविण्यासाठी साधनाच्या मूलभूत रेषा/अक्षांमध्ये विशिष्ट इच्छित संबंध असणे आवश्यक आहे.s

#### 3.1.2 थियोडोलाइटच्या मूलभूत रेषा/अक्ष खालील प्रमाणे आहेत:

1. अनुलंब अक्ष. (The vertical axis.)
2. प्लेट लेव्हल/प्लेट बबलचा अक्ष. (The axis of plate level/plate bubble.)
3. कोलिमेशनची रेषा. (The line of collimation)
4. क्षैतिज समांतर अक्ष. (The horizontal axis.)
5. उंची पातळीची बबल रेषा. (The bubble line of altitude level.)

#### 3.1.3 संबंध (Relationship)

1. प्लेट लेव्हलचा अक्ष अनुलंब अक्षावर लंब असणे आवश्यक आहे.
2. क्षैतिज समांतर रेषा अनुलंब अक्षावर लंब असणे आवश्यक आहे.
3. दुर्बिणीचा अक्ष कोलिमेशन रेषेच्या समांतर असावा.
4. कोलिमेशनची रेषा दुर्बिणीच्या अक्षाशी एकरूप असावी.
5. कोलिमेशनची रेषा क्षैतिज समांतर अक्षावर लंब असावी.

### 3.4 ट्रॅन्झिट थिओडोलाइटचे तात्पुरते समायोजन (Temporary Adjustment)

ट्रॅन्झिट थिओडोलाइट सेट करण्यासाठी खालील चरणांचा क्रमावार पद्धतीचा अवलंब करावा.

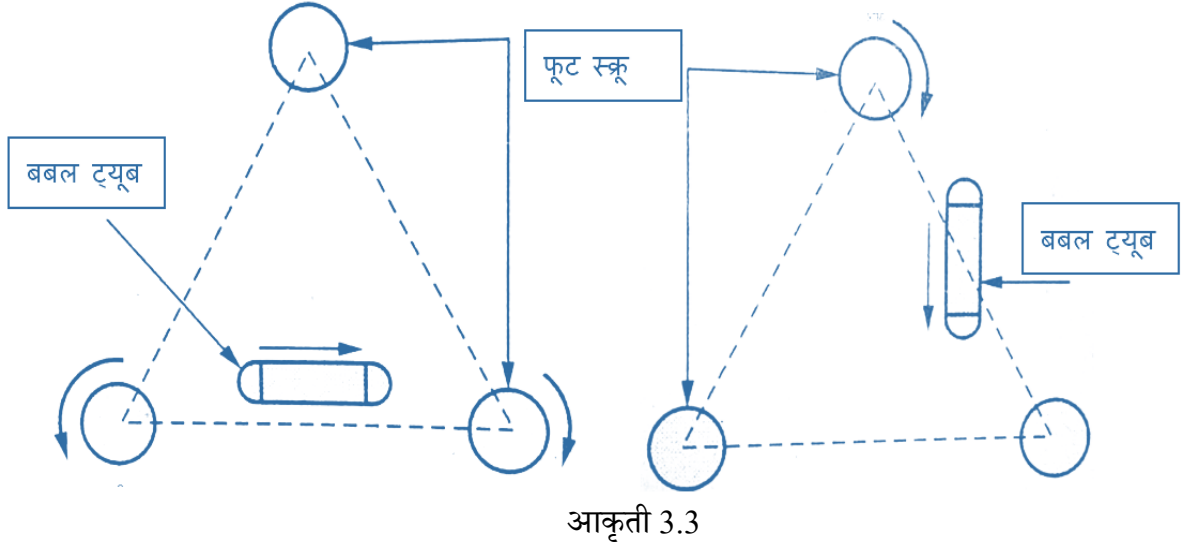
#### 1. स्टेशन पॉईंटवर इन्स्ट्रुमेंट केंद्रीत करणे ( Centring the Instrument)

- (i) ट्रायपॉडचे पाय आवश्यक उंचीवर चांगले पसरवून स्टेशनवर इन्स्ट्रुमेंट ठेवा.
- (ii) इन्स्ट्रुमेंटचे प्रारंभिक केंद्रीकरण तपासण्यासाठी प्लंब बॉबला स्टेशनच्या चिन्हाच्या जवळपास हुकमधून निलंबित केले जाते.
- (iii) प्रत्येक पाय हलवून प्लंब बॉब स्टेशन पॉईंटच्या अगदी वर आणा, पाय जमिनीवर घट्ट दाबा. हे करत असताना, इन्स्ट्रुमेंट अंदाजे समतल आहे याची खात्री करा.

#### 2. इन्स्ट्रुमेंटचे समतल करणे (Levelling the instrument)

- (i) फुट स्कूच्या मदतीने योग्यरित्या अचूक समतल केले जाते. सपाटीकरणासाठी खालील चरणांचे पालन केले जाते:
- (ii) बबल ट्यूब फुट स्कूच्या कोणत्याही जोडीला समांतर होईपर्यंत थिओडोलाइटला त्याच्या उभ्या अक्षाभोवती फिरवा.
- (iii) बबल ट्यूब चे बुडबुडे मध्यवर्ती स्थितीत येईपर्यंत फुट स्कू एकाच वेळी बाहेरील किंवा आतील दिशेने फिरवा.
- (iv) दुर्बिणीला लंबात फिरवा आणि नंतर तिसऱ्या फुट स्कूवर आणा आणि तिसरा फुट स्कू घड्याळाच्या दिशेने किंवा घड्याळाच्या विरुद्ध दिशेने फिरवून बुडबुडे मध्यभागी आणला जाईल.
- (v) दुर्बिणीला पुन्हा त्याच्या मूळ स्थितीत आणा आणि बबलचे मध्यभाग तपासा. बुडबुडे मध्यवर्ती स्थितीत येईपर्यंत फुट स्कूची जोडी दोन्ही बाहेरील किंवा दोन्ही आतील बाजूस एकाच वेळी फिरवा .
- (vi) पुन्हा दुर्बिणीला तिसऱ्या फुट स्कूवर 90° वरून फिरवा आणि बुडबुडे मध्यभागी आहे की नाही ते तपासा. ते अयशस्वी झाल्यास, बुडबुडे मध्यभागी राहोपर्यंत या ऑपरेशन्सची पुनरावृत्ती करा.
- (vii) आता टेलिस्कोप कोणत्याही स्थितीत 360° मधून फिरवा आणि बुडबुडे निरीक्षण करा. दुर्बिणीच्या सर्व पोजिशन्ससाठी बुडबुडे मध्यभागी राहिल्यास, टेलिस्कोप आता अचूक लेव्हलिंगमध्ये आहे आणि सपाटीकरणाच्या पुढील कामासाठी सज्ज आहे.





### 3. आयपीसवर लक्ष केंद्रित करणे

- क्रॉस हेअर्स स्पष्ट आणि वेगळे करण्यासाठी आयपीसचे फोकसिंग केले जाते.
- ऑब्जेक्ट ग्लासचे समोर पांढऱ्या कागदाची शीट धरून आणि क्रॉस हेअर्स स्पष्ट, तीक्ष्ण आणि वेगळे होईपर्यंत आयपीस घड्याळाच्या किंवा उलट दिशेने फिरवले जाते.

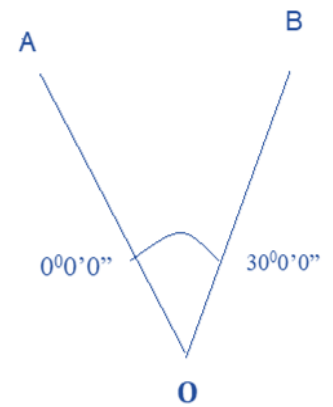
### 4. ऑब्जेक्ट ग्लासवर लक्ष केंद्रित करणे

- क्रॉस हेअर्सच्या प्लेनमध्ये ऑब्जेक्ट ग्लासद्वारे तयार केलेल्या ऑब्जेक्टची प्रतिमा आणण्यासाठी ऑब्जेक्ट ग्लासचे फोकसिंग केले जाते.
- दुर्बिणीला ऑब्जेक्टकडे निर्देशित करा आणि प्रतिमा स्पष्ट आणि तीक्ष्ण दिसेपर्यंत फोकसिंग स्कू फिरवा.

### 3.5.1 क्षैतिज समांतर कोन (Horizontal Angle) मोजण्यासाठी पद्धत –

खालीलप्रमाणे पुनरावृत्तीची पद्धत वापरून क्षैतिज समांतर कोन अगदी अचूकपणे मोजला जातो.

- फेस लेफ्ट स्थितीसह स्टेशन O वर इन्स्ट्रुमेंट सेट करा आणि सर्व तात्पुरते समायोजन करा. थिओडोलाइटच्या क्षैतिज समांतर वर्तुळाच्या A आणि B मध्ये  $0^{\circ}0'0''$  आणि  $180^{\circ}0'0''$  वाचन फेस लेफ्ट स्थितीसह सेट करा आणि नंतर अप्पर क्लॅम्प स्कू (upper clamping screw) क्लॅम्प (बंद) करा.



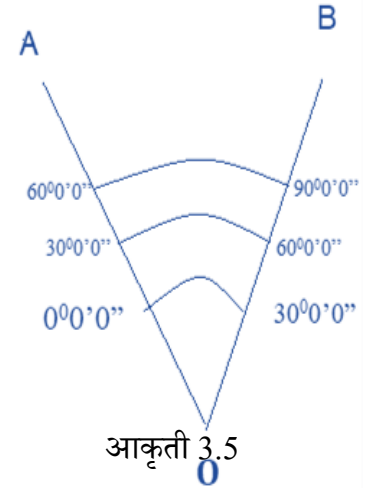
आकृती 3.4

2. लोअर क्लॅम्प स्क्रू (lower clamping screw) सैल करा, टेलिस्कोप फिरवा आणि स्टेशन A वरील रेंजिंग रॉड दुभाजक करा. अचूक दुभाजकानंतर लोअर क्लॅम्प स्क्रू क्लॅम्प (बंद) करा.
3. आता, अप्पर क्लॅम्प स्क्रू उघडा सोडा आणि स्टेशन B वरील रेंजिंग रॉडला दुभाजत करा. अचूक दुभाजल्या नंतर अप्पर क्लॅम्प स्क्रू क्लॅम्प (बंद) करा आणि  $30^{\circ}0'0''$  आणि  $210^{\circ}0'0''$  प्रमाणे दोन्ही विंडोमध्ये बदललेले रीडिंग ची नोंद घ्या.
4. फेस बदलून योग्य स्थितीसह वरील प्रक्रिया पुन्हा करा. दोन्ही फेस रीडिंगची सरासरी अचूक क्षैतिज समांतर कोन AOB म्हणून घेतली जाऊ शकते.

### 3.5.2 क्षैतिज समांतर कोन (Horizontal Angle) मोजण्यासाठी पुनरावृत्तीची पद्धत-

खालीलप्रमाणे पुनरावृत्तीची पद्धत वापरून क्षैतिज समांतर कोन अगदी अचूकपणे मोजला जातो.

1. फेस लेफ्ट स्थितीसह स्टेशन O वर इन्स्ट्रुमेंट सेट करा आणि सर्व तात्पुरते समायोजन करा. थिओडोलाइटच्या क्षैतिज समांतर वर्तुळाच्या A आणि B मध्ये  $0^{\circ}0'0''$  आणि  $180^{\circ}0'0''$  वाचन फेस लेफ्ट स्थितीसह सेट करा आणि नंतर अप्पर क्लॅम्प स्क्रू (upper clamping screw) क्लॅम्प (बंद) करा.



2. लोअर क्लॅम्प स्क्रू (lower clamping screw) सैल करा, टेलिस्कोप फिरवा आणि स्टेशन A वरील रेंजिंग रॉड दुभाजा. अचूक दुभाजल्यानंतर लोअर क्लॅम्प स्क्रू क्लॅम्प (बंद) करा.
3. आता, अप्पर क्लॅम्प स्क्रू उघडा आणि स्टेशन B वरील रेंजिंग रॉडला दुभाजक करा. अचूक दुभाजकानंतर अप्पर क्लॅम्प स्क्रू क्लॅम्प (बंद) करा आणि  $30^{\circ}0'0''$  आणि  $210^{\circ}0'0''$  प्रमाणे दोन्ही विंडोमध्ये बदललेले रीडिंग घ्या.
4. आता त्याच रीडिंगसह, लोअर क्लॅम्प स्क्रू सैल करा आणि दुर्बिणीला घड्याळाच्या दिशेने वळवा आणि पुन्हा A वर रॉडला दुभाजा. अचूक दुभाजकानंतर लोअर क्लॅम्प स्क्रू क्लॅम्प (बंद) करा.
5. मूळपेक्षा दुप्पट आणि तिप्पट होण्यासाठी वरील चरण आणखी दोन वेळा पुन्हा करा.
6. फेस बदलून योग्य स्थितीसह वरील प्रक्रिया पुन्हा करा. दोन्ही फेस रीडिंगची सरासरी अचूक क्षैतिज समांतर कोन AOB म्हणून घेतली जाऊ शकते.

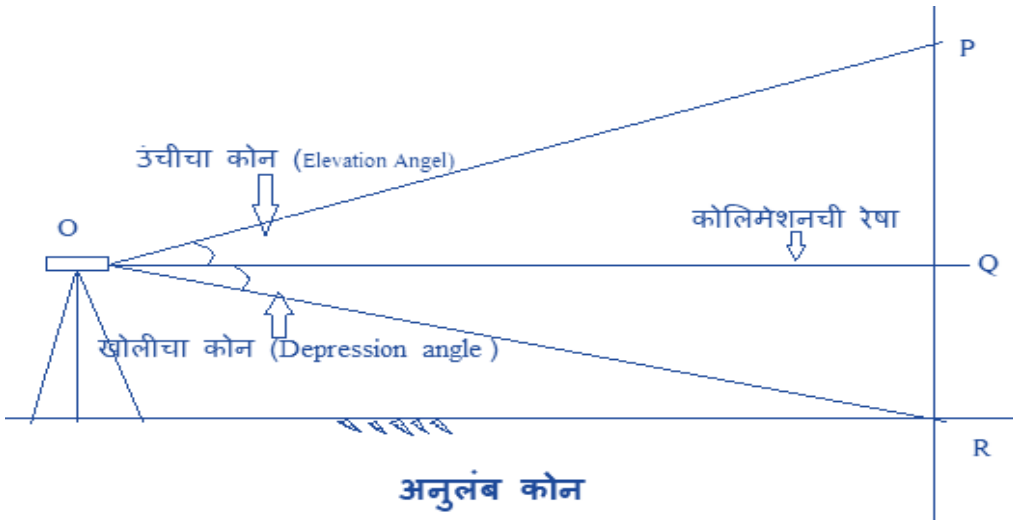
### 3.5.3 पुनरावृत्ती (Repetition) पद्धतीद्वारे त्रुटी दूर केली जाते.

1. केंद्र आणि व्हर्नियर्सच्या विक्षिप्तपणामुळे झालेल्या त्रुटी दोन्ही व्हर्नियरचीनोद घेऊन आणि नोंदीची सरासरी केली जाते.
2. कोलिमेशन रेषा आणि दुर्बिणीच्या क्षैतिज समांतर अक्षाच्या अपूर्ण समायोजनामुळे झालेल्या त्रुटी डावीकडे (लेफ्ट) आणि उजवीकडे (राइट) फेसच्या निरीक्षणाने दूर केल्या जातात.
3. वर्तुळाच्या वेगवेगळ्या भागांवरील कोन मोजून मापानाच्या त्रुटी कमी केली जाते.
4. पॉइंटिंगमधील त्रुटी एकमेकांना भरपाई देतात आणि उर्वरित त्रुटी विभाजनांद्वारे कमी केल्या जातात.

### 3.6 थिओडोलाइट वापरून अनुलंब कोन (Vertical Angle) मोजण्याची प्रक्रिया.

अनुलंब कोन हा क्षैतिज समांतर रेषा (म्हणजे कोलिमेशनची रेषा) आणि दृष्टीची झुकलेली रेषा यामधील एक कोन आहे.

- जेव्हा ते क्षैतिज समांतर रेषेच्या वर असते तेव्हा त्याला उंचीचा कोन (Elevation Angel) असे म्हणतात.
- जेव्हा हा कोन क्षैतिज समांतर रेषेच्या खाली असतो तेव्हा त्याला खोलीचा कोन (Depression angle) म्हणतात.



आकृती 3.6

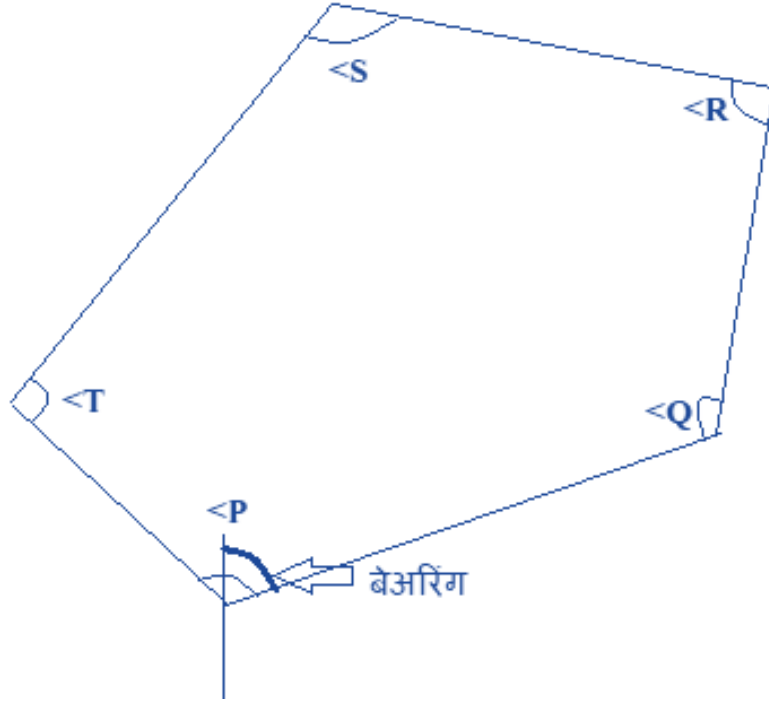
1. थियोडोलाइट O वर स्थापित केले आहे. ते मध्यभागी आणि योग्यरित्या समतल केले आहे. व्हर्नियर्सचे शून्य (C आणि D) उभ्या वर्तुळाच्या  $0^{\circ}$ - $0^{\circ}$  चिन्हावर सेट केले जातात (जे दुर्बिणीला निश्चित केले जाते). त्यानंतर दुर्बिणीला क्लॉप करा.
2. प्लेट बबल फूट स्कूच्या मदतीने मध्यभागी आणले जाते (नेहमीच्या पद्धतीने). नंतर क्लॉप स्कूच्या सहाय्याने अलटीट्यूड (Altitude) बबल मध्यभागी आणला जातो. या स्थितीत कोलिमेशनची रेषा अगदी क्षैतिज समांतर आहे.
3. उंचीचा कोन (Elevation Angel) मोजण्यासाठी, बिंदू P अचूकपणे दुभाजक करण्यासाठी दुर्बिणी हळू हळू वर केली जाते. दोन्ही व्हर्नियर्सवरील रीडिंग नोंदवले जातात आणि उंचीचा कोन (Elevation Angel) रेकॉर्ड केला जातो.
4. आता इन्स्ट्रुमेंटचा फेस बदलला आहे आणि बिंदू P पुन्हा दुभाजक केला आहे. व्हर्नियर्सवर रेकॉर्ड नोंद आहेत. निरीक्षण केलेल्या कोनांचा मध्य हा उंचीचा कोन (Elevation Angel) योग्य कोन आहे असे गृहीत धरले जाते.
5. खोलीचा कोन (Depression angle) मोजण्यासाठी, दुर्बिणी हळू हळू खाली केली जाते आणि बिंदू R दुभाजित केला जातो. व्हर्नियर्सवरील रेकॉर्ड दोन निरीक्षणांसाठी (फेस लेफ्ट आणि फेस राइट ) नोंदवले जातात. निरीक्षणाचा सरासरी कोन खोलीचा कोन (Depression angle ) योग्य कोन मानला जातो.

### 3.7.1 समाविष्ट कोन (Included Angle) पद्धत

बहुतेक क्लोज्ड ट्रॅव्हर्सचे ट्रॅव्हर्सिंग समाविष्ट कोनाच्या पद्धतीने केले जाते.

1. या पद्धतीसाठी सर्व स्टेशनचे कोन आणि प्रारंभिक लाईनचे बेअरिंग आवश्यक आहे.
2. समजा क्लोज्ड ट्रॅव्हर्स PQIRST प्लॉट करणे आवश्यक आहे.
3. इन्स्ट्रुमेंट प्रारंभी स्टेशन P वर सेट केले जाते. हे तात्पुरते समायोजन थियोडोलाइटनुसार केंद्रीत आणि समतल आहे.
4. सुरुवातीला व्हर्नियर A  $0^{\circ}$  वर सेट केला जातो आणि अशा प्रकारे व्हर्नियर B  $180^{\circ}$  वर सेट केला जातो. अचूक उत्तर दिशा चिन्हांकित करण्यासाठी ट्रफ कंपास थियोडोलाइटवर ठेवला जातो. येथे प्रारंभिक वाचन  $0^{\circ}$  आणि  $180^{\circ}$  आहे.

5. चुंबकीय बेअरिंग प्रारंभिक रेषेचे आहे PQ थिओडोलाइटद्वारे मोजले जाते.
6. पुन्हा व्हर्नियर A वर रीडिंग  $0^\circ$  सेट केले आहे आणि अशा प्रकारे व्हर्नियर B  $180^\circ$  वर सेट केले आहे.
7. लोअर क्लॅम्प स्कू टेलिस्कोपचे बंद ठेवून पॉइंट T वरील रेंजिंग रॉडकडे निर्देशित केले जाते.
8. वरचा क्लॅम्प स्कू सैल करा दुर्बिणीला बिंदू Q कडे घड्याळाच्या दिशेने वळवा. व्हर्नियरवरील रीडिंग नोंदवले आहे.
9. इन्स्ट्रुमेंटचा (उपकरण) फेस बदलून तीच पद्धत अवलंबली जाते.
10. दोन रीडिंगचा मध्य (mean) समाविष्ट कोन A चे अचूक मूल्य असेलकोन P.
11. तत्सम पद्धतीने गणना केलेल्या इतर स्थानकांचा कोन समाविष्ट केला आहे.



आकृती 3.7

➤ अंकगणितीय तपासणी (algebraic check) -

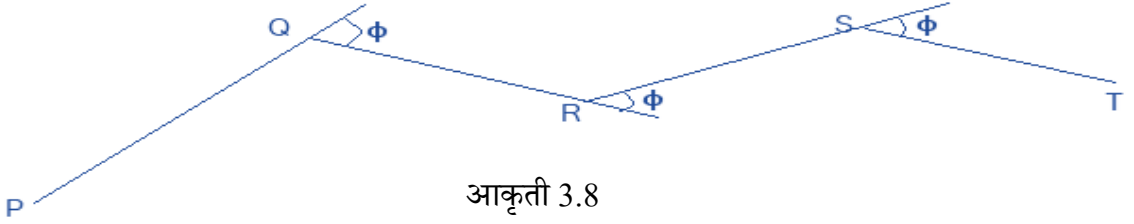
$(2n-4) \times 90^\circ$  - अंतर्गत कोनाची बेरीज

जेथे; n बंद ट्रॅव्हर्सच्या बाजूंची संख्या

### 3.7.2 विक्षेपण कोन (Deflection Angle) पद्धत

ओपन ट्रॅव्हर्सचे ट्रॅव्हर्सिंग हे विक्षेपण कोनाच्या पद्धतीने केले जाते.

1. समजा ओपन ट्रॅव्हर्स PQRST प्लॉट करणे आवश्यक आहे.
2. इन्स्ट्रुमेंट स्टेशन P वर सेट केले आहे. ते थिओडोलाइटच्या तात्पुरत्या समायोजनानुसार केंद्रीत आणि समतल आहे.
3. PQ चे चुंबकीय बेअरिंग नेहमीच्या पद्धतीने मोजले जाते.
4. सुरुवातीला व्हर्नियर A वर रीडिंग  $0^\circ$  वर सेट केले जाते आणि B  $180^\circ$  वर सेट केले जाते.
5. लोअर क्लॅम्पसैल करा दुर्बिणीला रेंजिंग रॉड P कडे वळवा. येथे  $180^\circ$  चे प्रारंभिक रीडिंग आहे.
6. दुर्बिणीचे ट्रॅझिट करा आणि R बिंदूवर घड्याळाच्या दिशेने वळवून. व्हर्नियरवर रीडिंग नोंद करा.
7. इन्स्ट्रुमेंटचा फेस बदलला आहे आणि सारखी प्रक्रिया करून या रीडिंगची सरासरी काढून अंतिम विक्षेपण कोन असेल. अशाच पद्धतीने इतर विक्षेपण कोन मोजले जातात.



### 3.8.1 क्लोज्ड ट्रॅव्हर्समध्ये लागू केलेले ताळा (Checks)

- सर्व मोजलेल्या कोनांची बेरीज  $(2N-4) \times 90^\circ$  सारखी असावी;  
जेथे N= क्लोज्ड ट्रॅव्हर्सच्या बाजूंची संख्या.
- सर्व गणना केलेल्या बाह्य कोनांची बेरीज  $(2N+4) \times 90^\circ$  इतकी असावी;  
जेथे N= क्लोज्ड ट्रॅव्हर्सच्या बाजूंची संख्या.
- सर्व विक्षेपण (Deflection) कोनांची बेरीज  $360^\circ$  इतकी असावी.
- क्लोज्ड ट्रॅव्हर्सच्या शेवटच्या ओळीचे फोर बेअरिंग पहिल्या स्टेशनवर मोजलेल्या बॅक बेअरिंग + किंवा  $- 180^\circ$  सारखे असावे.

### 3.8.2 ओपन ट्रॅव्हर्समध्ये लागू केलेले ताळा (Checks)

- लांब आणि अचूक ओपन ट्रॅव्हर्ससाठी, योग्य अंतराने खगोलशास्त्रीय निरीक्षणांद्वारे (astronomical observation) कोनीय त्रुटी निर्धारित केली जाते.
- तात्पुरते क्लोज्ड ट्रॅव्हर्स करण्यासाठी प्रवेशयोग्य स्थानकांवर योग्य कट-ऑफ लाइन घेतल्या जातात. मग या कट ऑफ लाईन्सच्या पुढच्या आणि मागच्या बियरिंग्समधील फरक  $180^0$  असावा.
- कोणत्याही विशिष्ट स्टेशनवरून जोडणाऱ्या रेषा शीटवर प्लॉट केल्या जातात. मग सर्व त्या विशिष्ट स्थानकावरून जात असल्याची खात्री करून या रेषाचे बेअरिंग तपासले जाते.

### 3.9. ट्रॅव्हर्स सर्वेक्षण:

थिओडोलाइटद्वारे क्षैतिज समांतर कोन मोजणे सोयीस्कर असल्याने घड्याळाच्या विरुद्ध दिशेने असलेल्या ट्रॅव्हर्सचा विचार करा. थिओडोलाइट ट्रॅव्हर्स आतील कोन किंवा बियरिंगनुसार प्लॉट केलेले नाहीत. बिंदूचे लॅटीटूड आणि डीपार्चर (सलग समन्वय) (**Consecutive Coordinates**) आणि नंतर बिंदूचे स्वतंत्र निर्देशांक (**Independent Coordinates**) शोधून हे प्लॉट केले जाते. रेषेचा लॅटीटूड उत्तर-दक्षिण रेषेच्या समांतर मोजला जातो आणि रेषेचा डीपार्चर पूर्व-पश्चिम रेषेच्या समांतर मोजला जातो.

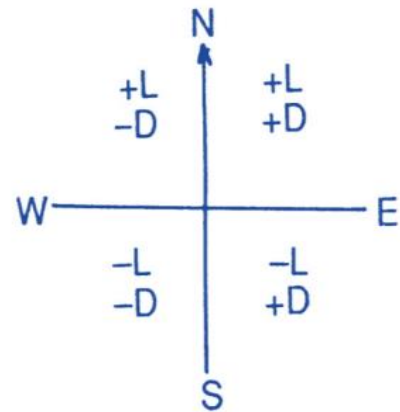
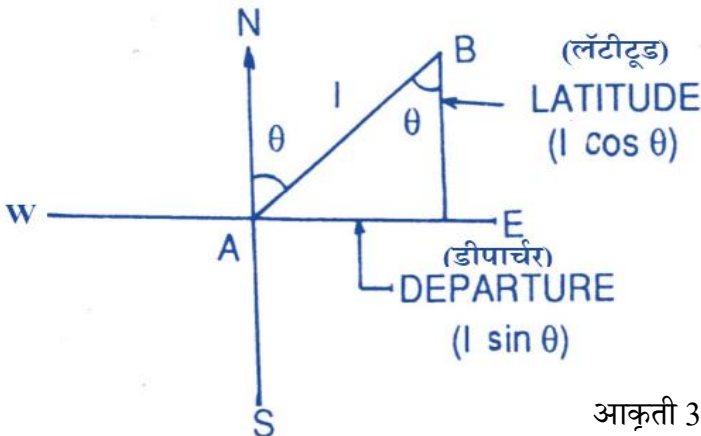
रेषांचे लॅटीटूड आणि डीपार्चर खालील प्रकारे व्यक्त केले आहे.

नॉर्थिंग = उत्तर दिशेने लॅटीटूड = + L

साउथिंग = दक्षिणेकडे लॅटीटूड = - L

ईस्टिंग = पूर्वेकडे डीपार्चर = + D

वेस्टिंग = पश्चिमेकडे डीपार्चर = - D



आकृती 3.9

### 3.10 उदाहरण सोडवा

उदाहरण 3.1:रेखा PQ ची लांबी आणि बेअरिंग शोधा, P आणि Q या दोन बिंदूचे समन्वय (Coordinates) दिले आहेत -

पॉइंट	समन्वय	
	Northing	Easting
P	975.50	830.20
Q	1189.70	579.30

उत्तर:- समाजा रेखा PQ ची लांबी l आहे आणि  $\theta$  ही रेखा PQ रेडूस बेअरिंग (reduced bearing) आहे.

- PQ चे लॅटीटूड काढण्या करीता P आणि Q च्या उत्तर कोऑर्डिनेट्समधील फरक काढू.  
PQ चे लॅटीटूड = 1189.70 - 975.5 = +214.20
- PQ चे डीपार्चर काढण्या करीता P आणि Q च्या पूर्व को-ऑर्डिनेट्समधील फरक काढू.  
PQ चे डीपार्चर = 579.30 - 830.20 = -250.90
- रेखा PQ ची ( $\theta$ ) रेडूस बेअरिंग काढण्या करीता खालील सूत्र वापरू

$$\tan \theta = \frac{\text{डीपार्चर}}{\text{लॅटीटूड}}$$

$$\tan \theta = \frac{250.90}{214.20}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{250.90}{214.20} \right)$$

$$\theta = 46^\circ 7' 45.25''$$

लॅटीटूड +ve असल्याने आणि डीपार्चर -ve असल्याने PQ रेखा चौथ्या (N.W.) चतुर्थांशात आहे. रेडूस बेअरिंग (reduced bearing) बेअरिंग N 46<sup>0</sup>7 '45.25" W आहे

- रेखा PQ ची लांबी l काढण्या करीता खालील सूत्र वापरू

$$\text{लांबी} = \sqrt{(\text{लॅटीटूड})^2 + (\text{डीपार्चर})^2}$$

$$\text{लांबी} = \sqrt{(214.20)^2 + (250.90)^2}$$

$$\text{लांबी} = 329.89$$



उदाहरण 3.2: ट्रॅव्हर्स ABCD ची लांबी आणि बेअरिंग खालीलप्रमाणे आहेत. 'DA' रेषेची लांबी आणि बेअरिंग मोजा.

रेषा	मीटर मध्ये लांबी	बेअरिंग
AB	258.0	30 <sup>0</sup>
BC	321.0	140 <sup>0</sup>
CD	180.0	210 <sup>0</sup>

उत्तर

रेषा	मीटर मध्ये लांबी	बेअरिंग	लॅटीटूड	डीपार्चर
AB	258.0	30 <sup>0</sup>	223.43	129.00
BC	321.0	140 <sup>0</sup>	-245.33	206.33
CD	180.0	210 <sup>0</sup>	-155.88	90.00
DA	?	?	L	D
			$\Sigma=L-177.78$	$\Sigma=D+245.33$

बंद ट्रॅव्हर्ससाठी  $\Sigma$  लॅटीटूड = 0,  $\Sigma$  डीपार्चर = 0.

$$L-177.78=0 \text{ म्हणून } L = 177.78$$

त्याच प्रमाणे  $D+245.33 = 0$  म्हणून  $D = -245.33$

➤ रेषा DA ची ( $\theta$ ) रेडस बेअरिंग काढण्या करीता खालील सूत्र वापरू

$$\tan \theta = \frac{\text{डीपार्चर}}{\text{लॅटीटूड}}$$

$$\tan \theta = \frac{245.33}{177.78}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{245.33}{177.78} \right)$$

$$\theta = 54^{\circ} 4' 14.83''$$

➤ रेषा PQ ची लांबी 1 काढण्या करीता खालील सूत्र वापरू

$$\text{लांबी} = \sqrt{(\text{लॅटीटूड})^2 + (\text{डीपार्चर})^2}$$

$$\text{लांबी} = \sqrt{(245.33)^2 + (177.78)^2}$$

$$\text{लांबी} = 302.97$$

उदाहरण 3.3: बंद ट्रॅव्हर्सचे लॅटीटूड आणि डीपार्चर खालील प्रमाणे आहे . ट्रॅव्हर्सच्या बिंदूचे स्वतंत्र समन्वय (Independent Coordinates) शोधा:

रेषा	उत्तर	दक्षिण	पूर्व	पश्चिम
PQ	-	182.83	313.12	-
QR	244.72	-	470.12	-
RS	495.17	-	-	381.34
ST	-	268.99	-	388.46
TP	-	288.27	-	13.44

उत्तर

रेषा	उत्तर (लॅटीटूड)	पूर्व (डीपार्चर )	इंडिपेंडेंट कॉर्डिनेट	
			उत्तर	पूर्व
PQ	-182.83	313.12	200	100
QR	244.72	470.12	17.17	413.12
RS	495.17	-381.34	261.89	883.24
ST	-268.99	-388.46	757.06	501.9
TP	-288.27	-13.44	488.7	133.44
			200	100

उदाहरण 3.4: बंद ट्रॅव्हर्स ABCDEचे अंतर्गत कोन खालीलप्रमाणे आहेत:

$$\angle A - 78^\circ 40' 15''$$

$$\angle B - 104^\circ 45' 20''$$

$$\angle C - 85^\circ 35' 40''$$

$$\angle D - 150^\circ 40' 30''$$

$$\angle E - 120^\circ 18' 15''$$

जर रेखा ABचे निरीक्षण केलेले बेअरिंग  $220^\circ 25' 30''$  असेल तर उर्वरित बेअरिंगची गणना करा

उत्तर: उदाहरणमध्ये AB चे बेअरिंग  $220^\circ 25' 30''$  दिल्या प्रमाणे

AB चे बेअरिंग  $220^\circ 25' 30''$

$$+\angle B \quad 104^\circ 45' 20''$$

$$325^\circ 10' 50''$$

$$-180^\circ.$$

BC चे बेअरिंग  $145^\circ 10' 50''$

$$+\angle C \quad 85^\circ 35' 40''$$

$$230^\circ 46' 30''$$

$$-180^\circ.$$

CDचे बेअरिंग  $50^\circ 46' 30''$

$$+\angle D \quad 150^\circ 40' 30''$$

$$201^\circ 27' 00''$$

$$-180^\circ.$$

DEचे बेअरिंग  $21^\circ 27' 00''$

$$+\angle E \quad 120^\circ 18' 15''$$

$141^\circ 45' 15''$

$$+180^\circ.$$

EA चे बेअरिंग  $321^\circ 45' 15''$

$$+\angle A \quad 78^\circ 40' 15''$$

$400^\circ 25' 30''$

$$-180^\circ.$$

AB चे बेअरिंग  $220^\circ 25' 30''$  म्हणून बरोबर.

उदाहरण 3.5. खालील निरीक्षणासाठी दुरुस्त केलेल्या सलग समन्वयाची (Consecutive Coordinates) गणना करा. (बोडिच नियम लागू करा)

रेषा	लांबी	सलग समन्वयाची (Consecutive Coordinates)			
		N	S	E	W
PQ	250	107.97	-	3.77	-
QR	123	14.39	-	249.57	-
RS	256	-	122.94	4.12	-
SP	108	0	-	-	256.00

उत्तर:

रेषा	लांबी	सलग समन्वयाची (Consecutive Coordinates)			
		N	S	E	W
PQ	250	107.97	-	3.77	-
QR	123	14.39	-	249.57	-
RS	256	-	122.94	4.12	-
SP	108	0	-	-	256.00
	$\Sigma=737$	$\Sigma 122.36$	$\Sigma 122.94$	$\Sigma 257.46$	$\Sigma 256.00$
		$\Sigma$ लॅटीटूड $=122.36-122.94=-0.58$		$\Sigma$ डीपार्चर $=257.46-256.00=+1.46$	

लॅटीटूड मध्ये एकूण त्रुटि  $= -0.58$

डीपार्चर मध्ये एकूण त्रुटि  $= +1.46$

ट्रॅव्हर्सची परिमिती  $= 737$

बोडिच (Bowditch's) नियम = लॅटीटूड किंवा डीपार्चर मध्ये एकूण त्रुटी  $\times$   $\frac{\text{बाजूची लांबी}}{\text{ट्रॅव्हर्सची परिमिती}}$

#### ➤ लॅटीटूडमध्ये सुधार

$$\text{रेषा PQ मधील सुधार} = 0.58 \times \frac{250}{737} = 0.1967$$

$$\text{रेषा QR मधील सुधार} = 0.58 \times \frac{123}{737} = 0.0968$$

$$\text{रेषा RS मधील सुधार} = 0.58 \times \frac{256}{737} = 0.2015$$

$$\text{रेषा SP मधील सुधार} = 0.58 \times \frac{108}{737} = 0.085$$

$$\begin{aligned}
 \text{PQ सुधारित लॅटीटूड} &= 107.97 + 0.1967 = 108.17 \\
 \text{QR सुधारित लॅटीटूड} &= 14.39 + 0.0968 = 14.487 \\
 \text{RS सुधारित लॅटीटूड} &= -122.94 + 0.2015 = -122.7 \\
 \text{SP सुधारित लॅटीटूड} &= 0 + 0.085 = 0.085
 \end{aligned}$$

➤ डीपार्चर मध्ये सुधार

$$\text{रेषा PQ मधील सुधार} = 1.46 \times \frac{250}{737} = 0.495$$

$$\text{रेषा QR मधील सुधार} = 1.46 \times \frac{123}{737} = 0.244$$

$$\text{रेषा RS मधील सुधार} = 1.46 \times \frac{256}{737} = 0.507$$

$$\text{रेषा SP मधील सुधार} = 1.46 \times \frac{108}{737} = 0.214$$

$$\begin{aligned}
 \text{PQ सुधारित डीपार्चर} &= 3.77 - 0.495 = 3.2747 \\
 \text{QR सुधारित डीपार्चर} &= 249.57 - 0.244 = 249.33 \\
 \text{RS सुधारित डीपार्चर} &= 4.12 - 0.507 = 3.6129 \\
 \text{SP सुधारित डीपार्चर} &= -256 - 0.214 = -256.2
 \end{aligned}$$

		सलग समन्वयाची (Consecutive Coordinates)		सुधार		सुधारित सलग समन्वयाची ( Corrected Consecutive Coordinates)	
रेषा	लांबी	लॅटीटूड	डीपार्चर	लॅटीटूड	डीपार्चर	लॅटीटूड	डीपार्चर
PQ	250	107.97	3.77	0.1967	0.495	<b>108.17</b>	<b>3.2747</b>
QR	123	14.39	249.57	0.0968	0.244	<b>14.487</b>	<b>249.33</b>
RS	256	-122.94	4.12	0.2015	0.507	<b>-122.7</b>	<b>3.6129</b>
SP	108	0	-256.00	0.085	0.214	<b>0.085</b>	<b>-256.2</b>
				$\Sigma=0.58$	$\Sigma= -1.46$	$\Sigma=0$	$\Sigma=0$

**संदर्भ (Reference)**

<b>Sr. No</b>	<b>Author</b>	<b>Title</b>	<b>Publisher with ISBN Number</b>
1	Kanetkar T. P.; Kulkarni, S. V.	Surveying and Levelling volume I	Pune Vidyarthi Gruh Prakashan, Pune;ISBN:978-81-858-2511-3
2	Basak, N. N.	Surveying and Levelling	McGraw Hill Education, New Delhi ISBN93-3290-153-8
3	S. K. Duggal	Survey I	McGraw Hill Education, New Delhi, ISBN:978-00-701-5137-6
4	Punmia, B.C, Jain, Ashok KumarJain, Arun Kumar	Surveying I	Laxmi Publications., New Delhi. ISBN: 8- 17-008853-4
5	Bhavikatti, S. S.	Surveying and Levelling, Volume 1	I. K. International, New Delhi ISBN: 978- 81-906-9420-9

## घटक 4

## लेव्हलिंग आणि कॉन्टूरिंग.

**विषय निष्पत्ती (Course Outcome):** दिलेल्या भूप्रदेशासाठी समोच्च नकाशे तयार करण्यासाठी कमी पातळी निश्चित करा

**सिद्धांत शिक्षण परिणाम (Theory Learning Outcome):**

1. लेव्हल सरफेस, लेव्हल रेषा, क्षैतिज आणि उभ्या पृष्ठभाग, डेटा, बेंच मार्क्स- GTS, कायमस्वरूपी, अनियंत्रित आणि तात्पुरती, कमी पातळी, कोलिमेशनची रेषा, मागील दृष्टी, समोरची दृष्टी, मध्यवर्ती दृष्टी, बदल बिंदू, उपकरणांची उंची या संज्ञा स्पष्ट करा
2. दिलेल्या लेव्हलिंग उपकरणांचे बांधकाम त्याच्या मूक वैशिष्ट्यांसह स्पष्ट करा.
3. डम्पी लेव्हल चे तात्पुरते समायोजन स्पष्ट करा.
4. सर्वेक्षणाची संबंधित पद्धत वापरून दिलेल्या स्टेशनच्या कमी केलेल्या पातळीची गणना करा.
5. उदाहरणांसह लेव्हलिंगच्या संबंधित प्रकारांचे समर्थन करा.
6. दिलेल्या टोपोग्राफी प्रकारासाठी समोच्च नकाशांचा अर्थ लावा.
7. दिलेल्या भूभागासाठी समोच्च वैशिष्ट्यांचे वर्णन करा.

**4.1 लेव्हलिंग व्याख्या-** ही डेटामसाठी (Datum) निर्दिष्ट सापेक्ष बिंदूची (Point) उंची मोजण्यासाठी सर्वेक्षणाची एक शाखा (Branch) आहे.

सपाटीकरणाची उद्दिष्टे-

1. जमिनीच्या पृष्ठभागाचा (Land Surface) किंवा समुद्राच्या (Sea Surface) पृष्ठभागाचा काउंटर मॅप बनवण्यास हे सर्वेक्षकास (Surveyor) मदत करते.
2. हे सर्वेक्षकांना जमिनीची पातळी (Level) घालण्यास मदत करते ज्यावर ते इमारत बांधू शकतात.
3. हे पाईप वाहतूक अभियंत्यांना जमिनीचा योग्य उतार (Slope) सुनिश्चित करण्यास मदत करते ज्यामुळे द्रवाची (Liquid) सहज हालचाल (Movement) होऊ शकते.

**समतल करण्याचे उद्दिष्ट (Objects च्या Levelling):-**

1. विद्यार्थ्यांना इन्स्ट्रुमेंट(Equipment's) सेट करण्याचा आणि त्यासोबत काम करण्याचा अनुभव असण्यासाठी आणि संबंधित फील्ड (Field) कामाचा डेटा संकलित करण्यासाठी.
2. लेव्हलिंग प्रक्रियेमध्ये विद्यार्थ्यांचे ज्ञान वाढवणे.
3. प्रत्येक स्टेशनची कमी झालेली पातळी (Level) मोजण्यासाठी.

**4.1.1 लेव्हलिंगमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या मूलभूत संज्ञा-**

1. लेव्हलिंग: ही डेटामसाठी (Datum) निर्दिष्ट सापेक्ष बिंदूची उंची मोजण्यासाठी सर्वेक्षणाची एक शाखा (Branch) आहे.
2. अनुलंब रेषा (Vertical Line) : प्लंब लाइन (Plumb Line) वापरून दर्शविल्याप्रमाणे गुरुत्वाकर्षणाच्या स्थानिक (Local Direction च्या Gravity) दिशेचे अनुसरण करणारी रेषा.
3. क्षैतिज रेषा (Horizontal Line): क्षैतिज समतल रेषा (Line in Horizontal Plane). सर्वेक्षणात, ही स्थानिक उभ्या पृष्ठभागावर (Local Surface) लंब (Perpendicular) असलेली रेषा आहे.

**लेव्हल पृष्ठभाग:** वक्र पृष्ठभाग (Curved) जो प्रत्येक बिंदूवर स्थानिक प्लंब लाइनला (Local Plumb Line) लंब (Perpendicular) असतो. प्लंब लाइन म्हणजे गुरुत्वाकर्षण (Gravity) ज्या दिशेने कार्य करते. लेव्हल पृष्ठभाग (Local Surface) आकारात अंदाजे गोलाकार (Spheroidal) असतात. सपाट पृष्ठभागाचे सामान्य (Level Surface) उदाहरण म्हणजे स्थिर पाण्याचे शरीर (Body च्या still water).

**लेव्हल लाइन (Level Line):** लेव्हल पृष्ठभागामध्ये (Level Surface) ती वक्र रेषा (Curved Line) असते.

**डेटाम (Datum):** हा पृष्ठभागा (Surface Level) वरील संदर्भ बिंदूचा (Reference point) एक संच (Set) आहे, त्याचा वापर करून खोली आणि उंची मोजली जाते. जिओइड (Geoid) ही एक विशिष्ट पातळीची पृष्ठभाग (Particular Level Surface) आहे जी सर्व उंची (Elevation) आणि खगोलशास्त्रीय (Astronomical) निरीक्षणांसाठी डेटाम म्हणून काम करते.

**मीन सी लेव्हल(Mean Sea Level):** हे पूर्वी मोजमापांसाठी डेटाम (Datum) लाइन म्हणून वापरले जात असे.



**अनुलंब डेटाम (Vertical Datum):** हे उंचीसाठी संदर्भ बिंदू (Reference point) म्हणून वापरले जाते आणि ती अशी पृष्ठभाग आहे जी अनियंत्रितपणे शून्याची उंची नियुक्त (Arbitrarily Assigned an Elevation zero) केली जाते. या समतल पृष्ठभागाला (Level Surface) संदर्भ डेटाम (Reference Datum) म्हणून देखील ओळखले जाते कारण या अनुलंब डेटामचा वापर करून अनेक उंची या पृष्ठभागाशी संबंधित आहेत.

**4.1.2 बेंचमार्क (BM):** एक तुलनेने कायमस्वरूपी (Relatively Permanent) वस्तू (Object), नैसर्गिक किंवा कृत्रिम (Natural or Artificial) ज्यामध्ये चिन्हांकित बिंदू (Marked Point) आहे ज्याची उंची संदर्भ माहितीच्या वर किंवा खाली आहे (Elevation Above or Below the Datum). ज्ञात कॉंक्रीटमध्ये मेटल डिस्क सेट करणे ही सामान्य उदाहरणे आहेत.

#### 4.1.3 बेंच मार्क्सचे प्रकार

1. G.T.S. बेंच मार्क्स
2. कायम बेंच मार्क्स (Permanent Bench Mark)
3. अनियंत्रित बेंच मार्क (Arbitrary Bench Mark)
4. तात्पुरते बेंच मार्क्स (Temporary Bench Mark)

#### 1) G.T.S. बेंच मार्क्स (महान त्रिकोणमितीय सर्वेक्षण C बेंच मार्क्स):

- 1) हे बेंच मार्क्स पाकिस्तानातील कराची येथे शून्य पातळी मानल्या जाणाऱ्या समुद्र पातळीच्या (Mean sea level) संदर्भात अत्यंत अचूकतेने संपूर्ण देशभरात भारतीय विभागाच्या (Indian Department) सर्वेक्षणाद्वारे स्थापित केले जातात.
- 2) G.T.S ची पदे बेंच मार्क्स आणि एलिव्हेशनस G.T.S वर दर्शविले आहेत. भारतीय सर्वेक्षण विभागाने (Indian Department) प्रकाशित (published) केलेले नकाशे.
- 3) G.T.S च्या संदर्भात समतलीकरणाचे काम केले जाते. बेंच मार्क्स समुद्रसपाटीच्या मानाने बिंदूची उंची देतात.

**2) कायम बेंच मार्क्स:**

- 1) हे G.T.S च्या संदर्भात स्थापित केलेले कायमचे संदर्भ बिंदू आहेत. ब्रिज पॅरापेट्स, कल्व्हर्ट, विहीर, कोणत्याही सरकारी इमारतींचा प्लिंथ यासारख्या कायमस्वरूपी वस्तूवर बेंच मार्क.
- 2) या बेंच मार्कचे स्थान आणि कमी केलेली पातळी सामान्यतः स्थायी वस्तूच्या वर चिन्हांकित केली जाते.

**3) अनियंत्रित बेंच मार्क्स:**

- 1) जेव्हा लहान सामान्य सपाटीकरणाचे काम करावयाचे असेल किंवा ज्या ठिकाणी सर्वेक्षण केले जाणार आहे त्या ठिकाणी कायमस्वरूपी बेंच मार्क्स नसतील तेव्हा सपाटीकरणाचे काम सुरु करण्यासाठी प्लिंथ किंवा इमारतीच्या पायऱ्या इत्यादी ठळक वस्तू बेंच 7 मार्क म्हणून निवडले जाते आणि त्याची उंची अनियंत्रितपणे गृहीत धरली जाते.
- 2) या प्रकारच्या सपाटीकरणाच्या कामात प्राप्त झालेल्या बिंदूची उंची ही अनियंत्रित बेंच मार्कच्या संदर्भात उंची असते आणि समुद्रसपाटीपासूनची उंची B.M च्या उंचीच्या संदर्भात नाही. अनियंत्रितपणे गृहीत धरले जाते.

**4) तात्पुरते बेंच मार्क्स:**

- 1) मोठ्या प्रकल्पांचे सर्वेक्षण साधारणपणे अनेक दिवस सुरु असते. म्हणून दिवसाच्या शेवटी, जेव्हा त्या दिवसासाठी सपाटीकरणाचे काम थांबवावे लागते, तेव्हा कोणतीही कायमस्वरूपी वस्तू निवडली जाते ज्यावर दुसरा दिवस. मग या प्रकारचे बेंच मार्क निवडलेले काम थांबवले जाते आणि पुढे सुरु केले जाऊ शकते म्हणून ओळखले जाते.
- 2) या तात्पुरत्या बेंच मार्कच्या संदर्भात, तात्पुरते बेंच मार्क्स. काम दुसऱ्या दिवशी पुढे केले जाते.

**4.1.4 लेव्हलिंग ऑपरेशनमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या महत्त्वाच्या अटी**

1. **बॅक साईट (बीएस):** हे एलिव्हेशनच्या बिंदूवर घेतलेले पहिले वाचन आहे.
2. **फोर साईट (एफएस):** इन्स्ट्रुमेंट हलवण्यापूर्वी एका बिंदूवर घेतलेले हे शेवटचे वाचन आहे. सामान्यतः तो बिंदू असतो ज्याची उंची मोजली जाते.

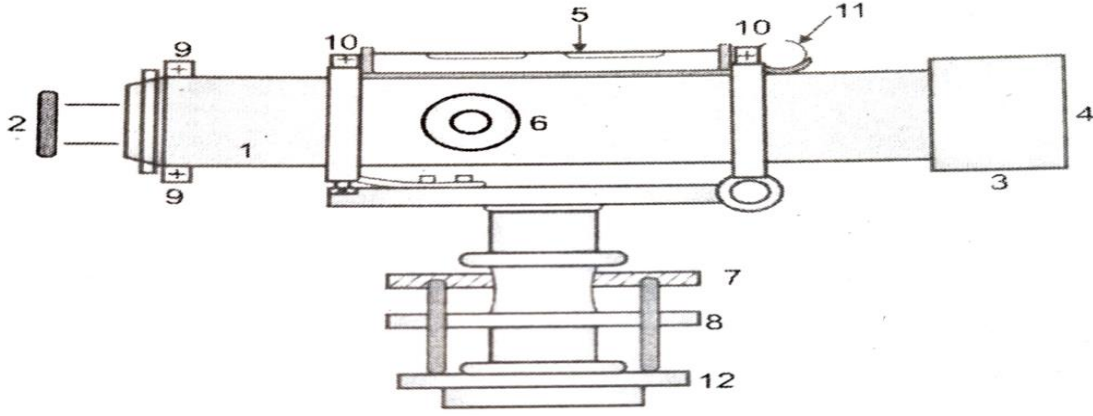
3. **लाईन ऑफ साईट/लाइन ऑफ कोलिमेशन** : ही ऑब्जेक्ट लेन्सच्या ऑप्टिकल सेंटरमधून जाणारी रेषा आहे आणि तिचे क्रॉस केस आणि आयपीसच्या दिशेने पुढे जाणारी आणि जाड डोळ्याच्या तुकड्यात प्रवेश करणारी रेषा आहे.
4. **चेंज पॉइंट (C.P.)**: हा एक पॉइंट आहे ज्यावर पुढची आणि मागची दृष्टी घेतली जाते. जेव्हा इन्स्ट्रुमेंट एका स्थानावरून दुसऱ्या स्थानावर हलवायचे असते तेव्हा असे बिंदू लेव्हलिंग ऑपरेशन्समध्ये घेतले जातात आणि या बिंदूचे R.L. अचूकपणे निर्धारित केले जातात. सपाटीकरण प्रक्रियेदरम्यान काही वेळा दुर्बिणीच्या श्रेणीमुळे किंवा देशाच्या स्थलाकृतिमुळे वाचन शक्य होत नाही. अशा परिस्थितीत शेवटच्या कर्मचाऱ्यांच्या स्थानाच्या संदर्भात, साधन नवीन स्थानावर हलविले जाते आणि समतल करणे चालू ठेवले जाते. बदलाचा बिंदू कोणत्याही स्थिर, चांगल्या प्रकारे परिभाषित केलेल्या वस्तू जसे की सीमा दगड, रेल्वे, खडक, किलोमीटरचे दगड, प्लिंथ इत्यादींवर देखील घेतले जाते. त्याला टर्निंग पॉइंट किंवा शिफ्टिंग पॉइंट (TP किंवा SP) असेही म्हणतात
5. **इन्स्ट्रुमेंटची उंची (H.L.)**: जेव्हा इन्स्ट्रुमेंट योग्यरित्या समतल केले जाते तेव्हा ते डेटामच्या संदर्भात समतलतेच्या समतलतेची उंची (R.L.) असते. याचा अर्थ दुर्बिणीच्या मध्यभागी पातळी जिथे उभी आहे त्या जमिनीच्या वरची उंची नाही.

#### 4.2 लेव्हल चे प्रकार-

खालील स्तरांचे प्रकार आहेत:

- a) **डम्पी पातळी (Dumpy Level)** - मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे डम्पी लेव्हल सामान्यतः कॉम्पॅक्ट आणि स्थिर प्रकारचे साधन असल्याने लेव्हलिंग कामासाठी वापरली जाते. डम्पी लेव्हलचा उद्देश ऍडजस्टमेंट झाल्यानंतर क्षैतिज दृष्टी प्रदान करणे आहे.

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1. बबल ट्यूब           | 7. आय पीस              |
| 2. फोकसिंग स्कू        | 8. डोके समतल करणे      |
| 3. बाजूकडील बबल ट्यूब  | 9. दुर्बिणी            |
| 4. रे शेड              | 10. लेव्हलिंग फूट स्कू |
| 5. अनुलंब आणि आडवे केस | 11. बेस प्लेट          |
| 6. डायाफ्राम           |                        |



- डम्पी लेव्हल सर्व्हेचे फायदे-

डम्पी लेव्हल हे सर्वेक्षणात मोठ्या प्रमाणावर वापरले जाणारे सर्वेक्षण साधन आहे. डम्पी लेव्हल इतके लोकप्रिय करणारे फायदे खाली दिले आहेत.

1. कमी जंगम भागांसह साधे बांधकाम.
2. कमी ऍडजस्टमेंट करायच्या आहेत.
3. डम्पी पातळीच्या कडकपणामुळे, ते बर्याच काळासाठी त्याचे दोन समायोजन राखून ठेवते.
4. उच्च ऑप्टिकल शक्ती.

- डम्पी लेव्हल सर्व्हेचे तोटे-

डम्पी पातळीच्या काही मर्यादा किंवा तोटे आहेत त्या मर्यादा खाली दिल्या आहेत.

1. स्थापत्य अभियंत्यांना अचूक मोजमाप करण्यात अडचण येऊ शकते.
2. वापरण्यात अडचण

**b) ऑटो लेव्हल (Auto Level)**

ऑटो लेव्हल हे सर्वेक्षणात वापरले जाणारे लेव्हलिंग इन्स्ट्रुमेंट आहे. ऑटो लेव्हलच्या वापराच्या सुलभतेमुळे ते सर्वेक्षकांमध्ये लोकप्रिय झाले आहे. ऑटो लेव्हलचे प्रमुख फायदे आणि तोटे खाली दिले आहेत.

- ऑटो लेव्हलचे फायदे

1. स्वयं स्तर वापरण्यास अतिशय सोपे आहे.

2. स्वयं स्तरावर कर्मचारी वाचनासाठी कोणतेही समायोजन आवश्यक नाही कारण प्रत्यक्ष वाचन आयपीसमधून पाहिले जाते.
3. बबल कोणत्याही बाजूला आणि कोणत्याही पासून समायोजित केले जाऊ शकते उपलब्ध कोणत्याही 3 स्क्रूसह कोन.
4. ऑटो लेव्हलमध्ये अंतर्गत भरपाई देणारी यंत्रणा आहे जी आपोआप दृष्टीची रेषा समायोजित करते.
5. ऑटो लेव्हलची मापन अचूकता जास्त आहे.
6. ऑटो लेव्हलचे परिणाम खूप विश्वासाहार्ह आहेत.
7. ऑटो लेव्हलचा वापर सुलभतेने वेळ आणि पैसा वाचतो.
8. ऑटो लेव्हलची किंमत कमी आणि परवडणारी आहे.

● **ऑटो लेव्हलचे तोटे**

1. अनुलंब कोन मोजता येत नाहीत.
2. क्षैतिज कोन स्वयं पातळी मध्ये मोजली जाते फार अचूक नाही.

c) **डिजिटललेव्हल (Digital Level)** - विशेष बार-कोडेड कर्मचारी वाचनाचे मूल्यमापन करण्यासाठी डिजिटल स्तर इलेक्ट्रॉनिक प्रतिमा प्रक्रिया वापरतात. हा बार-कोडेड पॅटर्न इन्स्ट्रुमेंटमधील डिजिटल इमेज मॅचिंग प्रक्रियेचा वापर करून उंची आणि अंतर मूल्यांमध्ये रूपांतरित केला जातो.

● **डिजिटल लेव्हलचे फायदे-**

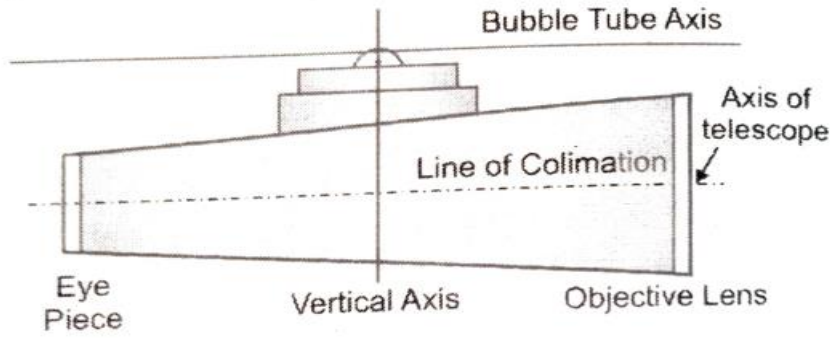
1. कोलिमेशन त्रुटी सुधारणे: चार एकात्मिक तपासा आणि समायोजन प्रक्रिया वापरून विश्वासाहार्हपणे निर्धारित आणि जतन केले जाऊ शकते किंवा ते व्यक्तिचलितपणे प्रविष्ट केले जाऊ शकते.
2. मानवी त्रुटी कमी करा : थकवा-मुक्त निरीक्षण कारण निरीक्षकाद्वारे व्हिज्युअल कर्मचारी वाचन आवश्यक नाही.
3. वाचण्यास सुलभ, परिणामांचे डिजिटल प्रदर्शन असलेले वापरकर्ता अनुकूल मेनू.
4. पृथ्वी वक्रता सुधारणा: केलेले माप आपोआप पृथ्वीच्या वक्रतेच्या प्रभावापासून मुक्त असतात.
5. ऑटोमेशनमुळे सातत्यपूर्ण अचूकता आणि विश्वासाहार्हतेचे मापन.
6. स्वयंचलित डेटा स्टोरेज बुकिंग आणि त्याच्याशी संबंधित त्रुटी काढून टाकते.
7. आम्ही कमी प्रकाशात काम करू शकतो.

8. जलद, आर्थिक सर्वेक्षणामुळे वेळेची बचत होते (निर्मात्यांनी 50% पर्यंत कमी प्रयत्नांचा दावा केला आहे).
9. पातळीच्या स्टोरेज माध्यमावरील डेटा संगणकावर डाउनलोड केला जाऊ शकतो ज्यामुळे विविध उद्देशांसाठी द्रुत डेटा कमी करणे शक्य होते.

#### 4.2.1 डम्पी लेव्हलचे मुख्य / मूलभूत अक्ष-

डम्पी लेव्हलचे मुख्य अक्ष खालीलप्रमाणे आहेत

1. अनुलंब अक्ष
2. बबल ट्यूब अक्ष
3. दुर्बिणीचा अक्ष



योग्यरित्या समायोजित डम्पी लेव्हलमध्ये, मूलभूत ओळींमधील इच्छित संबंध असतात

1. लेव्हल ट्यूबचा अक्ष उभ्या अक्षाला लंब असतो
2. क्षैतिज क्रॉस हेअर उभ्या अक्षाच्या लंब असलेल्या सपाटत पडलेले असावेत, जेणेकरून जेव्हा उपकरण योग्यरित्या समतल केले जाईल तेव्हा ते क्षैतिज समतलात पडतील.
3. दृष्टीची रेषा लेव्हल ट्यूबच्या अक्षाच्या समांतर आहे.
4. दुर्बिणीचा अक्ष उभ्या अक्षाला लंब असतो.

#### 4.2.2 डम्पी लेव्हलचे तात्पुरते समायोजन (Temporary Adjustment च्या Level)-

लेव्हल इन्स्ट्रुमेंटच्या प्रत्येक सेटअपवर, कोणत्याही स्टाफ निरीक्षणापूर्वी तात्पुरते समायोजन करणे आवश्यक आहे. यात काही चांगल्या प्रकारे परिभाषित ऑपरेशन्स समाविष्ट आहेत ज्या योग्य क्रमाने पार पाडणे आवश्यक आहे. डम्पी लेव्हलचे तात्पुरते समायोजन समाविष्ट आहे

1. सेटिंग
2. समतल करणे आणि
3. लक्ष केंद्रित करणे

##### 1. सेटिंग

1. ट्रायपॉड स्टँड हे डोके क्षैतिज (डोळ्याच्या अंदाजाद्वारे) असलेल्या सोयीस्कर उंचीवर स्थापित केले आहे.
2. नंतर उजव्या हाताने यंत्राचा खालचा भाग फिरवून आणि डाव्या हाताने वरचा भाग घट्ट धरून ते वाद्य डोक्यावर स्थिर केले जाते.
3. फिक्सिंग करण्यापूर्वी, ट्रायब्रॅच आणि ट्रायव्हेटमध्ये लेव्हलिंग स्क्रू आणणे आवश्यक आहे.
4. बुल्स आय बबल (गोलाकार बबल), जर असेल तर, ट्रायपॉड पाय समायोजित करून मध्यभागी आणले जाते

##### 2. समतल करणे

इन्स्ट्रुमेंटचा अनुलंब अक्ष खऱ्या अर्थाने उभा करण्यासाठी इन्स्टचे लेव्हलिंग. हे खालील चरण पार पाडून प्राप्त केले जाते:

1. इन्स्ट्रुमेंटचा वरचा भाग फिरवून लेव्हल ट्यूब पायाच्या कोणत्याही दोन स्क्रूला समांतर आणली जाते.
2. पायाचे दोन्ही स्क्रू आतील किंवा बाहेरून फिरवून बबल लेव्हल ट्यूबच्या मध्यभागी आणला जातो. (बबल डाव्या अंगठ्याच्या दिशेने फिरतो.)
3. इन्स्ट्रुमेंटचा वरचा भाग फिरवून लेव्हल ट्यूब पुन्हा तिसऱ्या फूट स्क्रूवर आणली जाते.

4. नंतर तिसरा फूट स्कू आतील किंवा बाहेरून फिरवून बबल पुन्हा लेव्हल ट्यूबच्या मध्यभागी आणला जातो.
5. वर्तुळाच्या समान चतुर्थांश मध्ये इन्स्ट्रुमेंटचा वरचा भाग फिरवून चरण 1 आणि नंतर चरण 2 ची पुनरावृत्ती करा.
6. वर्तुळाच्या समान चतुर्थांश मध्ये इन्स्ट्रुमेंटचा वरचा भाग फिरवून चरण 3 आणि नंतर चरण 4 ची पुनरावृत्ती करा.
7. 5 आणि 6 चरणांची पुनरावृत्ती करा, जोपर्यंत दोन्ही पोलिशन्समध्ये बबल मध्यवर्ती राहते.
8. इन्स्ट्रुमेंटचा वरचा भाग 180° द्वारे फिरवून, लेव्हल ट्यूब पहिल्या दोन फूट स्कूच्या उलट दिशेने समांतर आणली जाते. ऑर्डर जर इन्स्ट्रुमेंट कायमस्वरूपी समायोजनात असेल तर बबल मध्यभागी राहिल.

### 3. लक्ष केंद्रित करणे

1. डायफ्रामच्या समतलावर वस्तुनिष्ठ लेन्सद्वारे प्रतिमा तयार करण्यासाठी आणि डोळ्याच्या तुकड्यातून वस्तूची स्पष्ट प्रतिमा पाहण्यासाठी हे करणे आवश्यक आहे.
2. वस्तुनिष्ठ आणि आय-पीसचे योग्य लक्ष केंद्रित करून पॅरलॅक्स काढून हे केले जात आहे.
3. डोळ्याच्या तुकड्यावर लक्ष केंद्रित करण्यासाठी, दुर्बिणी प्रथम आकाशाकडे किंवा साध्या पांढऱ्या कागदाकडे निर्देशित केली जाते.
4. मग डोळ्याच्या तुकड्याची अंगठी एकतर आत किंवा बाहेर फिरवली जाते जोपर्यंत क्रॉस-हेअर्स तीक्ष्ण आणि वेगळे दिसत नाहीत.
5. डोळ्याच्या तुकड्यावर लक्ष केंद्रित करणे निरीक्षकाच्या दृष्टीवर अवलंबून असते आणि अशा प्रकारे जेव्हा जेव्हा निरीक्षकात बदल होतो तेव्हा ते आवश्यक असते.

**4.3 लेव्हलिंग स्टाफचे प्रकार – ज्या स्केलवर हे अंतर मोजले जाते. लेव्हलिंग स्टेव्ह दोन प्रकारचे असतात:**

- (1) सेल्फ रीडिंग स्टाफ आणि
- (2) टार्गेट स्टाफ.



## (1) सेल्फ रीडिंग स्टाफ

लेव्हलिंग स्टवचे सामान्य प्रकार: सेल्फ रीडिंग कर्मचाऱ्यांना टेलिस्कोपमधून पाहणाऱ्या लेव्हल मॅनद्वारे थेट वाचता येते.

1. सामान्य स्टाफ
2. टेलिस्कोपिक स्टाफ
3. फोल्डिंग स्टाफ

**सामान्य स्टाफ.**

सामान्य कर्मचारी म्हणजे साधारण 7.5 सेमी रुंद आणि 2.5 सेमी जाड लाकडाचा एक साधा लांब सपाट तुकडा, ज्याच्या तळाशी धातूचा जोडा असतो आणि एका चेहऱ्यावर पदवीधर असतो. 3 मीटर पेक्षा जास्त नसलेल्या एका लांबीच्या कर्मचाऱ्यांच्या सहाय्याने सर्वात जास्त अचूकता प्राप्त होते परंतु लांब दांडे वापरून आणि वाहतुकीच्या सोयीसाठी प्रगती जलद केली जाते. यामध्ये दुर्बिणीसंबंधीचा कर्मचारी, फोल्डिंग स्टाफ इत्यादीसह sop स्वरूपात दोन किंवा तीन सांधे असतात.

**टेलिस्कोपिक स्टाफ:**

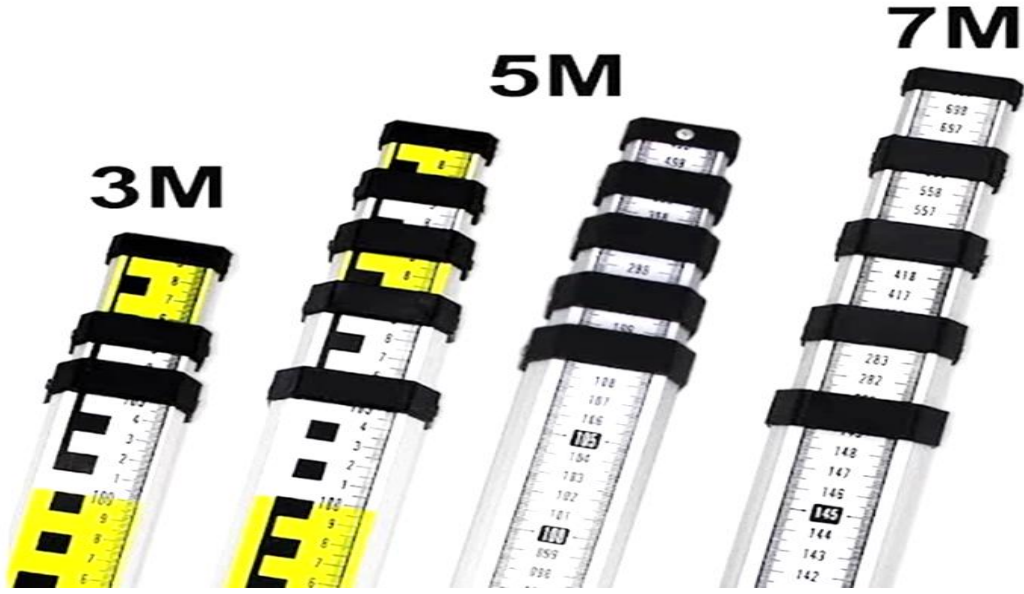
हे महोगनी सारख्या चांगल्या प्रकारे तयार केलेल्या लाकडापासून बनलेले आहे आणि पितळेच्या माउंटिंगसह संरक्षित आहे. ते सहसा 4 मीटर उभ्या लांबीमध्ये उपलब्ध असतात. यात दोन पोकळ स्लाइड्स आणि एक घन शीर्ष तुकडा असतो.

विस्तारित केल्यावर, लांबी पितळ स्प्रिंग कॅचद्वारे धरली जाते. वरच्या तुकड्याची लांबी 1.25 मीटर, मधली 1.25 मीटर आणि खालची 1.5 मीटर आहे. अशा प्रकारे पूर्ण विस्तारित केल्यावर त्याची लांबी 4 मीटर असते. ग्रॅज्युएशन ताठ चिन्हांकित आहेत. कर्मचारी उलटे दिसतात

दुर्बिणीतून पाहिल्यावर खाली करा जेणेकरून वाचन वरपासून खालपर्यंत घेतले जाईल. आवश्यकतेनुसार, कर्मचारी वाढवले जातात. मेटल स्प्रिंग क्लॅम्पच्या मदतीने तुकडे आतील बाजूस धरले जातात.

**फोल्डिंग स्टाफ:**

कर्मचारी हे सायप्रस ब्लू पाइन किंवा देवदार सारख्या अनुभवी लाकडापासून बनलेले आहे. यात संयुक्त असेंब्लीसह दोन 2 मीटर लांब आणि 75 मिमी रुंद लाकडी किंवा अॅल्युमिनियमचे तुकडे असतात. चित्रामध्ये दर्शविल्याप्रमाणे प्रत्येक जॉइंट मागे लॉकिंग डिव्हाइससह वेगळे करण्यायोग्य प्रकारचा आहे. कर्मचारी अशा प्रकारे एकत्र जोडले जातात की एकत्र लॉक केल्यावर सरळ आणि कडक होता



- सामान्य स्टाफ ना प्लंबमध्ये धरून ठेवण्यासाठी त्याच्या मागील बाजूस 25 मिनिटांच्या संवेदनशीलतेच्या गोळ्याचा बबल प्रदान केला जातो.
- 5 मिमीच्या अचूकतेपर्यंत वाचण्यासाठी प्रत्येक मीटर 200 विभागांमध्ये विभागलेला आहे.
- प्रत्येक डेसिमिटर लांबी संबंधित अंकांसह काढली जाते.
- हा मीटर अंक लाल आणि डेसिमिटर अंक काळ्या रंगात चिन्हांकित आहे.
- ग्रॅज्युएशन उलटे चिन्हांकित केले जातात जेणेकरून दुर्बिणीतून पाहताना ते ताठ दिसावेत.

**4.4 रेखांकन पद्धती (Rise) आणि उदय (Fall) आणि पडण्याच्या पद्धतीनुसार रिड्युज लेव्हलिंग शोधा.**

1. बेंच मार्क (BM): ज्ञात उंचीचा संदर्भ बिंदू.
2. इन्स्ट्रुमेंटची उंची (HI): जेव्हा इन्स्ट्रुमेंट समतल केले जाते तेव्हा समतलतेच्या समतलाची उंची.

3. बॅकसाइट (BS): ज्ञात उंचीच्या बिंदूवर घेतलेले स्टाफ रीडिंग. इन्स्ट्रुमेंटची उंची स्थापित करण्यासाठी बॅकसाइट वापर केला जातो. इन्स्ट्रुमेंट सेट केल्यानंतर हे नेहमीच पहिले वाचन असते.
4. दूरदृष्टी (FS): ज्या बिंदूची उंची निश्चित करायची आहे त्यावर घेतलेले वाचन (Reading). हे शेवटचे स्टाफ रीडिंग आहे आणि पातळीचे स्थलांतर दर्शवते.
5. मध्यवर्ती दृष्टी (IS): मागील दृष्टी आणि दूरदृष्टी दरम्यान अज्ञात उंचीच्या बिंदूवर घेतलेले कर्मचारी वाचन.
6. बिंदू बदलणे किंवा वळण बिंदू: हा बिंदू आहे जो पातळीचे स्थलांतर दर्शवतो. दोघेही बी.एस. आणि एफ.एस. या मुद्द्यावर वाचन घेतले जाते.
7. कोलिमेशनची रेषामध्ये सामील होणारी ओळच्या ऑप्टिकल केंद्रापर्यंत क्रॉस केसांचा छेदनबिंदूऑब्जेक्ट काच आणि त्याचे सातत्य.

#### 4.4.1 संकलित पद्धतीच्या नुसार पातळी निश्चित

या पद्धतीमध्ये, डम्पी लेव्हलच्या प्रत्येक सेटअपसाठी कोलिमेशन प्लेनची रिड्युज लेव्हलकिंवा इन्स्ट्रुमेंटची उंची निर्धारित केली जाते आणि नंतर इतर बिंदूंची रिड्युज लेव्हलकोलिमेशन प्लेन किंवा इन्स्ट्रुमेंटच्या उंचीच्या संदर्भात शोधली जाते.

प्रक्रिया:

- 1) विविध प्रेक्षणीय स्थळांच्या कमी झालेल्या पातळीचे वाचन प्रविष्ट करण्यासाठी खालील स्तर पृष्ठाचे स्वरूप सामान्यतः व्यवहारात वापरले जाते.

Staff Station	B.S	I.S	FS	HI	R.L	Remark
1						BM
2						
3						CP1
4						
5						
6						
7						CP2
8						
9						

- 2) लेव्हलिंग स्टाफबेंच मार्कवर ठेवा आणि रीडिंग घ्या आणि बेंच मार्कच्या RL मध्ये बॅक साईट रीडिंग जोडून कोलिमेशन प्लेन किंवा इन्स्ट्रुमेंटची उंची रिड्युज लेव्हलशोधा.

$$\dots \text{इन्स्ट्रुमेंटची उंची (HI)} = \text{BM रिड्युज लेव्हल} + \text{BS रीडिंगची}$$

- 3) मध्यवर्ती बिंदूची रिड्युज लेव्हलखालीलप्रमाणे आढळू शकते:

$$\text{ISचे RL} = \text{HI} - \text{IS वाचत आहे}$$

$$\text{बदल बिंदूचे RL} = \text{HI} - \text{FS रीडिंग}$$

- 4) इन्स्ट्रुमेंट हलवले जाते आणि नवीन स्थानावर सेट केले जाते आणि समतल केले जाते जेणेकरून लेव्हलिंग स्टाफच्या रीडिंग स्पष्ट दिसतील. नंतर चेंज पॉइंट (CP) वर बॅक साईट रीडिंग परत घ्या आणि नवीन कोलिमेशन प्लेनचा RL किंवा इन्स्ट्रुमेंटची नवीन उंची शोधा.

$$\dots \text{इन्स्ट्रुमेंटच्या नवीन उंचीचा RI} = \text{बदल बिंदूचा RL} + \text{BS}$$

- 5) इन्स्ट्रुमेंटच्या नवीन सेटअपमधून उर्वरित बिंदूची रिड्युज लेव्हल इन्स्ट्रुमेंटच्या नवीन उंचीच्या किंवा कोलिमेशन प्लेनच्या नवीन RL च्या संदर्भात शोधा.
- 6) सर्व काम पूर्ण होईपर्यंत वरील प्रक्रिया पुन्हा करा.
- 7) समतलीकरणाचे काम पूर्ण झाल्यानंतर अंकगणितीय तपासणी (Arithmetical Check) केली जाते. या तपासणीतून, लेव्हलिंगच्या फील्ड वर्कची अचूकता प्रत्येक लेव्हल पृष्ठावर क्रॉस-चेक तपासली जाते.

#### a) साधी लेव्हलिंग

निरीक्षण तक्ता

1. इन्स्ट्रुमेंट
2. पद्धतीची उंची (कोलिमेशन प्लेन पद्धत.)

स्टाफ स्टेशन	B.S	I.S	FS	HI	R.L	शेरा
1	0.750			150.750	150	B.M
2		1.520			149.230	
3		1.925			148.825	
4		2.415			148.335	
5			3.770	148.085	146.980	
	$\Sigma 0.750$		$\Sigma 3.770$			
A.C	$\Sigma 0.750 - \Sigma 3.770 = 150.00 - 146.980 = 3.020$					

कॅल्क्युलेशन

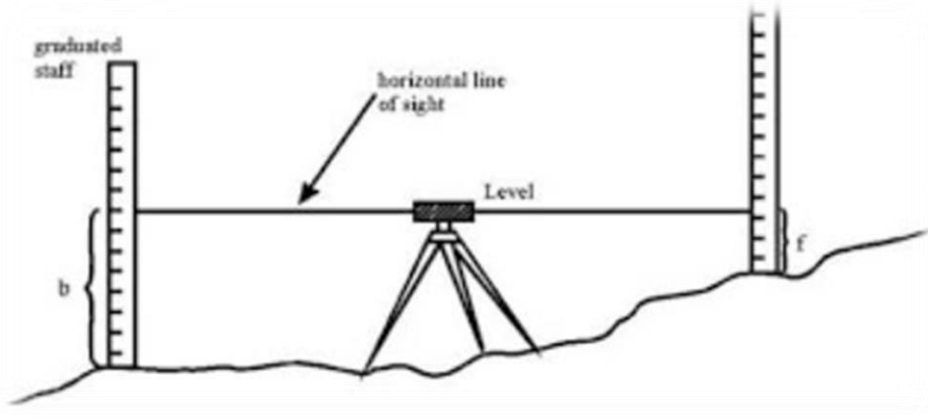
रिड्युज लेव्हलच्या गणनेसाठी खालील समीकरणे वापरली जातात.

इन्स्ट्रुमेंटची उंची = R.L. च्या B.M. + बॅक साईट रीडिंग

R.L च्या स्टेशन = इन्स्ट्रुमेंटची उंची + IS/FS

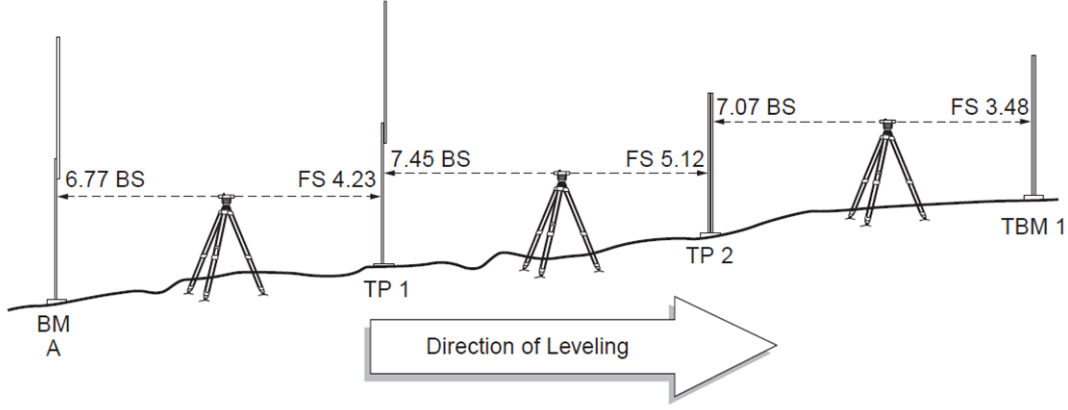
अंकगणित तपासा :  $\Sigma B.S - \Sigma F.S =$  शेवटचा R.L. - पहिला R.L.

$\Sigma 0.750 - \Sigma 3.770 = 150.00 - 146.980 = 3.020$  मी



## B) डिफरन्शियल लेव्हलिंग

जेव्हा दोन बिंदूंमधील अंतर जास्त असते तेव्हा डिफरन्शियल लेव्हलिंग केले जाते. या प्रक्रियेत, इंटर स्थानकांची संख्या स्थित आहे आणि उपकरणे प्रत्येक स्थानकावर स्थलांतरित केली जातात आणि इंटर स्थानक बिंदूच्या उंचीचे निरीक्षण केले जाते. शेवटी मूळ दोन बिंदूंमधील फरक निश्चित केला जातो.



राइज आणि फॉल पद्धत: या पद्धतीमध्ये, लेव्हल पेजच्या फॉर्मेटमध्ये HI कॉलम ऐवजी, दोन पॉइंट्सवरील स्टाफ रीडिंग्सची तुलना करून सलग पॉइंट्समधील RL च्या फरकाच्या गणनेसाठी रईज अँड फॉल दोन कॉलम सादर केले जातात.

अंकगणित तपासा

B.S. ची बेरीज-F.S ची बेरीज = रईज ची बेरीज - फॉल बेरीज= शेवटची RL-प्रथम R.L

प्रक्रिया

1. लेव्हल पोझिशन 1 वर लेव्हलिंग इन्स्ट्रुमेंट सेट करा.
2. डेटम (RL.+50 m) वर स्टाफ धरा आणि रीडिंग घ्या . ही बॅक साईट रीडिंग असेल, कारण लेव्हलिंग इन्स्ट्रुमेंट सेट केल्यानंतर हे पहिले कर्मचारी वाचन आहे.
3. स्टाफA वर हलवा आणि रीडिंग घ्या. हे एक इंटरमीडिएट साईट रीडिंग असेल.
4. स्टाफB मध्ये हलवा आणि रीडिंग घ्या. हे देखील एक इंटरमीडिएट साईट रीडिंग असेल.
5. स्टाफ C मध्ये हलवा आणि रीडिंग घ्या. हे देखील एक इंटरमीडिएट साईट रीडिंग असेल.
6. स्टाफD वर हलवा आणि रीडिंग घ्या. हे एक फोर साईटरीडिंग असेल, कारण या रीडिंग नंतर लेव्हल हलविली जाईल (समान लेव्हल राखण्यासाठी एक बदल प्लेट जमिनीवर ठेवावी.)
7. स्थानकांमधील अंतर मोजले पाहिजे आणि फील्ड बुकमध्ये नोंदवले पाहिजे
- 8.लेव्हल पोझिशन 2 वर लेव्हल सेट करा आणि स्टाफला D चेंज प्लेटवर सोडा. स्टाफला वळवा जेणेकरून ते लेव्हल ला सामोरे जाईल आणि रीडिंग घ्याही बॅक साईट रीडिंग असेल.
9. स्टाफ E मध्ये हलवा आणि रीडिंग घ्या. हे देखील एक इंटरमीडिएट साईट रीडिंग असेल.

10. स्टाफ F वर हलवा आणि रीडिंग घ्या. हे एक फोर साईटरीडिंग असेल, कारण या रीडिंग नंतर लेव्हल हलविली जाईल

11. आता लेव्हल लेव्हलिंग पोजिशन 3 वर हलवा आणि चेंज प्लेटवर स्टाफला F वर सोडा.

स्टाफ स्टेशन	B.S	I.S	FS	HI	R.L	शेरा
1	0.750			150.750	150	B.M
2		1.520			149.230	
3		1.925			148.825	
4		2.415			148.335	
5	1.105		3.770	148.085	146.980	C.P1
6		1.885			146.200	
7		2.385			145.700	
8	0.555		3.480	145.160	144.605	C.P2
9		1.235			143.925	
10			1.725		143.435	
	Σ2.410		Σ8.975			
A.C	Σ2.410- Σ8.975 = 150.00-43.435=5.890=5.890					

कॅल्क्युलेशन

रिड्युज लेव्हलच्या गणनेसाठी खालील समीकरणे वापरली जातात.

इन्स्ट्रुमेंटची उंची = R.L. च्या B.M. + बॅक साईट रीडिंग

R.L.च्या स्टेशन = इन्स्ट्रुमेंटची उंची + IS/FS

अंकगणित तपासा :  $\sum B.S - \sum F.S = \text{शेवटचा R.L.} - \text{पहिला R.L.}$

$$\Sigma 2.410 - \Sigma 8.975 = 150.00 - 143.435 = 5.890$$

#### 4.4.2 उदय आणि पडण्याची पद्धत (Rise & Fall Method)

- 1) यात त्याच्या आधीच्या पहिल्या सह सलग बिंदूमधील उंचीचा फरक निर्धारित करणे समाविष्ट आहे.
- 2) तेथील स्टाफ रीडिंग मधील फरक पॉइंटवरील स्टाफ रीडिंगनुसार रईज घट दर्शवतो.
- 3) R.L नंतर वाढीला जोडताना किंवा आधीच्या बिंदूच्या कमी झालेल्या पातळीपासून घट वजा करताना आढळते.

4) अंकगणित तपासणी:

B.S ची बेरीज -

$$F.S ची बेरीज = रईज बेरीज - घट बेरीज = \text{शेवटचा R.L.} - \text{पहिला R.L.}$$

- 5) ही पद्धत क्लिष्ट आहे आणि पार पाडणे सोपे नाही.
- 6) लेव्हल कमी होण्यास जास्त वेळ लागतो.
- 7) जमिनीच्या स्वरूपाबाबत व्हिज्युअलायझेशन आवश्यक आहे.
- 8) सर्व रीडिंग साठी पूर्ण तपासणी आहे.
- 9) ही पद्धत चेक लेव्हलिंगसाठी सोईस्कर आहे जेथे बदल बिंदूंची संख्या जास्त आहे.

Station	Staff Reading			Rise	Fall	R.L	
	BS	IS	FS				
A	1.385					100.00	BM
B	1.315		1.245	0.140		100.140	CP1
C	1.445		1.400		0.055	100.055	CP2
D	1.370		1.260	0.185		100.240	CP3
E	1.495		1.230	0.140		100.380	CP4
F	0.895		0.860	0.630		101.015	CP5
G	1.375		1.335		0.440	100.575	CP6
H	1.425		1.480		0.105	100.470	CP7
			1.115	0.360		100.830	
	ΣBS=10.755		ΣFS=9.925	Σ1.460	Σ0.603		

अंकगणित तपासा :  $\sum B.S - \sum F.S = \sum Rise - \sum fall =$  शेवटचा R.L. - पहिला R.L.

$$10.577 - 9.925 = 1.460 - 0.630 = 100.830 - 100.00$$

$$0.830 = 0.830 = 0.830$$

#### 4.5 H.I पद्धतीने R.L शोध

**उदाहरण 1)** खालील सलग रीडिंग 3.325, 3.050, 2.755, 1.575, 0.625, 3.575, 2.875, 51.785, 0.795, 0.780 डम्पी लेव्हल सह घेतले गेले. पाचवी आणि आठवीच्या रीडिंगनंतर लेव्हल बदलली. प्रथम रीडिंग RL 245.755 च्या बेंचमार्क वर घेण्यात आले. सर्व रीडिंग लेव्हल बुक मध्ये घ्या आणि सर्व पॉइंट्स च्या R.L शोधा. नेहमीच्या चेक लागू करा.

उत्तर)



Staff Station	B.S	I.S	F.S	H.I	R.L	REMARK
B.M	3.325			249.08	245.755	B.M
1		3.050			246.030	
2		2.755			246.325	
3		1.575			247.505	
4	3.575		0.625	252.03	248.455	C.P1
5		2.785			249.245	
6	1.785		1.255	252.56	250.775	C.P2
7		0.795			251.765	
8			0.780		251.780	
Total	Σ 8.685		Σ2.660			

उपकरणाची उंची काढण्यासाठी BS रीडिंग आणि बेंचमार्क च्या RL ची बेरीज केली जाते.

$$HI = 245.755 + 3.325 = 249.08$$

$$\text{बिंदू 1 ची RL} = 249.08 - 3.050 = 246.030$$

$$\text{बिंदू 2 ची RL} = 249.08 - 2.755 = 246.325$$

$$\text{बिंदू 3 ची RL} = 249.08 - 1.575 = 247.505$$

$$\text{बिंदू 4 ची RL} = 249.08 - 0.625 = 248.455$$

चेंज पॉइंट

$$\text{उपकरणाची नवीन HI} = 248.455 + 3.575 = 252.03$$

$$\text{बिंदू 5 ची RL} = 252.03 - 2.785 = 249.245$$

$$\text{बिंदू 6 ची RL} = 252.03 - 1.255 = 250.775$$

चेंज पॉइंट

$$\text{उपकरणाची नवीन HI} = 250.775 + 1.785 = 252.56$$

$$\text{बिंदू 7 ची RL} = 252.56 - 0.795 = 251.765$$

$$\text{बिंदू 8 ची RL} = 252.56 - 0.780 = 251.780$$

अंकगणित तपासा :

$$\sum B.S - \sum F.S = \text{शेवटचा R.L.} - \text{पहिला R.L.}$$

$$8.685 - 2.660 = 251.780 - 245.755$$

$$6.025 = 6.025$$

**उदाहरण 2)** 30m च्या अंतराने सतत उतार (Continuous Sloping Ground) असलेल्या जमिनीवर लेव्हल आणि 4m स्टाफसह खालील सलग वाचन घेण्यात आले. 0.750, 1.520, 1.925, 2.415, 3.770, 1.105, 1.885, 2.385, 3.480, 0.555, 1.235, 1.725. पहिल्या बिंदूची RL 150.000m होती. लेव्हल फील्ड बुकमध्येह्या रीडिंग प्रविष्ट करा. सर्व बिंदूंच्या RL ची गणना करा. पहिल्या आणि शेवटच्या बिंदूला जोडणाऱ्या रेषेचा ग्रेडियंट देखील शोधा.

**उत्तर)**

Staff Station	B.S	I.S	F.S	H.I	R.L	REMARK
BM0	0.750			150.750	150.00	BM
A30		1.520			149.230	
B60		1.925			148.825	
C90		2.415			148.335	
D120	1.105		3.770	148.085	146.980	CP1
E150		1.885			146.200	
F180		2.385			145.700	
G210	0.555		3.480	145.160	144.605	CP2
H240		1.235			143.925	
I270			1.725		143.435	
Total	Σ 2.410		Σ 8.975			

उपकरणाची उंची काढण्यासाठी BS रीडिंग आणि बेंचमार्क च्या RL ची बेरीज केली जाते.

$$HI = 150.00 + 0.750 = 150.750$$

$$\text{बिंदू A ची RL} = 150.750 - 150 = 149.230$$

$$\text{बिंदू B ची RL} = 150.750 - 1.925 = 148.825$$

$$\text{बिंदू C ची RL} = 150.750 - 2.415 = 148.335$$

$$\text{बिंदू D ची RL} = 150.750 - 3.770 = 146.980$$

चेंज पॉइंट

$$\text{उपकरणाची नवीन HI} = 146.980 + 1.105 = 148.085$$

$$\text{बिंदू E ची RL} = 148.085 - 1.885 = 146.200$$

$$\text{बिंदू F ची RL} = 148.085 - 2.385 = 145.700$$

$$\text{बिंदू G ची RL} = 148.085 - 3.480 = 144.605$$

चेंज पॉइंट

उपकरणाची नवीन HI = 144.605 + 0.555 = 145.16

बिंदू H ची RL = 145.160 – 1.235 = 143.925

अंकगणित तपासा :

$\sum B.S - \sum F.S = \text{शेवटचा R.L.} - \text{पहिला R.L.}$

2.410-8.975 = 143.435 – 150.00

-6.565 = -6.565

#### 4.6.राईस अँड फॉल पद्धतिने RL शोधा

**उदाहरण 1)** 3मीटर समतल स्टाफचा वापर करून सतत उतार असलेल्या जमिनीवर खालील रीडिंगघेतल्या आहेत. 2.850, 2.00, 1.200, 0.850, 2.750, 1.800, 0.450, 2.300, 1.100. लेव्हल बुक फॉर्मॅटमध्ये रीडिंग प्रविष्ट करा आणि RLची गणना करा. तसेच बदल बिंदूची स्थिती द्या. पहिल्या बिंदूची RL 101.000 मी आहे.

उत्तर)

Staff Station	B.S	I.S	F.S	Rise	Fall	RL	Remark
BM	2.800				-	101.00	BM
1		2.000		0.800	-	101.800	
2		1.200		0.800	-	102.6	
3	2.750		0.850	0.350	-	102.95	CP1
4		1.800		0.950	-	103.900	
5	2.300		0.450	1.350	-	105.250	CP2
6			1.100	1.200	-	106.45	
Total	$\sum 7.85$		$\sum 2.4$	$\sum 5.45$			

टप्पा 1 - BM वर पहिली रीडिंग RL 101.000 m पैकी 2.800 आहे. बिंदू 1 वर पुढील वाचन 2.000 मीटर आहे. येथे स्टाफ रीडिंग रीडिंगमध्ये घट दर्शविते म्हणजे बिंदू 1 वर BM च्या तुलनेत वाढ आहे. त्यामुळे ही वाढ आहे आणि वाढीची रक्कम 2.800-2000 = 0.800 आहे जी राईज कॉलममध्ये प्रविष्ट केली आहे.

बिंदूची RL = 101.000 + 0.800 = 101.800m

टप्पा 2: बिंदू 2 चा RL:

बिंदू 2 आणि बिंदू 1 वरील स्टाफ रीडिंगची तुलना दर्शविते की बिंदू 1 च्या तुलनेत  $2000-1.200 = 0.800$  च्या बरोबरीने स्टाफ रीडिंग कमी झाले आहे जे  $0.800$  ची वाढ दर्शवते

$$\text{बिंदू 2} = 101.800 + 0.800 = 102.600 \text{ चा RL}$$

टप्पा 3: पॉइंट 3 चा RL (वाढ देखील सूचित करते) =  $102.600 + 0.350 = 102.95$  टप्पा 4: पॉइंट 4 चा RL (वाढ देखील सूचित करते)  $102.95 + 0.950 = 102.95$  टप्पा 5: बिंदू 5 चा RL (वाढ देखील सूचित करते)  $103.900 + 1.350 = 105.250$  टप्पा 6: पॉइंट 6 चा RL (वाढ देखील सूचित करते) =  $105.250 + 1.2 = 106.45$

टप्पा 7: अंकगणित तपासा

$$\Sigma \text{BS} - \text{FS} = |\Sigma \text{उदय} - \Sigma \text{पतन}| = |\text{अंतिम RL} - \text{प्रथम RL}| -$$

$$|7.85 - 2.4| = |5.45 - 0| = |106.45 - 101.00|$$

$$|5.45| = |5.45| = |5.45|$$

**उदाहरण 2)** 25 मीटर अंतराने सतत उतार असलेल्या जमिनीवर समतल पुढील स्टाफ सलग वाचन केले जाते. 0.950, 615, 1.925, 2.515, 2.895, 3.495, 1.125, 1.980, 2.450, 3.750, 0.925, 1.455, 1.750, 2.850. पहिल्या बिंदूचा RL फील्ड पुस्तकाच्या पातळीचे 100.00m नियमबाह्य पृष्ठ आहे आणि वरील वाचन प्रविष्ट करा. उदय आणि पडण्याच्या पद्धतीनुसार सर्व बिंदूंच्या RL ची गणना करा. पहिला आणि शेवटचा बिंदू जोडणाऱ्या रेषेचा ग्रेडियंट देखील शोधा.

Staff Station	B.S	I.S	F.S	Rise	Fall	RL	Remark
0	0.950			-		100.00	
25		1.615		-	0.665	99.335	
50		1.925		-	0.31	99.025	
75		2.515		-	0.59	98.435	
100		2.895		-	0.38	98.055	
125	1.125		3.495	-	0.60	97.455	CP1

Staff Station	B.S	I.S	F.S	Rise	Fall	RL	Remark
150		1.980		-	0.855	96.600	
175		2.450		-	0.470	96.130	
200	0.925		3.750	-	1.300	94.830	CP1
225		1.455		-	0.530	94.300	
250		1.750		--	0.2985	94.050	
275			2.850	-	1.100	92.905	
	$\sum 3.00$		$\sum 10.095$		7.095		

अंकगणित तपासा

$$\sum BS - FS] = |\sum उदय - \sum पतन| = |अंतिम RL - प्रथम RL| -$$

$$|3.00 - 10.095| = |0 - 7.095| = |92.905 - 100.000|$$

$$|-7.095| = |-7.095| = |-7.095|$$

ग्रेडियंट = पहिला RL - शेवटचा RL / एकूण अंतर

$$= 100 - 92.905 / 275$$

$$= 7.095 / 275$$

$$= 1/38.76$$

$$= 1:38.76$$

#### 4.7 गहाळ डेटाची गणना (Computation च्या missing data)

उदाहरण 1) खालील स्तरावरील पुस्तकाचे पान आहे. तो गहाळ आहे (चिन्हांकित (X) शोधा आणि पृष्ठ पूर्ण करा. नेहमीच्या तपासणी लागू करा.

Point	B.S	I.S	F.S	Rise	Fall	RL	Remark
1	3.125					X	BM1
2	X		X	1.325		125.005	CP1
3		2.320			0.055	X	
4		X		X		125.350	
5	X		2.655		X	X	CP2
6	1.620		3.205		2.165	X	CP3
7		3.625			X	X	
8				X		125.590	BM2

पायरी १: बिंदू २ पासून सुरुवात करा

$$3.125 - F.S = 1.325$$

$$FS \text{ बिंदू } 2 = 1.800 \text{ मी}$$

पायरी 2: बिंदू 3

$$2.320 - BS \text{ च्या बिंदू } 2 = 0.055 \text{ मी}$$

$$RL \text{ च्या बिंदू } 3 = 125.005 - 0.055$$

$$= 124.950 \text{ मी}$$

पायरी 3: बिंदू 4

$$RL \text{ च्या बिंदू } 3 + \text{उदय बिंदू } 4 = 125.350 \text{ m}$$

$$124.950 + \text{उदय} = 125.350 \text{ m}$$

$$\text{उदय} = 0.400 \text{ m}$$

पायरी ४:

$$\text{बिंदू } 3 - 0.400 \text{ चा IS} = I.S \text{ बिंदू } 4$$

$$2.320 - 0.400 = IS \text{ बिंदू } 4$$

$$IS \text{ बिंदू } 4 = 1.920 \text{ मी}$$

$$\text{बिंदू } 5 = 2.655 - 1.920 = 0.735 \text{ मीटरवर}$$

$$BS \text{ at बिंदू } 5 = FS \text{ च्या बिंदू } 6 - \text{बिंदू } 6 \text{ ची घसरण}$$

$$= 3.205 - 2.165 = 1.040 \text{ मी}$$

$$\text{बिंदू } 5 = 125.350 - 0.735 = 124.615 \text{ मी}$$

पायरी ५:

$$\text{बिंदू } 6 \text{ RL} = 124.615 - 2.165 = 122.450 \text{ मी}$$

पायरी 6:

$$\text{फॉल ऑफ पॉइंट बिंदू } 7 = 1.620 - 3.625 = -2.005$$

$$\text{बिंदू } 7 \text{ RL} = 122.450 - 2.005 = 120.445 \text{ मी}$$

पायरी 7: त्याचप्रमाणे पॉइंट 8 वर

F.S = 1.480

उदय = 2.145 मी

Point	B.S	I.S	F.S	Rise	Fall	RL	Remark
1	3.125					123.680	BM1
2	2.265		1.800	1.325		125.005	CP1
3		2.320			0.055	124.950	
4		1.920		0.400		125.350	
5	1.040		2.655		0.735	124.615	CP2
6	1.620		3.205		2.165	122.450	CP3
7		3.625		2.145	2.005	120.445	
8			9.140	3.870	4.960	122.590	BM2

अंकगणित तपासा

$$\sum BS - FS = |\sum उदय - \sum पतन| = |अंतिम RL - प्रथम RL| -$$

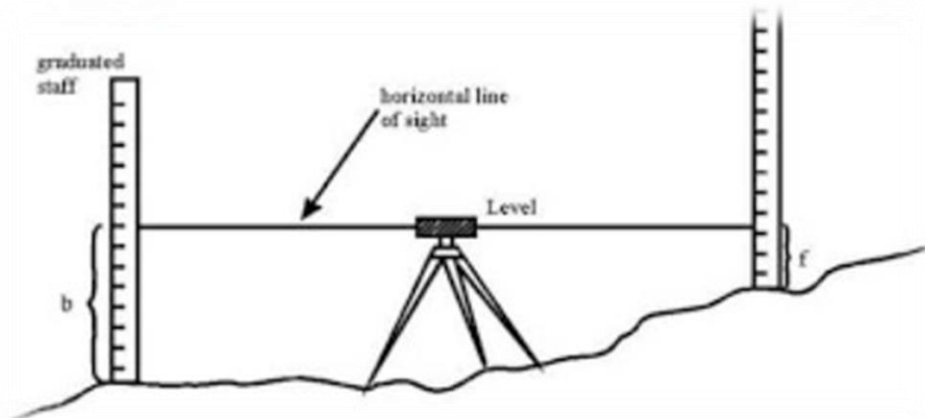
$$|8.050 - 9.140| = |3.870 - 4.960| = |122.590 - 123.680|$$

$$|-1.090| = |-1.090| = |-1.090|$$

#### 4.8 लेव्हलिंगचे प्रका

साधे स्तरीकरण:

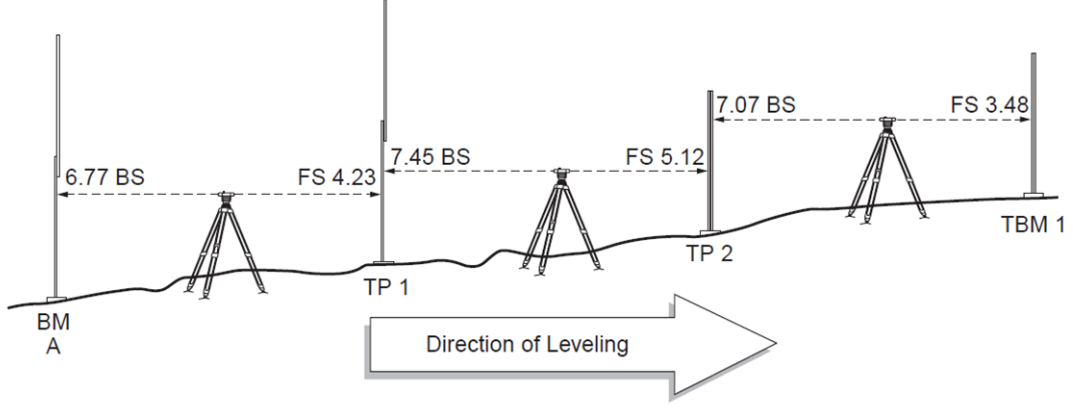
जेव्हा आपल्याला इन्स्ट्रुमेंट स्टेशनच्या त्याच स्थानावरून दिसणारे बिंदू आणि त्याच स्थानावरून दिसणारे बिंदूंमधील उंचीमधील फरक शोधायचा असतो, तेव्हा अशा समतलीकरणाला सिम लेव्हलिंग म्हणतात.



या पद्धतीत कोणतेही बदल गुण घेतले जात नाहीत.

### डिफरन्शियल लेव्हलिंग

जेव्हा दोन बिंदूंमधील उंचीमधील फरक शोधणे आवश्यक असते तेव्हा विभेदक स्तरीकरण वापरले जाते जेव्हा त्यांच्यामध्ये लक्षणीय अंतर आहे.



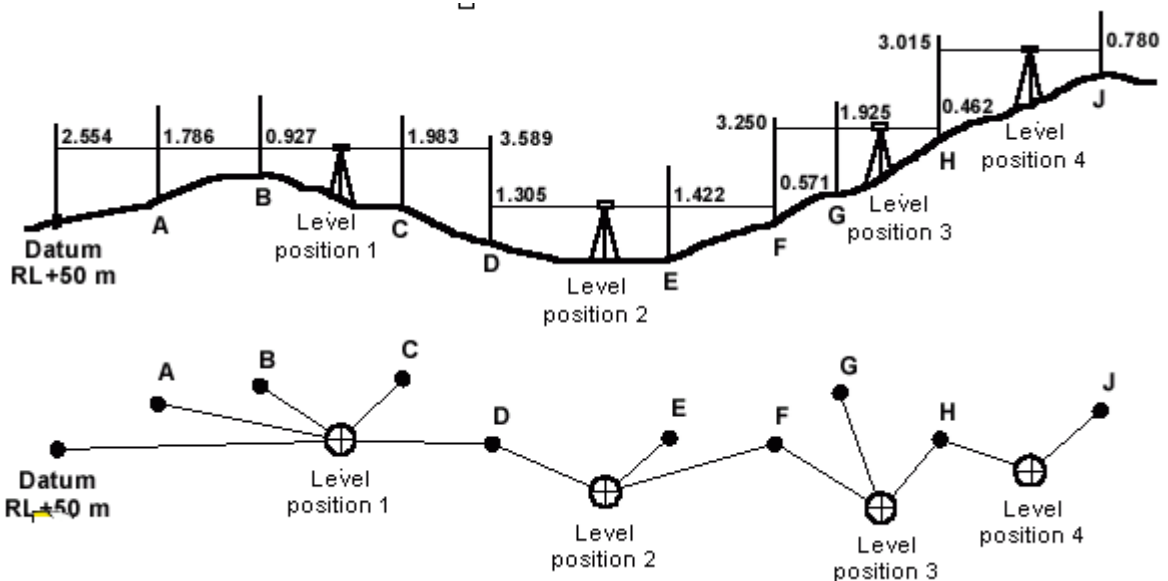
ही पद्धत अवलंबली जाते जेव्हा

- दोन बिंदूंमधील उंचीमधील फरक खूपच जास्त आहे
- जमिनीत डोंगर, झाड, ढीग, कुंड आणि कुंड असे काही अडथळे किंवा कोणतीही वस्तू सपाटीकरणाच्या कामात येतात तेव्हा.

### प्रोफाइल लेव्हलिंग

प्रोफाइल लेव्हलिंग ही रेल्वे, महामार्ग, कालवा किंवा गटार यासारख्या निश्चित रेषेसह मोजलेल्या अंतराने बिंदूंची उंची निर्धारित करण्याची प्रक्रिया आहे.

प्रोफाइल लेव्हलिंग ला रेखांशाचा विभाग (Longitudinal Sectioning) म्हणून देखील ओळखले जाते.





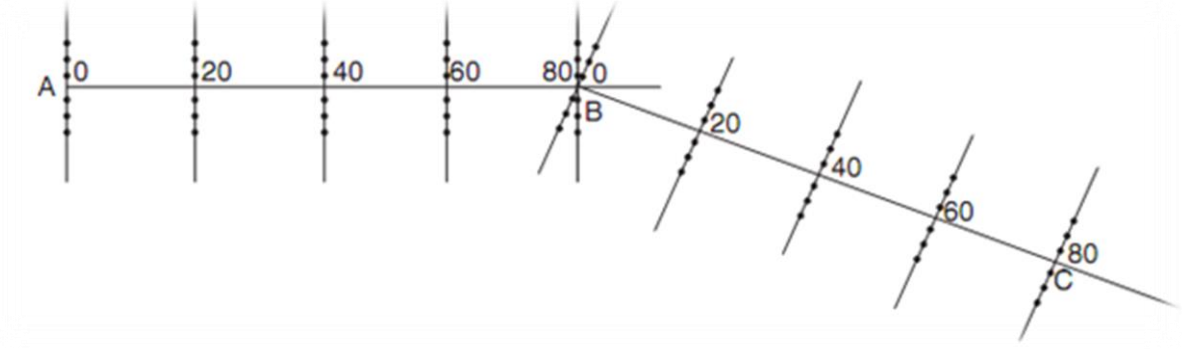
**प्रक्रिया**

- 1) PQR ही दिलेली केंद्र रेषा असू द्या.
- 2) या रेषेवर 10 मीटर अंतराने बिंदू चिन्हांकित करा.
- 3) योग्य बिंदू i1 वर एक मजबूत जमिनीवर लेव्हल सेट केली जाते.
- 4) लेव्हल चे तात्पुरते समायोजन केले जाते आणि B.S. B.M वर घेतले जाते.
- 5) RL ऑफ कोलिमेशन (HI) काढण्यासाठी बी एस ला बेंचमार्कच्या आरएलमध्ये ऍड केलं जाते. साखळी P पासून Q बिंदूकडे पसरलेली आहे.
- 6) तसेच, स्टाफ रीडिंग 10 मीटर पॉइंट्सवर घेतले जाते, आणि संबंधित बदलांच्या विरुद्ध I.S कॉलममध्ये प्रविष्ट केले जाते.
- 7) या मुद्यांच्या बाजूला, प्रतिनिधी बिंदूवर स्टाफ रीडिंग घेतले जाते.
- 8) जेव्हा दृष्टीची लांबी सुमारे 100 मीटर पेक्षा जास्त आहे किंवा जमिनीच्या अनियमिततेमुळे पुढील बिंदूचे निरीक्षण करणे शक्य नसल्यामुळे उपकरणे हलवणे आवश्यक आहे, तेव्हा CP1 योग्य स्थानावर घेतला जातो आणि F.S. त्यावर घेतला आणि F.S स्तंभात प्रवेश केला.
- 9) नंतर इन्स्ट्रुमेंट हलवले जाते आणि पूर्वीप्रमाणेच i2 वाजता मजबूत जमिनीवर सेट केले जाते.
- 10) CP1 वर B.S रीडिंग घेतले जाते आणि नवीन HI काढला जातो.

**क्रॉस सेक्शन**

क्रॉस सेक्शन रेखांशाच्या प्रोफाइलच्या (Longitudinal profile) काटकोनात (perpendicular) आणि त्याच्या दोन्ही बाजूला जमिनीच्या पृष्ठभागाच्या पार्श्व रूपरेषेसाठी (lateral outline) चालवले जातात.

प्रोफाइल लेव्हलिंग चालू असताना, क्रॉस-सेक्शनल लेव्हलिंग देखील केले पाहिजे. काही नियमित अंतराने सरेखनाच्या मध्य रेषेला लंबक्रॉस-सेक्शन घेतले आहेत. (20m, 40m इ. म्हणा). क्रॉस-सेक्शनल लेव्हलिंगचा उद्देश म्हणजे रस्त्याच्या मध्यभागी असलेल्या जमिनीच्या पृष्ठभागाच्या आडव्याचे (Transverse) अनड्युलेशन जाणून घेणे.

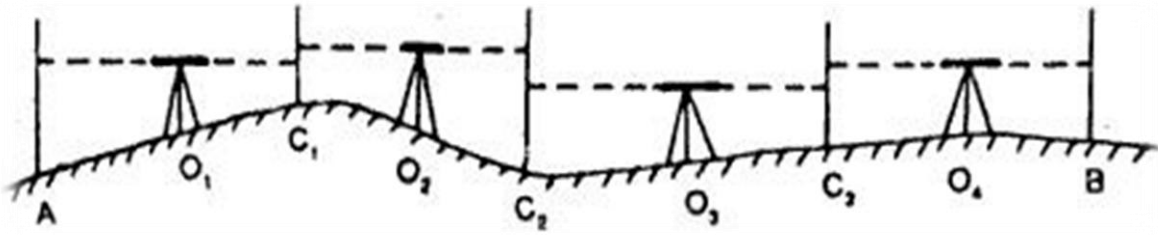


लांबी कामाच्या स्वरूपावर अवलंबून असते. सामान्य कामाच्या बाबतीत, मध्य रेषेच्या प्रत्येक बाजूला लांबी 20 किंवा 40 मीटर असू शकते. स्तर प्रत्येक बाजूला 5 मीटर अंतराने घेतले जातात. जमिनीच्या पृष्ठभागाचे स्वरूप अचानक बदलल्यास अतिरिक्त वाचन केले जाऊ शकते.

### फ्लाय लेव्हलिंग:

फ्लाय लेव्हलिंग ही विशिष्ट अंतर असलेल्या बिंदूची उंची निश्चित करण्याची प्रक्रिया आहे.

लेव्हल एका BM वरून दुसऱ्या BM वर घेतली जाते.



### उद्देश

1. आवश्यक सर्वेक्षण साइटवर B.M नेणे.
2. सर्वेक्षणाच्या शेवटी सर्वेक्षणाची अचूकता तपासण्यासाठी कार्य करते.
3. सरेखनाच्या कोणत्याही मध्यवर्ती बिंदूवर B.M जोडण्यासाठी.

### प्रक्रिया

ज्या ठिकाणी BM दृश्यमान असेल त्या ठिकाणी लेव्हल सेट करा आणि तात्पुरते समायोजन करा.

लेव्हल ची स्थिती BS आणि FS स्थानकांमध्ये अंदाजे मध्यभागी असावी.

BM वर लेव्हलिंग स्टाफ कडे दुर्बीण फिरवा, लेव्हल बुकच्या BS कॉलममध्ये स्टाफ रीडिंगचे निरीक्षण करा आणि रेकॉर्ड करा.

कार्यरत साइटच्या (Working Site) दिशेने बिंदूवर एक FS घ्या. हा बिंदू चेंज पॉइंट (CP) असेल.

इन्स्ट्रुमेंटला नवीन स्थितीत हलवा. नवीन इन्स्ट्रुमेंट पोझिशनमधून प्रथम रीडिंग म्हणजे चेंज पॉइंटवर BS.

कार्यरत साइटवरील योग्य स्टेशनवरील रीडिंग रेकॉर्ड होईपर्यंत प्रक्रिया सुरू ठेवा.

B.M वर सर्वात लहान मार्गाने परत या आणि B. M वर शेवटचे रीडिंग वाचन करा.

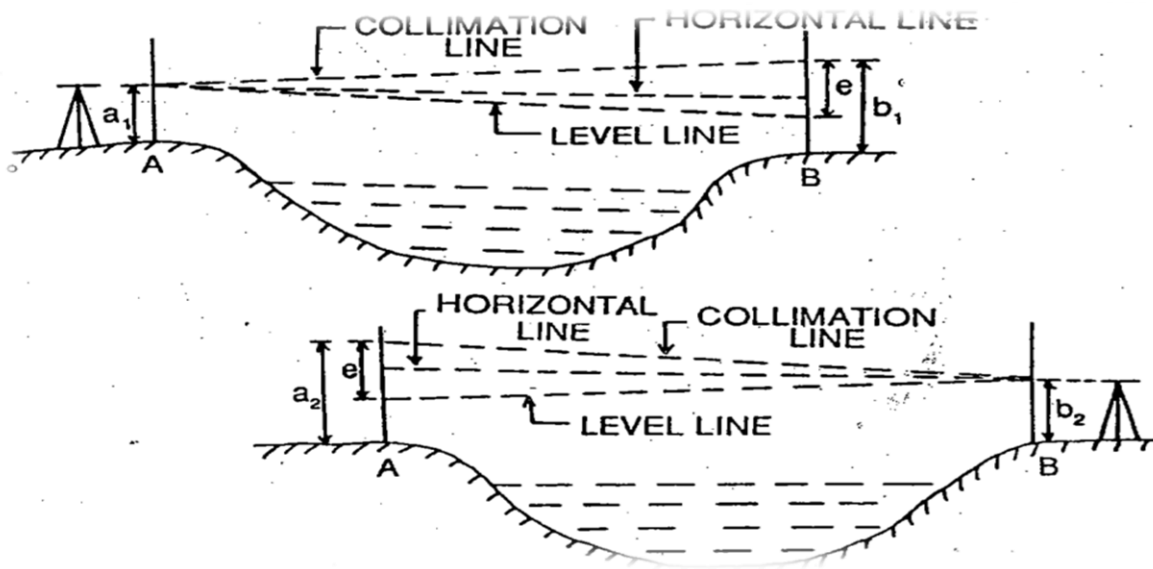
HI किंवा उदय आणि पडण्याच्या (Rise & Fall) पद्धतीनुसार बिंदूची उंची शोधा. B. M वर घेतलेले शेवटचे रीडिंग BM च्या RL समान असावे.

### लेव्हलिंग तपासा (Check Levelling)

ही लेव्हल ची मालिका तपासण्याच्या उद्देशाने लेव्हल चालवण्याची प्रक्रिया आहे.

### रिसिप्रोकल लेव्हलिंग

दोन बिंदूंमधील पातळीतील फरक अचूकपणे निर्धारित करण्यासाठी रिसिप्रोकललेव्हलिंग करणाऱ्या अवलंब केला जातो जेव्हा बिंदू लक्षणीय अंतरावर असतात, जेव्हा नदी किंवा तलाव इत्यादींमुळे दोन बिंदूंमध्ये पातळी स्थापित करणे शक्य नसते तेव्हा देखील वापरले जाते.



### 4.9 रिसिप्रोकल लेव्हलिंग संख्याशास्त्र

उदाहरण 1) खालील नोंदी परस्पर समतलीकरणाचा समावेश असलेल्या ऑपरेशनचा संदर्भ देतात

Instrument station	Staff reading on		Remark
	A	B	
A	2.265	3.790	अंतर AB = 1200
B	1.015	2.715	A चे RL = 550.5 मी

शोधणे:

1. B ची खरी कमी झालेली पातळी
2. वक्रता आणि अपवर्तनासाठी एकत्रित सुधारणा
3. कोलिमेशन त्रुटी.
04. कोलिमेशनची रेषा वरच्या दिशेने किंवा खालच्या दिशेने झुकलेली आहे का

B चा RL शोधण्यासाठी

A च्या इन्स्ट्रुमेंटसह, पातळीमधील फरक खरे उंची आणि A आणि B साठी खालीलप्रमाणे आहे:

$$A \text{ ते } B = 3.7902.265 = 1.525 \text{ पर्यंत घसरणे}$$

$$A \text{ ते } B = 2.715 - 1.015 = 1.7$$

$$\text{उंचीमधील खरा फरक} = 1.525 + 1.7 / 2 = 1.613\text{m}$$

$$\text{RL च्या } B = 550.5 - 1.613 = 548.887\text{m}$$

वक्रता आणि अपवर्तनासाठी एकत्रित सुधारणा जेव्हा A वरील साधन B वरील वाचन वक्रता आणि अपवर्तन आणि संयोग त्रुटीमुळे प्रभावित होते.

$$\text{योग्य वाचन } B = 3.790 - (\text{वक्रता} - \text{अपवर्तन})$$

$$\text{वर योग्य वाचन} - CE$$

$$CE = \text{एकत्रीकरण त्रुटी}$$

$$\text{वक्रता आणि अपवर्तनामुळे एकत्रित त्रुटी} = 0.0673 \times (1.2)^2 = 0.0969\text{m}$$

1. कोलिमेशन एरर

$$\begin{aligned} \text{योग्य वाचन } B &= 3.790 - 0.0969 - CE \\ &= 3.6931 - CE \end{aligned}$$

पातळीतील खरा फरक जाणून घेऊन आपण लिहू शकतो

$$6931 - CE - 2.265 = 1.613 - CE + 1.4281$$

$$1.4281 - 1.613 = CE \quad CE = -0.1849 \text{ मी}$$

4. CE -ve असल्याने, हे दर्शविते की संयोगाची रेषा खालच्या दिशेने झुकलेली आहे

#### 4.10 लेव्हलिंगमधील त्रुटींचे स्रोत (Sources च्या Error च्या Levelling)

समतलीकरणातील त्रुटीचे मुख्य स्रोत खालीलप्रमाणे आहेत:

##### 1. इंस्ट्रुमेंटल एरर

- अपूर्ण समायोजन.
- सदोष पातळी ट्यूब (Level Tube).
- डळमळीत ट्रायपॉड.
- स्टाफ स्ट्राफ वरीलचुकीची मार्किंग.

##### 2. हाताळणीच्या त्रुटी (Errors च्या Manipulation)

- इंस्ट्रुमेंटचे निष्काळजीपणे समतलीकरण
- रीडिंग घेताना बबल मध्यभागी नसतो
- लंबन (Parallax) योग्यरित्या काढलेले नाही
- कर्मचाऱ्यांना उभे केले जात नाही

##### 3. स्तर आणि कर्मचाऱ्यांच्या सेटलमेंटमुळे झालेल्या चुका:

- लेव्हल चीसेटलमेंट
- स्टाफ चीसेटलमेंट

##### 4. नैसर्गिक कारणांमुळे झालेली त्रुटी

- वक्रता आणि अपवर्तन (Curvature & Refraction)
- वारा
- सूर्य

##### 5. लेव्हलिंगमधील सामान्य चुका

- समतल कर्मचाऱ्यांचा पूर्ण विस्तार केला जात नाही.
- स्टाफ उलटा धरणे
- स्टाफ चे वाचन खालच्या दिशेने करण्याऐवजी वरच्या दिशेने करणे.
- मध्यवर्ती केसांऐवजी स्टेडिया-केस (वर किंवा खालच्या) पैकी एकासह वाचन योगायोग घेणे.
- चुकीच्या स्तंभात वाचन प्रविष्ट करणे.

#### 4.11 लेव्हलिंग करण्यात अडचणी

सपाटीकरण करताना सामान्यतः खालील अडचणींना सामोरे जावे लागते:

- 1) टेकडी किंवा पोकळ ओलांडून लेव्हलिंग करणे
- 2) वर-टेकडी किंवा खाली-टेकडी वरलेव्हलिंग करणे
- 3) उपकरणाच्या अगदी जवळ कर्मचारी असणे
- 4) जेव्हा स्टाफ-स्टेशन खूप कमी किंवा खूप जास्त असते
- 5) तलाव किंवा तलाव ओलांडून लेव्हलिंग करणे
- 6) नदी ओलांडून लेव्हलिंग करणे
- 7) भिंतीसारखे घन (Solid) अडथळे ओलांडून लेव्हलिंग करणे.

#### 4.12 लेव्हलिंग करताना घ्यावयाची काळजी

1. बबल काळजीपूर्वक केंद्रित केले पाहिजे आणि सर्वेक्षणादरम्यान ते सतत पुन्हा तपासले पाहिजे.
2. ट्रायपॉड योग्य उंचीवर निश्चित केले पाहिजे जेणेकरून फील्ड ऑफिसर सहजपणे वाचन करू शकतील.
3. लेव्हलचे फूट स्कू व्यवस्थित घट्ट किंवा घट्ट केले पाहिजेत.
4. ट्रायपॉड पाय ग्राउंड सोलमध्ये योग्यरित्या समायोजित केले पाहिजेत.
5. सर्वेक्षण सुरु करण्यापूर्वी रॉड मॅनला आवश्यक सूचना द्या.
6. सर्वेक्षण सुरु करण्यापूर्वी रॉड मॅनला निर्देश दिले पाहिजे की रॉड नेहमी स्थितीत ठेवावा.
7. सर्वेक्षण करण्यापूर्वी कर्मचारी रॉड तपासले पाहिजेत, जेणेकरून त्रुटी उद्भवू नये.
8. सर्वेक्षण शक्यतो सकाळी किंवा संध्याकाळी केले पाहिजे.
9. बेंच मार्क योग्य आणि कायमच्या ठिकाणी स्थापित केले जावे आणि शक्य असल्यास त्यांची उंची चिन्हांकित केली जावी.
10. टर्निंग पॉइंट/चेंज पॉइंटवर रीडिंग घेण्यापूर्वी जमीन सपाट केली पाहिजे आणि वाचन अतिशय काळजीपूर्वक केले पाहिजे.
11. पातळी काळजीपूर्वक हाताळली पाहिजे आणि हलविली पाहिजे.
12. फील्ड बुकवर एकर क्रमांक, चौरस मीटर आणि स्टेशनचे अंतर यांसारखी माहिती काळजीपूर्वक लिहावी.
13. लेव्हल सेट अतिशय काळजीपूर्वक हाताळले पाहिजे आणि हलवले पाहिजे.
14. सर्वेक्षण बंद केले पाहिजे.
15. सर्वेक्षण पूर्ण केल्यानंतर लेव्हल सेट उपकरणे काळजीपूर्वक पॅक करावी.

#### 4.13 कंटूरिंग

- **कंटूर:-**कंटूर ही जमिनीवरील एक काल्पनिक रेषा आहे जी समान उंचीच्या किंवा रिड्युज लेवल च्या बिंदूंना जोडते.
- **कंटूर लाईन:-**
  - कंटूर लाईन ही नकाशावरील कंटूर दर्शवते.टोपोग्राफिक नकाशामध्ये, बिंदूंची सापेक्ष (Altitudes) उंची कंटूर लाईन द्वारे दर्शविली जाऊ शकते.
  - कंटूर लाईन च्या सहाय्याने, जमिनीचे स्वरूप म्हणजे उतार, तीव्र उतार, हळूहळू उतार, टेकड्या आणि दरी इ. स्थलाकृतिक नकाशामध्ये दाखवता येतात.
- **कंटूरइंटरवेल**
  - हे दोन सलग कंटूर मधील उभ्या (Vertical) अंतर आहे.दिलेल्या नकाशासाठी ते स्थिर राहते.

दोन कंटूर च्या RL मध्ये फरक कंटूरइंटरवेलमध्येदेतो.

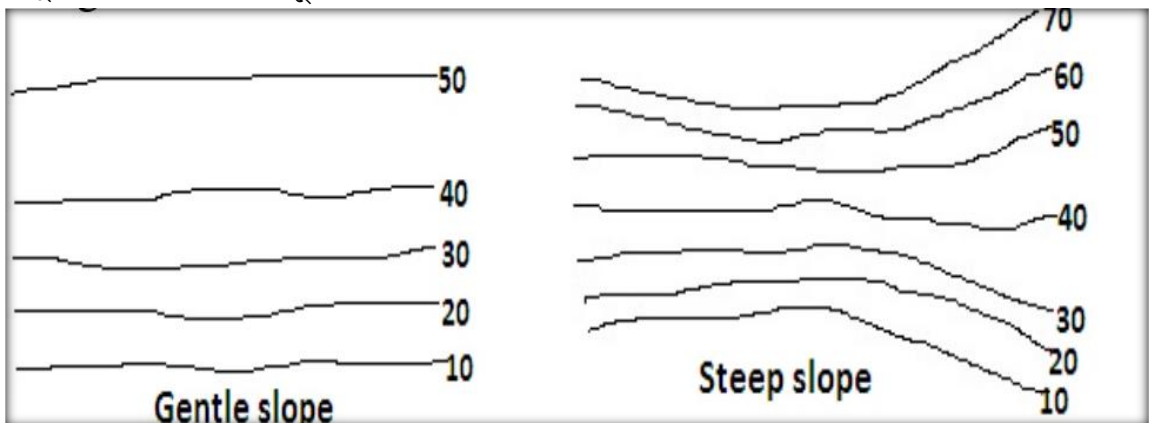
- **कंटूरइंटरवेलची निवड:** कंटूरइंटरवेलची निवड खालील बाबींवर अवलंबून असते.
- **जमिनीचे स्वरूप:** सपाट छोट्या जमिनीसाठी इंटरवेल छोटी पाहिजे. जर जमीन लहरी किंवा उतार असेल तर कंटूरइंटरवेलमोठा असेल.
- **नकाशाचे स्केल :** नकाशाचे प्रमाण लहान असल्यास, कंटूरइंटरवेलमोठा असेल.
- **सर्वेक्षणाचा उद्देश आणि व्याप्ती:** जर सर्वेक्षण तपशीलवार डिझाइन कामासाठी किंवा अचूक पृथ्वीच्या कामाच्या मोजणीसाठी केले गेले असेल तर, लहान कंटूरइंटरवेलवापरला जातो.

क्षैतिज समतुल्य (Horizontal Equivalents)

दोन सलग कंटूर वर दोन बिंदूंमधील क्षैतिज अंतर क्षैतिज समतुल्य (Horizontal Equivalents) म्हणून ओळखले जाते. क्षैतिज समतुल्य जमिनीच्या उंचावर अवलंबून असते.

#### 4.14 कंटूरची वैशिष्ट्ये

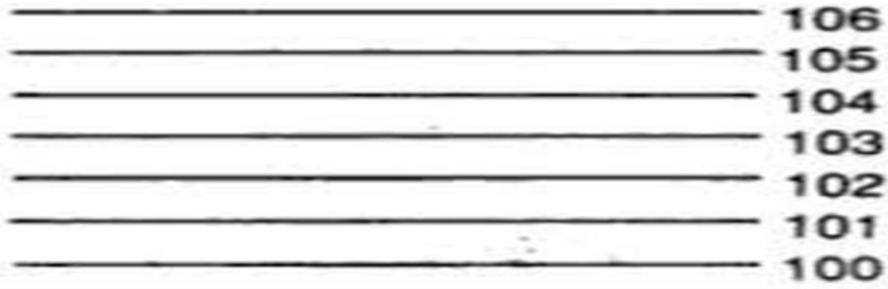
1. कंटूर लाईन मधील सर्व बिंदूंची उंची समान असते.



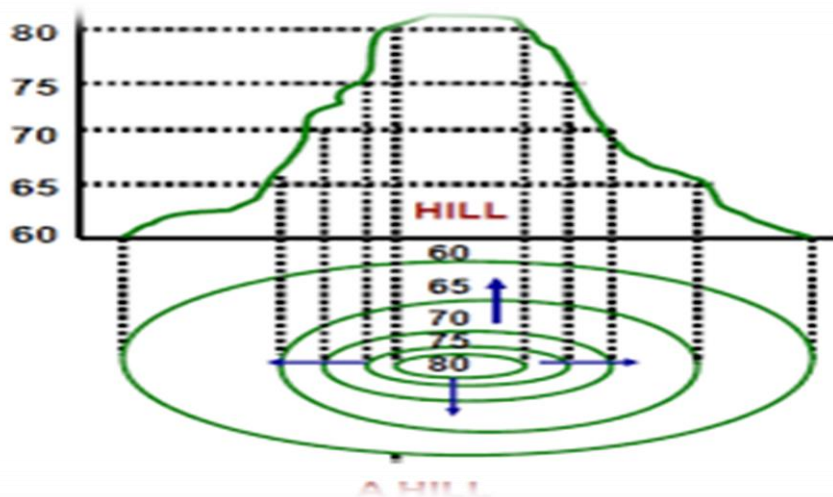
2. सपाट जमीन दर्शविली जाते जेथे आराखडे मोठ्या प्रमाणात वेगळे केले जातात आणि जेथे ते एकमेकांच्या जवळ धावतात तेथे तीव्र उतार असतो.
3. कंटूर लाईन एकसमान अंतरावर असताना आणि एकसमान उतार दर्शविला जातो.



4. एक समतल पृष्ठभाग जेव्हा ते सरळ, समांतर आणि समान अंतरावर असतात.

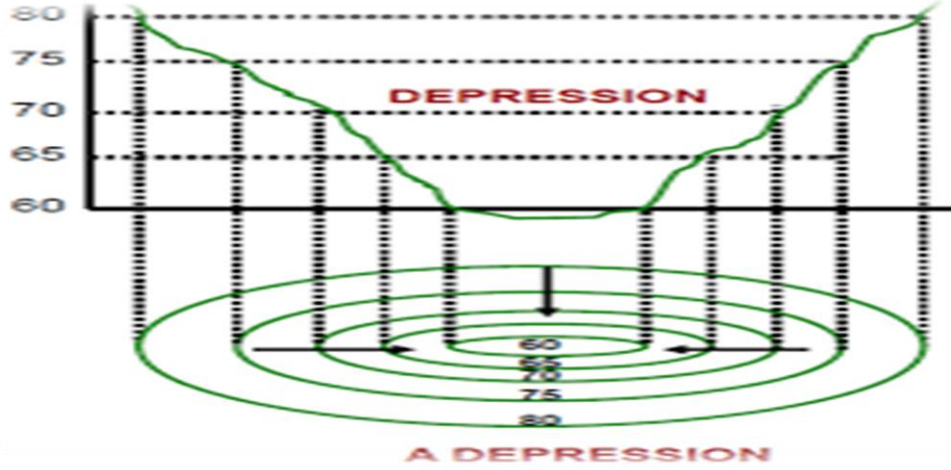


5. नकाशावरील बंद कंटूर रेषांची मालिका एखाद्या टेकडीचे प्रतिनिधित्व करते, जर उच्च मूल्ये आकृतीच्या वैशिष्ट्यांमध्ये असतील.



6. नकाशावरील बंद कंटूर रेषांची मालिका उदासीनता (Depression) दर्शवते जर उच्च मूल्ये आकृतीच्या वैशिष्ट्यांच्या (Characteristics) बाहेर असतील.





#### 4.15 कंटूर नकाशांचा वापर

कंटूर नकाशे खूप उपयुक्त आहेत कारण ते भूप्रदेशाबद्दल मौल्यवान माहिती देतात. काही उपयोग खालीलप्रमाणे आहेत.

- 1) जमिनीचे स्वरूप आणि त्याचा उतार याचा अंदाज लावता येतो.
- 2) रस्त्यांची कामे, रेल्वे, कालवे, धरणे इत्यादी स्थापत्य अभियांत्रिकी प्रकल्पांसाठी पृथ्वीच्या कामाचा अंदाज लावता येतो.
- 3) प्रदेशाच्या समोच्च नकाशावरून कोणत्याही प्रकल्पासाठी योग्य जागा ओळखणे शक्य आहे.
- 4) दोन बिंदूंमधील आंतर-दृश्यता निश्चित करण्यासाठी. कम्युनिकेशन टॉवर्स शोधण्यासाठी हे सर्वात उपयुक्त आहे.
- 5) दिलेल्या नकाशाचा रेखांशाचा विभाग आणि आराखडा काढणे.
- 6) ड्रेनेज क्षेत्रांचे मोजमाप करणे.
- 7) जलाशय क्षमतेची गणना करणे.
- 8) पृष्ठभागांचे छेदनबिंदू शोधणे आणि पृथ्वीच्या कामाचे मोजमाप करणे.

#### 4.16 कंटूरिंगच्या पद्धती

आकृतिबंध शोधण्याच्या मुख्यतः दोन पद्धती आहेत:

- 1) थेट पद्धत
  - 2) अप्रत्यक्ष पद्धत
- 1) थेट पद्धत

- या पद्धतीमध्ये कंटूरवर अनेक बिंदू शोधून मार्क केले जातात आणि कंटूर डायरेक्टली फिल्डवर ट्रेस केला जातो.
- त्यानंतर या मुद्यांचे सर्वेक्षण केले जाते आणि प्लॉटवर प्लॉट केले जाते आणि त्याद्वारे आरेखन केले जाते.
- ही पद्धत सर्वात अचूक पण अतिशय मंद (Slow) आणि कंटाळवाणी (Tedious) आहे कारण कंटूरसाठी समान उंचीचे बिंदू शोधण्यात बराच वेळ वाया जातो.
- ही पद्धत लहान क्षेत्रांसाठी योग्य आहे आणि जेथे उत्कृष्ट अचूकता आवश्यक आहे.

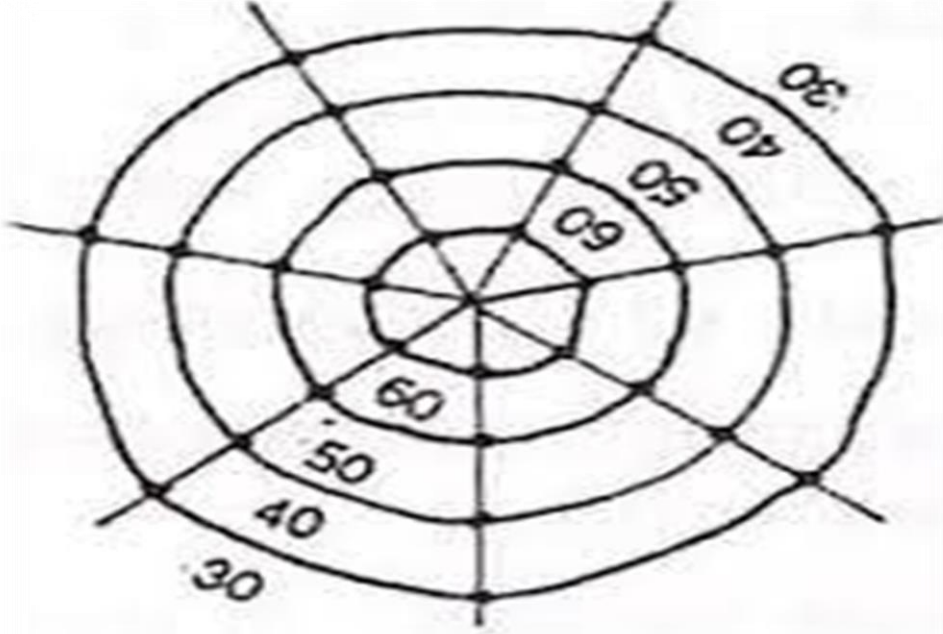
#### प्रक्रिया:

- रुवात करण्यासाठी, तात्पुरते B.M. कायमस्वरूपी B.M च्या संदर्भात सर्वेक्षण करण्याच्या क्षेत्राजवळ स्थापित केले जाते. फ्लाइंग लेव्हल्स घेऊन.
- नंतर लेव्हल अशा स्थितीत सेट केला जातो जेणेकरून इन्स्ट्रुमेंट स्टेशनवरून जास्तीत जास्त पॉइंट्सची आज्ञा (Commanded) दिली जाऊ शकते.
- B.M वर बॅक साईट रीडिंग घेऊन आणि त्यामध्ये B.M च्या R.L ची बेरीज करून साधनांची उंची निश्चित केली जाते
- इन्स्ट्रुमेंटच्या उंचीपासून विविध आराखड्यांवर बिंदू निश्चित करण्यासाठी स्टाफ रीडिंग आवश्यक आहे.
- उदाहरण म्हणून, जर उपकरणाची उंची 92.58 मीटर असेल, तर 92, 91 आणि 90 मीटरचे कंटूर शोधण्यासाठी आवश्यक स्टाफ रीडिंग अनुक्रमे 0.58, 1.58 आणि 2.58 मीटर आहेत.
- स्टाफ बिंदूच्या अंदाजे स्थानावर धरले जाते आणि नंतर इच्छित रीडिंग मिळेपर्यंत उतारावर किंवा खाली हलवले जाते.
- बिंदू एक खुंटी (Peg) सह चिन्हांकित आहे. त्याचप्रमाणे प्रत्येक कंटूर वर इतर विविध बिंदू चिन्हांकित केले आहेत.
- या सर्व बिंदूंना जोडणारी रेषा आवश्यक कंटूर देते. हे लक्षात घेतले जाऊ शकते की एका वेळी एक कंटूर स्थित आहे.
- इन्स्ट्रुमेंटच्या श्रेणीमध्ये आकृतिबंध निश्चित केल्यावर, लेव्हलहलवली जातो आणि नवीन स्थितीत सेट केला जातो.
- इन्स्ट्रुमेंटची नवीन उंची आणि आवश्यक स्टाफ रीडिंग अशाच पद्धतीने मोजले जातात आणि सर्व आराखडे स्थित होईपर्यंत प्रक्रिया पुन्हा केली जाते.

#### रेडियल लाइन्सद्वारे थेट पद्धत:

- ही पद्धत लहान क्षेत्रांसाठी योग्य आहे जेथे मध्यभागी एकच बिंदू संपूर्ण क्षेत्रास नियंत्रित करू शकतो.

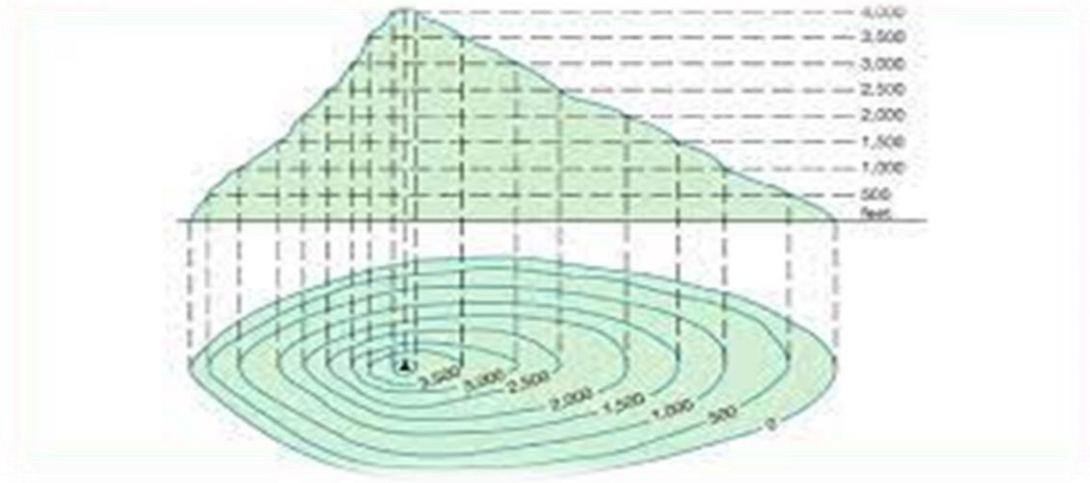
- रेडियल रेषा सामान्य केंद्रापासून थिओडोलाइट किंवा कंपासद्वारे मांडल्या जातात आणि त्यांची स्थिती क्षैतिज कोन (Horizontal angle) आणि बेअरिंगद्वारे निश्चित केली जाते.
- तात्पुरते बेंच मार्क्स प्रथम मध्यभागी आणि रेडियल रेषांच्या टोकांजवळ स्थापित केले जातात.



- कंटूर बिंदू नंतर वर सांगितल्याप्रमाणे या रेषांवर स्थित आणि चिन्हांकित केले जातात आणि त्यांचे स्थान रेडियल रेषांसह त्यांचे अंतर मोजून निर्धारित केले जातात.
- नंतर ते सर्व संबंधित बिंदू जोडून योजना आणि आराखड्यावर प्लॉट केले जातात.

### रेडियल कंटूरिंग:

- कंटूरिंग लहान डोंगराळ भाग, कंटूरिंगची रेडियल लाइन पद्धत हे क्षेत्र कव्हर करण्यासाठी शिखरावरून चालवले जाते. मार्गदर्शक बिंदू रेडियल रेषांवर घेतले जातात आणि उंचीची गणना केली जाते. कंटूर लाइन्स नंतर इंटरपोलेशनद्वारे काढल्या जातात.



कंटूरिंगच्या रेडियल लाइन पद्धतीची प्रक्रिया खालीलप्रमाणे आहे:

- जवळपासच्या साइटवरून उपलब्ध बेंचमार्कवरून प्लाय लेव्हलिंग करून शिखराजवळ बेंचमार्क स्थित आहे.
- क्षेत्र योग्यरित्या कव्हर करण्यासाठी शिखरापासून रेडियल रेषा सोयीस्करपणे घातल्या जातात.
- प्रत्येक रेडियल लाईनवर काही ठराविक अंतराने स्टाफ रीडिंग घेतले जाते आणि स्थानकांची उंची निश्चित केली जाते.
- आवश्यक उंचीचे आकृतिबंध प्रक्षेपाद्वारे निर्धारित केले जातात.

## 2) अप्रत्यक्ष पद्धत (Indirect Method)

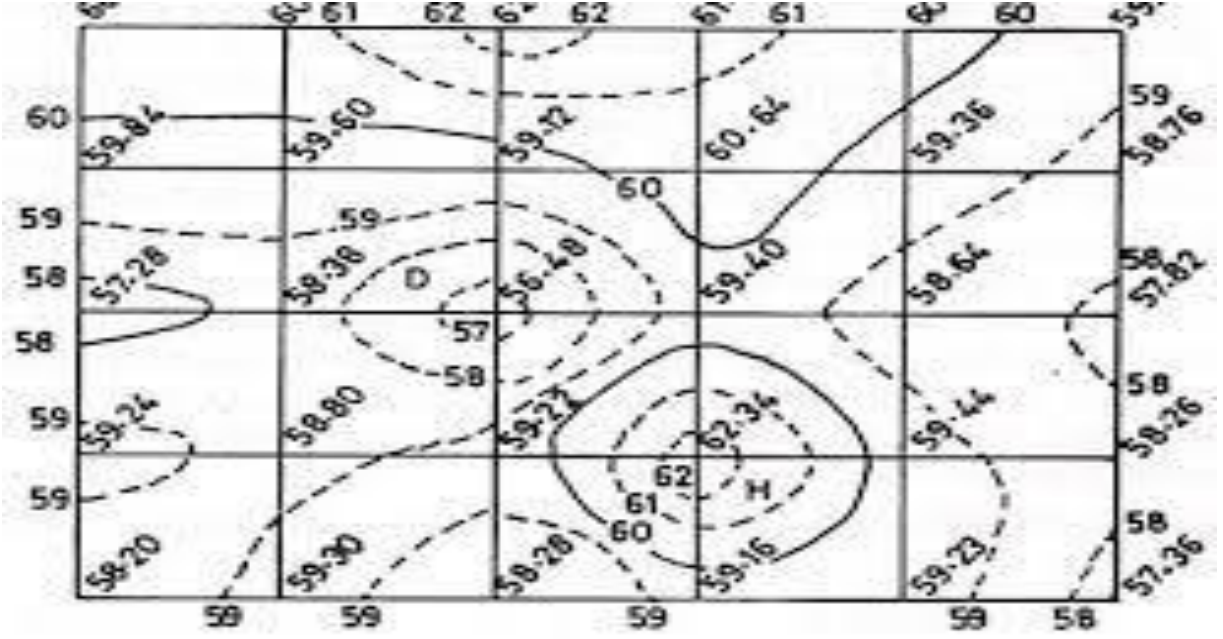
- या पद्धतीमध्ये, स्थित आणि सर्वेक्षण केलेले बिंदू कंटूर लाइन्स वर असणे आवश्यक नाही परंतु स्पॉट लेव्हल (स्पॉट लेव्हल म्हणजे जमिनीच्या पृष्ठभागावरील बिंदूचा R.L.) क्षेत्रफळावर मांडलेल्या रेषांच्या मालिकेसह (Series) घेतले जातात.
- टेकड्या, डिप्रेशन, रिज आणि व्हॅली रेषा दर्शविणाऱ्या अनेक प्रातिनिधिक बिंदूंचे स्पॉट लेव्हल आणि कंटूर क्षेत्रामधील उतारातील बदल देखील पाहिले जातात.
- त्यांची पोजिशन्स नंतर प्लॅनवर आणि इंटरपोलेशनद्वारे काढलेल्या आकृतीवर प्लॉट केली जातात. कॉन्टूरिंगची ही पद्धत स्पॉट लेव्हलद्वारे कॉन्टूरिंग म्हणून देखील ओळखली जाते.

ही पद्धत सामान्यतः सर्व प्रकारच्या सर्वेक्षणांमध्ये वापरली जाते कारण थेट पद्धतीच्या तुलनेत ही स्वस्त, जलद आणि कमी त्रासदायक आहे.

या शीर्षकाखाली मुख्यतः तीन पद्धती आहेत:

स्क्वेअरद्वारे

- या पद्धतीमध्ये, संपूर्ण क्षेत्रफळ अनेक चौरसांमध्ये विभागले गेले आहे, ज्याच्या बाजू जमिनीच्या स्वरूपावर आणि कंटूर इंटरवेल वर अवलंबून 5 मीटर ते 30 मीटर पर्यंत बदलू शकतात.
- चौरस संपूर्णपणे समान आकाराचे नसावेत, चौरसांचे कोपरे बाहेर काढले जातात आणि या बिंदूंचे कमी केलेले स्तर एका लेव्हलसह निर्धारित केले जातात.
- स्क्वेअरमधील महत्त्वाचे बिंदू आवश्यकतेनुसार घेतले जाऊ शकतात आणि कोपऱ्यांमधून मोजमाप करून स्थित केले जाऊ शकतात. चौरस प्लॉट केलेले आहेत आणि कोपऱ्यांचे कमी केलेले स्तर योजनेवर लिहिलेले आहेत.



### क्रॉस-सेक्शनद्वारे

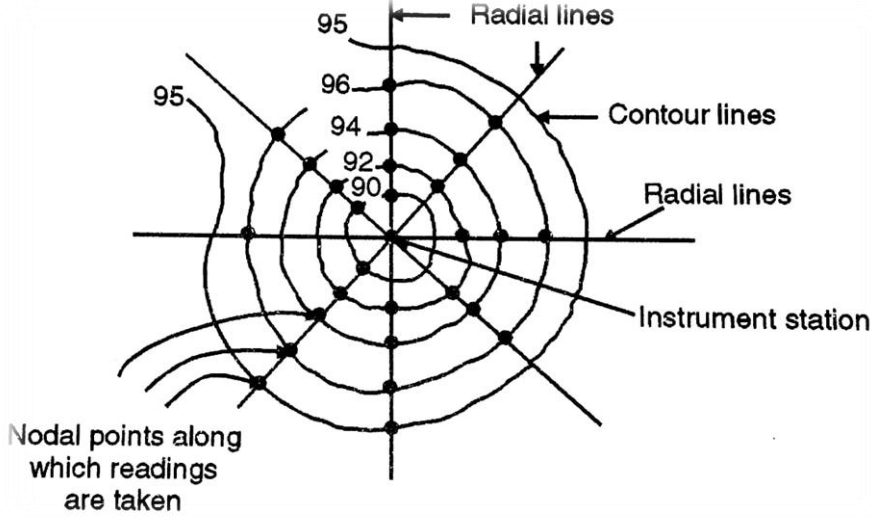
- रस्ता, रेल्वे कालवा इत्यादी लांब अरुंद पट्ट्यांच्या सर्वेक्षणासाठी ही पद्धत सर्वात योग्य आहे.
- क्रॉस-सेक्शन ट्रान्सव्हर्स कामाच्या मध्य रेषेपर्यंत आणि क्रॉस-सेक्शनच्या ओळींसह प्रतिनिधी बिंदू चिन्हांकित केले जातात.
- क्रॉस-सेक्शन रेषा कामाच्या मध्य रेषेच्या काटकोनात असणे आवश्यक नाही.
- हे आवश्यक असल्यास मध्य रेषेकडे कोणत्याही कोनात झुकलेले असू शकते. क्रॉस-सेक्शनमधील अंतर देशाच्या स्थलाकृतिक (Topography) आणि सर्वेक्षणाच्या स्वरूपावर (Nature च्या Survey) अवलंबून असते, सामान्य मूल्य डोंगराळ प्रदेशात 20 ते 30 मीटर आणि सपाट देशात 100 मीटर आहे.
- सेक्शन लाईनच्या बाजूने बिंदूंचे स्तर प्लॅनवर प्लॉट केलेले आहेत आणि कंटूर नेहमीप्रमाणे इंटरपोलेट केलेले जातात.

### टॅकोमेट्रिक (Tacheometric) पद्धत

- टॅचिओमीटर हे ट्रान्झिट थिओडोलाइट आहे ज्यामध्ये दोन स्टॅडिया वायर्स बसवलेले आकृती आहे, एक वर आणि दुसरी मध्यवर्ती वायरच्या खाली.
- इन्स्ट्रुमेंट आणि स्टाफ-स्टेशनमधील क्षैतिज अंतर इन्स्ट्रुमेंटच्या स्टॅडिया स्थिरांकासह वरच्या आणि खालच्या स्टॅडिया वायर्सच्या स्टाफ रीडिंगच्या फरकाने गुणाकार करून निर्धारित केले जाऊ शकते, जे सहसा 100 असते.
- अशा प्रकारे टॅकोमीटर उभ्या आणि आडव्या दोन्ही मोजमापांसाठी वापरला जातो.
- ही पद्धत डोंगराळ भागात सर्वात योग्य आहे कारण ज्या स्थानकांची संख्या टॅचिओमीटरद्वारे चालविली जाऊ शकते त्या पातळीपेक्षा कितीतरी जास्त आहे आणि त्यामुळे इन्स्ट्रुमेंट-सेटिंग्जची संख्या लक्षणीयरीत्या कमी झाली आहे.
- ज्ञात कोनीय अंतराने (Angular Interval) अनेक रेडियल रेषा घातल्या जातात आणि या रेडियल रेषांसह प्रातिनिधिक बिंदू खुंट्यांनी चिन्हांकित केले जातात.
- त्यांची उंची आणि अंतर नंतर मोजले जातात आणि योजनेवर प्लॉट केले जातात आणि कंटूर लाइन्स नंतर इंटरपोलेट केल्या जातात.

### टॅकोमेट्रिक कॅन्टूरिंग:

- अप्रत्यक्ष कॅन्टूरिंगच्या टॅकोमेट्रिक पद्धतीमध्ये संदर्भ रेषेच्या संदर्भात वेगवेगळे कोन करून रेडियल रेषा बाहेर सेट करणे समाविष्ट आहे.
- प्रत्येक रेडियल रेषांवर, नंतर वेगवेगळ्या बिंदूवर ठेवलेल्या लेव्हलिंग स्टाफ वर टॅकोमेट्रिक रीडिंग घेतले जाते.
- अतिशय उंच टेकड्यांचे कॅन्टूरिंग करण्यासाठी टॅकोमेट्रिक पद्धतीचा अवलंब केला जातो.



- प्रक्रिया खालीलप्रमाणे आहे.
- i) उंच टेकडीच्या शीर्षस्थानी टॅकोमीटर सेट करा. टॅकोमीटर हे स्टॅडिया डायफ्रामसह बसवलेले थिओडोलाइट आहे. स्टॅडिया डायफ्राममध्ये पारंपारिक क्रॉस हेअर डायफ्राममध्ये आढळल्याप्रमाणे एक ऐवजी तीन आडवे समांतर केस असतात.
- ii) टॅकोमीटरच्या मदतीने दुर्बिणीपासून बिंदूचे क्षैतिज अंतर तसेच त्याची अनुलंब पातळी निश्चित करणे शक्य आहे.
- iii) उंच टेकडीचे तीन स्तरांवर सर्वेक्षण केले जाते - टेकडीचा पायथ्याशी, टेकडीचा मध्य-पातळी आणि टेकडीचा वरचा स्तर.
- iv) टॅकोमीटर रीडिंग वापरून या तिन्ही पातळ्यांवर टेकडीभोवती सर्व समान कोनीय अंतराने घेतले जातात.

### 5.17 कंटूरिंगच्या प्रत्यक्ष आणि अप्रत्यक्ष पद्धतींचे गुण आणि तोटे

#### थेट पद्धत:

1. पद्धत सर्वात अचूक आहे परंतु अतिशय मंद आणि कंटाळवाणा आहे.
2. हे लहान भागांसाठी वापरले जाते जेथे मोठ्या अचूकतेची गरज असते.
3. आजूबाजूला डोंगराळ भाग असतो तेव्हा त्याचा फारसा उपयोग होत नाही.

#### अप्रत्यक्ष पद्धत:

1. पद्धत फारशी अचूक नाही परंतु ती जलद आणि कमी कष्टाची आहे.
2. ही पद्धत मोठ्या क्षेत्रफळासाठी वापरली जाते जिथे जास्त अचूकतेची गरज नसते.
3. कंटूरिंगची टॅकोमेट्रिक पद्धत प्रामुख्याने डोंगराळ क्षेत्रात कंटूर चा आराखड्या तयार करण्यासाठी आहे, क्रॉस-सेक्शनद्वारे अप्रत्यक्ष पद्धतीने रेल्वे, कालवा इत्यादी सर्वेक्षणांमध्ये केला जातो.

### 5.5 कमी झालले स्तर

फील्डमध्ये घेतलेल्या कर्मचाऱ्यांच्या वाचनातून पॉइंट्सच्या कमी झालेल्या स्तरांवर काम करण्याच्या प्रणालीला कमी करणारे स्तर असे म्हणतात. बिंदूची कमी झालेली पातळी (R.L.) म्हणजे काही माहितीच्या संदर्भात बिंदूची उंची.

पातळी कमी करण्यासाठी दोन प्रणाली आहेत:

1. समतल प्रणालीचे विमान.
2. उदय आणि पतन प्रणाली.

### 5.6द प्लेन ऑफ कॉलिमेशन सिस्टम (इन्स्ट्रुमेंट पद्धतीची उंची)

या प्रणालीमध्ये, पातळीच्या प्रत्येक सेट-अपसाठी प्लेन ऑफ कोलिमेशन (H.I.) चे R.L. शोधले जाते आणि नंतर खाली वर्णन केल्याप्रमाणे बिंदूचे कमी केलेले स्तर संबंधित collimation सह कार्य केले जातात:

लेव्हलिंगचे काम सुरू करण्यापूर्वी आपण फील्ड बुकचे लेव्हल पृष्ठ तयार केले पाहिजे.

Staff Station	Reading			H.I. (Collimation plane level)	Reduced Level	Remark
	B.S	I.S	F.S			
BM						BM
1						.
2						.
3						.
.						CP1
.						.
.						.
.						CP2
.						

(i) प्लेन ऑफ कोलिमेशन (H.I.) चे R.L. निर्धारित करताना प्रथम स्तर सेट करा आणि B.M मध्ये प्रथम कर्मचारी वाचन मोजा. जे B.S मध्ये एंटर आहे.

(ii) B.S जोडा B.M च्या R.L. ला आणि प्लेन ऑफ कोलिमेशन (H.I.) च्या R.L.ची गणना करा H.I.R.L. च्या बी.एम. + बी.एस.



iii) मध्यवर्ती बिंदूचे R.L.s मिळवा आणि प्रथम बदल बिंदू (C.P.) वजा करून (iii) कर्मचारी रीडिंग (I.S. आणि F.S.) R.L. ऑफ collimation (H.L.) मधून मिळवा. (H.I.) - I.S किंवा F.S.)

(iv) जेव्हा इन्स्ट्रुमेंट हलवले जाते आणि नवीन पोजिशनवर सेट-अप करा चेंज पॉइंटवर पुन्हा एकदा वाचन करा. B.S च्या जोडीने एक नवीन समतलता निश्चित केली जाते. चेंज पॉइंटच्या R.L. ला. अशा प्रकारे, साधनांच्या दोन सेट-अपमधील स्तर B.S च्या माध्यमातून परस्परसंबंधित केले जाऊ शकतात. आणि एफ.एस. C.P वर घेतले.

नवीन संयोग बिंदूचा R.L. बदल बिंदूचा R.L + B.S. वाचन

क्रमिक बिंदूचे R.L.s आणि दुसरे C.P शोधा. R.L.

(v) च्या या समतलतेतून त्यांचे कर्मचारी वाचन वजा करून

सर्व R.L.s पूर्ण होईपर्यंत प्रक्रिया पुन्हा करा. अंकगणितीय तपासणी: बॅक साईट्सची बेरीज आणि बेरीजमधील फरक

(iv) दर्शनी ठिकाणे शेवटच्या आणि पहिल्या कमी केलेल्या पातळीतील फरकाच्या समान असावीत. इ.  $\Sigma B.S.$

-  $\Sigma$  एफ.एस. = शेवटचा R.L. - पहिला R.L.

प्लेन ऑफ कोलिमेशन आणि बदल पॉइंट्सच्या कमी झालेल्या पातळीची गणना फक्त तपासली जाते. इंटरमीडिएट कमी झालेल्या पातळीच्या कपातीची कोणतीही तपासणी नाही.

### 5.7 उदय आणि पतन प्रणाली (Rise and fall method)

या प्रणालीमध्ये, कोलिमेशनचे R.L. निर्धारित करण्याची आवश्यकता नाही. एकापाठोपाठ बिंदूमधील फरक खाली वर्णन केल्याप्रमाणे प्राप्त होतो: सेडफोर लेव्हलिंगचे काम सुरू करताना, आपण फील्ड बुकचे लेव्हल पृष्ठ तयार केले पाहिजे.

Staff Station	Reading			Rise (+)	Fall (-)	Reduced Level	Remark
	B.S	I.S	F.S				
BM							BM
1							.
2							.
3							.
.							CP1
.							.
.							.
.							CP2
.							.

1. पहिल्या नंतरच्या प्रत्येक बिंदूची त्याच्या तत्काळ आधीच्या बिंदूशी तुलना करून सलग बिंदूमधील स्टाफ रीडिंगमधील फरक निश्चित करा.

2. बिंदूवरील कर्मचारी वाचन आधीच्या बिंदूपेक्षा लहान किंवा मोठे आहे त्यानुसार त्यांच्या कर्मचाऱ्यांच्या वाचनाच्या फरकातून वाढ किंवा घट मिळवा.

म्हणजे

उदय किंवा पडणे = पूर्वीचे वाचन - वर्तमान वाचन जर फरक असेल तर +ve → उदय

जर फरक असेल तर -ve → फॉल

4. प्रत्येक बिंदूची कमी झालेली पातळी शोधून काढामागील बिंदू. म्हणजे कोणत्याही बिंदूची कमी केलेली पातळी = आधीच्या बिंदूची कमी केलेली पातळी + उदय किंवा पडणे

(+) → जेव्हा उदय

(-) → पडल्यावर

मागच्या दृष्टीची बेरीज आणि समोरच्या दृश्यांची बेरीज = उदयाची बेरीज आणि पडण्याची बेरीज मधील फरक = शेवटचा R.L. आणि पहिला R.L. मधील फरक

$S.V.S. - \sum F.S. = \sum \text{उदय} - \sum \text{फॉल} = \text{शेवटचा R.L.} - \text{प्रथम आर.एल.}$

रीडिंगची गणना तपासली जाते. शेवटचा R.L. पहिला R.L. अशा प्रकारे

शेतात घेतलेल्या रीडिंगवर कोणतीही तपासणी केली जात नाही याची नोंद घ्यावी. वरील चेक आहेतफक्त रेकॉर्डिंग आणि पातळी कमी करण्याच्या अचूकतेसाठी.

#### 4.6.1 प्लेन ऑफ कोलिमेशन सिस्टम (H.I.) आणि राइज फॉल सिस्टम आणि मधील तुलना

	प्लेन ऑफ कोलिमेशन सिस्टम	उदय आणि पतन प्रणाली
1	पद्धत अधिक जलद, कमी कंटाळवाणी आणि सोपी आहे कारण त्यात कमी गणना समाविष्ट आहे.	ही पद्धत अधिक कष्टदायक आहे कारण त्यात अधिक गणना समाविष्ट आहे.
2	मध्यवर्ती ठिकाणांच्या R.L.s च्या गणनेवर कोणतीही तपासणी नाही. त्यामुळे झालेली चूक अनियंत्रित राहते	सर्व गणनेच्या कामाची संपूर्ण तपासणी आहे.

3	कोणत्याही बिंदूच्या R.L. ची गणना करताना त्रुटी पुढे नेली जात नाही कारण R.L. ची गणना संबंधित समीकरणातून केली जाते.	कोणत्याही बिंदूच्या R.L. ची गणना करताना झालेली चूक पुढे नेली जाईल.
4	हे प्रोफाइल लेव्हलिंग ऑपरेशन्सच्या R.L. ची गणना करण्यासाठी, कालवे, रस्ते इत्यादीसारख्या बांधकाम कामांमध्ये पातळी देण्यासाठी वापरले जाते.	अचूक लेव्हलिंग कामे, तपासा समतलीकरण इत्यादींच्या R.L.s ची गणना करण्यासाठी याचा वापर केला जातो.

### संदर्भ (Reference)

Sr.No	Author	Title	Publisher with ISBN Number
1	Kanetkar T. P.; Kulkarni, S. V.	Surveying and Levelling volume I	Pune Vidyarthi Gruh Prakashan, Pune;ISBN:978-81-858-2511-3
2	Basak, N. N.	Surveying and Levelling	McGraw Hill Education, New Delhi ISBN93-3290-153-8
3	S. K. Duggal	Survey I	McGraw Hill Education, New Delhi, ISBN:978-00-701-5137-6
4	Punmia, B.C, Jain, Ashok KumarJain, Arun Kumar	Surveying I	Laxmi Publications., New Delhi. ISBN: 8-17-008853-4
5	Bhavikatti, S. S.	Surveying and Levelling, Volume 1	I. K. International, New Delhi ISBN: 978-81-906-9420-9

## घटक -5

## प्लेन टेबल सर्वेक्षण

## (Plane Table surveying)

**विषय निष्पत्ती : (Course Outcome) :** संबंधित तपशील शोधण्यासाठी प्लेन टेबल सर्वेक्षण वापरून योजना तयार करा.

**घटक निष्पत्ती : (Theory Learning Outcome)**

1. प्लेन टेबलच्या दिलेल्या प्रकारच्या उपकरणांची कार्ये आणि वापर स्पष्ट करा.
2. दिलेल्या परिस्थितीत प्लेन टेबलला अभिमुखता (Orientation) करण्याची पद्धत वर्णन करा.
3. दिलेल्या परिस्थितीसाठी प्लेन टेबलिंगच्या पद्धती निवडा.

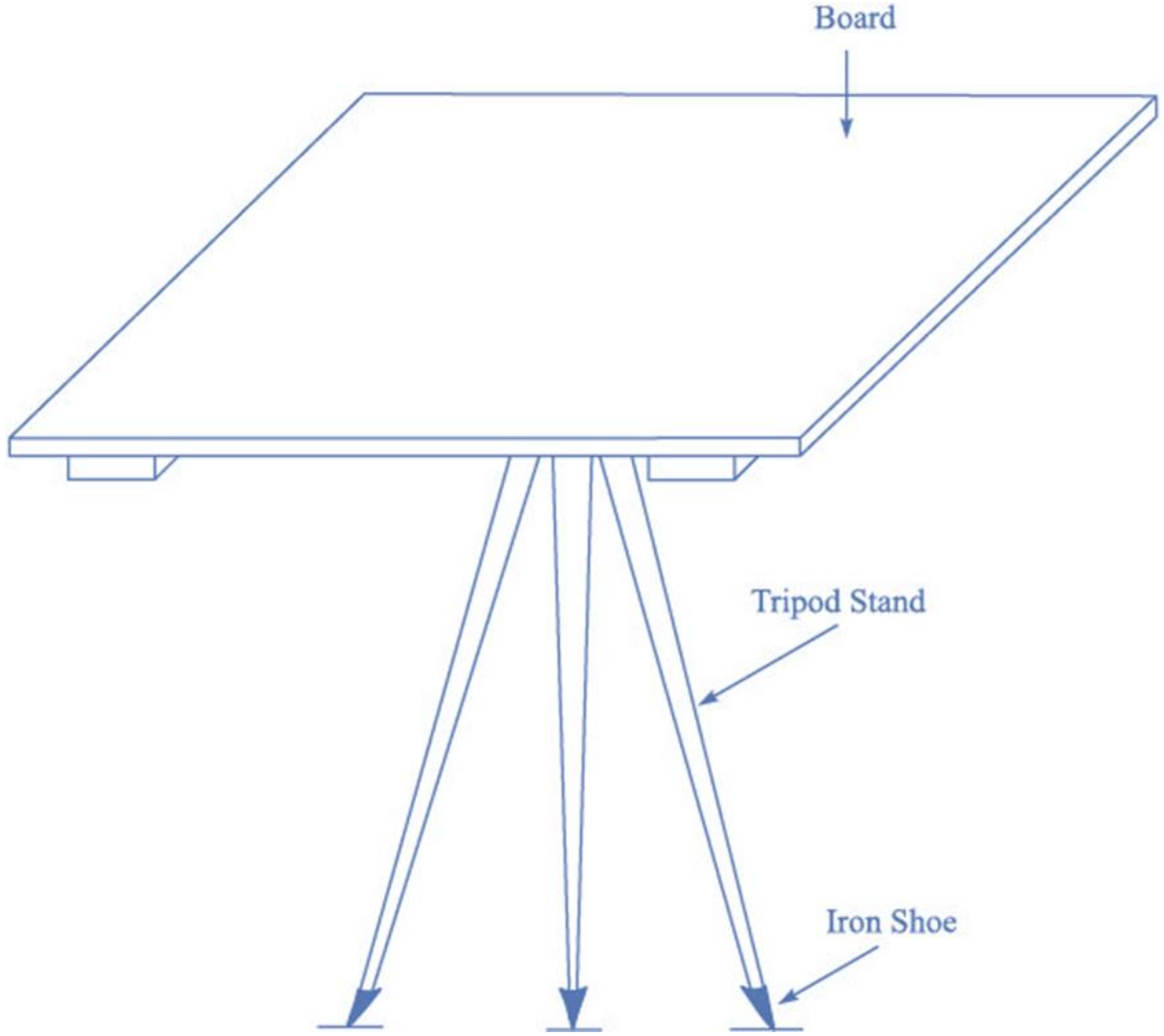
**5.1 प्लेन टेबल सर्वेक्षण चे तत्त्व:**

प्लेन टेबलिंगचा सिद्धांत समांतरता तत्वावर आधारित आहे, या तत्वानुसार “स्टेशन पासून वस्तुपर्यंत काढलेली किरणे जमिनीवर असलेल्या स्थानकांच्या रेषांच्या समांतर असतात” .प्लेन टेबल नेहमी सुरुवातीच्या स्टेशनवर व्यापलेल्या प्रत्येक स्थानकाला समांतर ठेवला जातोप्लेन टेबलिंग ही ग्राफिकल पद्धत आहे . येथे फील्ड वर्क आणि प्लॉटिंग हे एकाच वेळी केले जातात. या पद्धतीमध्ये फील्ड बुकचा वापर करण्याची गरज पडत नाही.

थिओडोलाइट द्वारे मार्गक्रमण (Traversing) करताना आतील तपशील भरण्यासाठी प्लेन टेबल वापरणे योग्य आहेकाहीवेळा मार्गक्रमण करतानाही प्लेन टेबलचा . वापर केला जातो. जेथे अचूकता आवश्यक असते तेथे प्लेन टेबलने सर्वेक्षण केले जात नाही. या उपकरणांची फिटिंग आणि फिक्सिंग व्यवस्था परिपूर्ण नसल्यामुळे, सर्वात अचूक कामाची अपेक्षा केली जाऊ शकत नाही.

**5.2 प्लेन टेबल सर्वेक्षणासाठी लागणारी उपकरणे आणि त्यांचा उपयोग:****1. प्लेन टेबल (Plane table)-**

प्लेन टेबल हे 750 मिमी x 600 मिमी आकाराचे रेखाचित्र बोर्ड आहे जे साग, झुरणे इत्यादि सारख्या झाडापासून बनविलेले आहेटेबलचा पृष्ठभाग हा . समांतर आहे.तळाच्या पृष्ठभागावर ट्रायपॉड स्टँड विंग नट आहे . प्लेन टेबल म्हणजे त्यावर ड्रॉइंग शीट बसवून वस्तूची स्थिती किरणांद्वारे व स्केलद्वारे दर्शविल्या जाते.

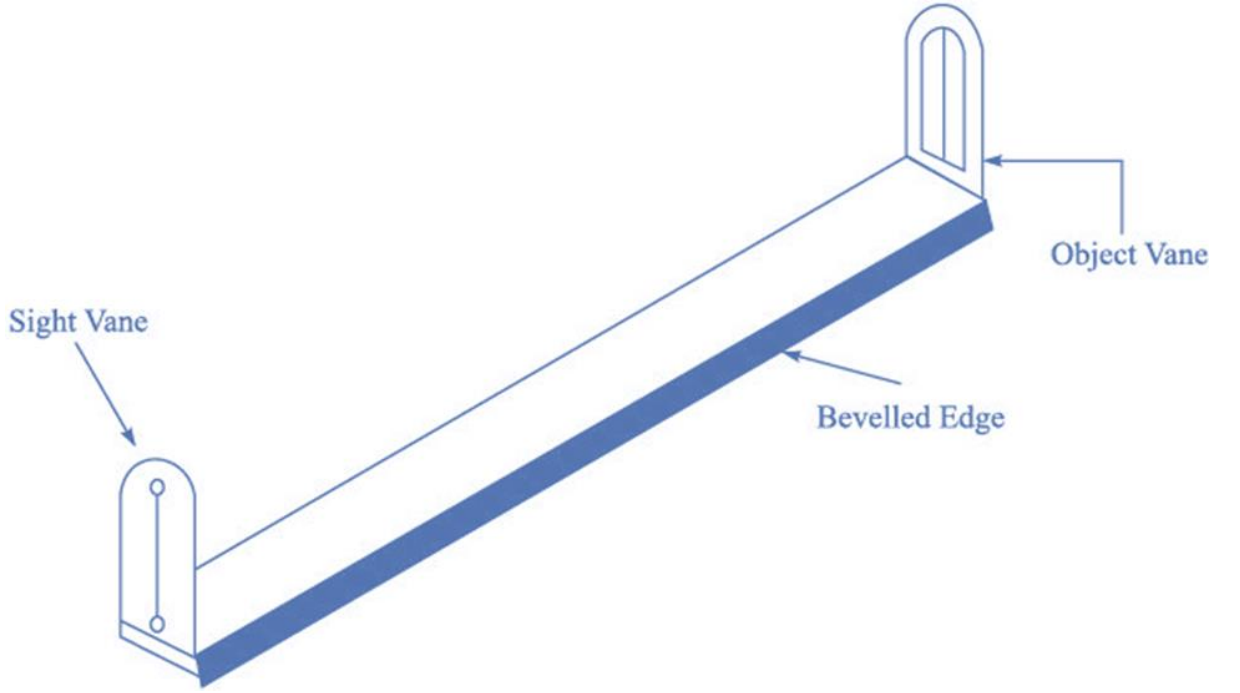


आ. क्र. १.१ प्लेन टेबल

## 2. अॅलिडेड (Alidade)-

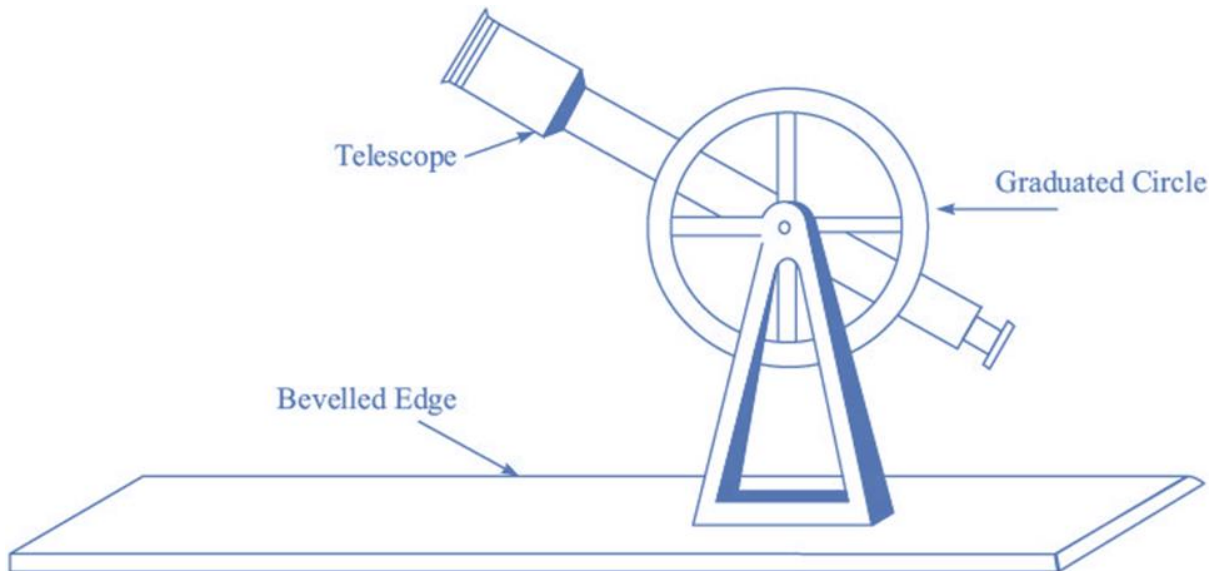
अॅलिडेडचे प्लेन अॅलिडेड आणि टेलिस्कोपिक अॅलिडेड असे दोन प्रकार आहेत.

- **प्लेन अॅलिडेड-** साधा अॅलिडेड सुमारे 50 से.मी. लांबीचा धातूचा किंवा लाकडाचा पट्टीसारखा दिसणारा असतो. त्याच्या कडांपैकी एक धार बेव्हेल्ड आहे आणि ती फिड्युशियल एज (fiducial edge) म्हणून ओळखली जाते. यात दोन्ही टोकांना दोन वेन्स (vanes) असतात ज्या पट्टीशी जोडलेल्या असतात. एक ऑब्जेक्ट वेन (object vane) म्हणून ओळखले जाते आणि घोड्याचे केस धारण करते; दुसऱ्याला आय वेन किंवा साईट वेन (eye vane/sight vane) असे म्हणतात. आय वेन ने स्थानक पाहून ऑब्जेक्ट वेन मधील हेयर ने त्यास बायसेक्ट करावे लागते.



आ. क्र. 1.2 प्लेन अॅलिडेड

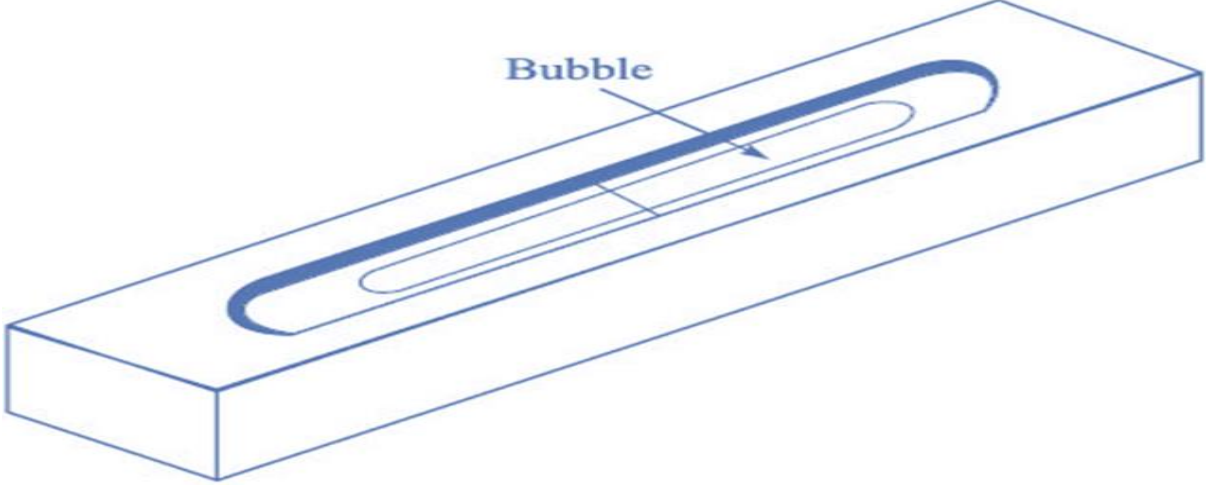
- **टेलिस्कोपिक अॅलिडेड (Telescopic alidade)** - टेलिस्कोपिक अॅलिडेड मध्ये दुर्बिणीचा समावेश असतो किंवा दूरच्या वस्तू स्पष्टपणे पाहतो. या अॅलिडेडला टोकाकडे झुकलेल्या दृष्टीसाठी वेन्स नसतात, परंतु त्याला फिड्युशियल एज (fiducial edge) प्रदान केली जाते. अॅलिडेड ने स्थानक पाहून फिड्युशियल एज ने किरण काढले जातात.



आ. क्र. 1.3 टेलिस्कोपिक अॅलिडेड

### 3. स्पिरिट लेव्हल (Spirit level) -

ही एक लहान धातूची नळी असते ज्यामध्ये स्पिरिटचा एक छोटा बुडबुडा (bubble) असतो ग्रॅज्युएटेड . काचेच्या नळीसह वरच्या बाजूला बुडबुडा (bubble) दिसतो स्पिरिट लेव्हल हे प्लेन टेबल समतल करण्यासाठी . वापरले जाते.

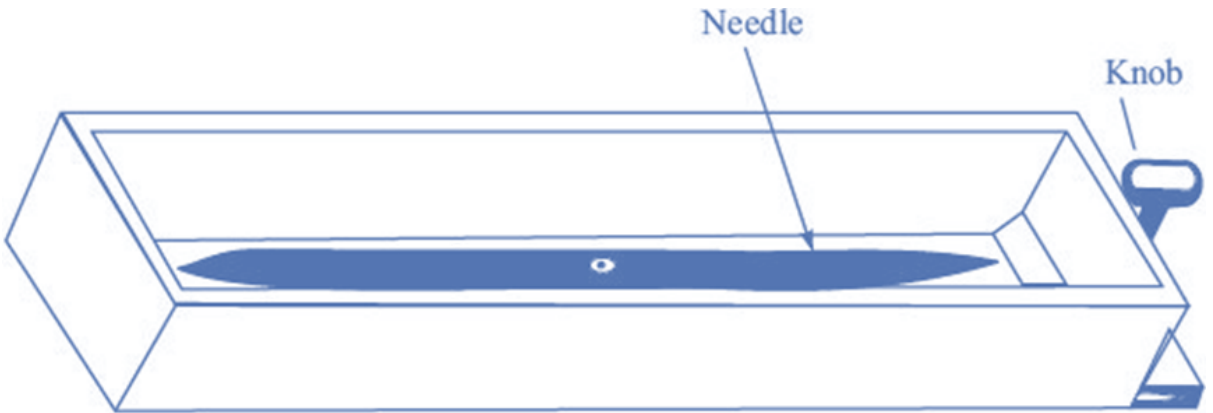


आ. क्र. 1.4 स्पिरिट लेव्हल

### 4. होकायंत्र/ कंपास (Compass):

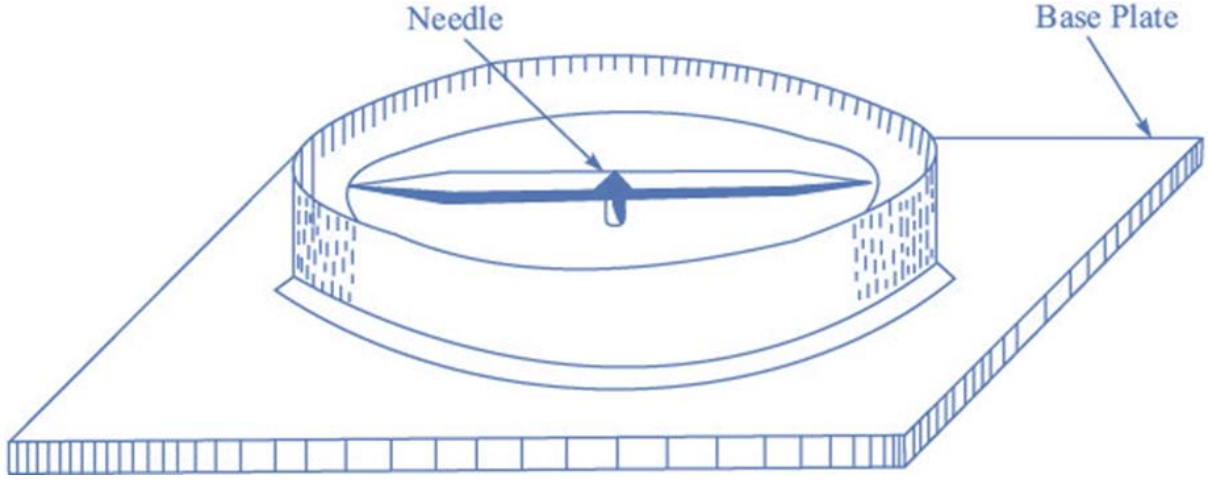
होकायंत्राचे दोन प्रकार आहेत गोलाकार बॉक्स (ब) ट्रफ कंपास आणि (अ) कंपास.

- **ट्रफ कंपास (Trough Compass)** - हा चुंबकीय नसलेल्या धातूपासून बनलेला एक आयताकृती बॉक्स आहे ज्यामध्ये मध्यभागी एक चुंबकीय सुई असते. या कंपासमध्ये उत्तर दिशा शोधण्यासाठी सुईच्या उत्तर टोकास '0°' चिन्ह दिलेले असते.



आ. क्र. 1.5 ट्रफ कंपास

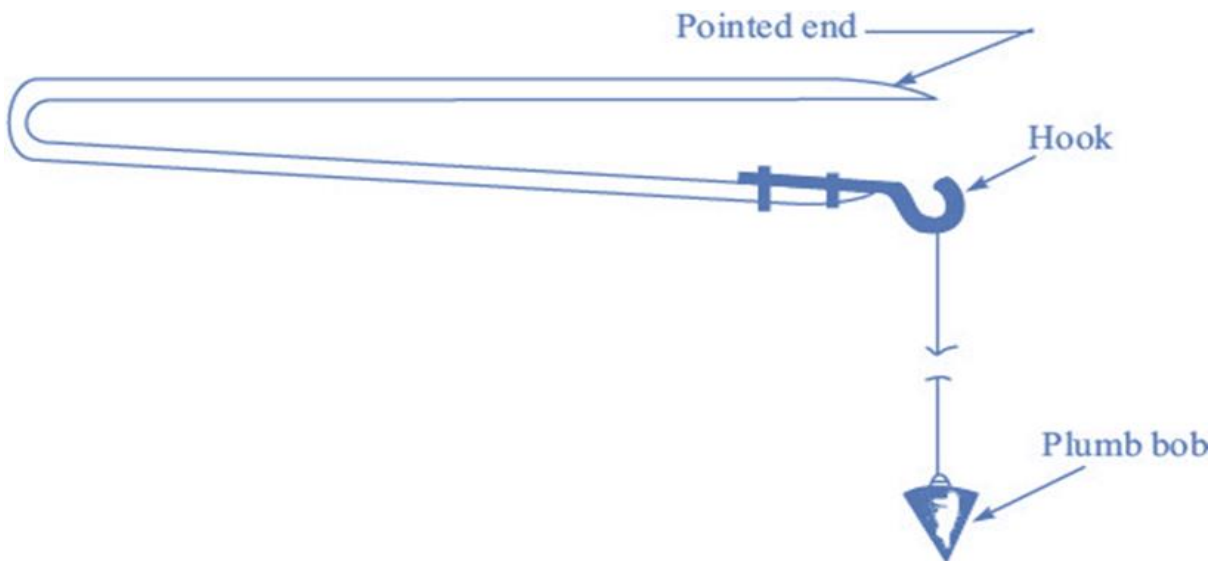
- **गोलाकार बॉक्स कंपास (Circular Box Compass)-** गोलाकार बॉक्स कंपास मध्ये मध्यभागी पिन्वोटेड मॅग्नेटिक सुई फिट केलेली असते. कधीकधी दोन बबल ट्यूब एकमेकांच्या प्लेटला काटकोनात निश्चित केल्या जातात.



आ. क्र. 1.6 गोलाकार बॉक्स कंपास

#### 5. यूफोर्क-/ प्लंबिंग फोर्क (U-fork/Plumbing fork)-

यू.वाकलेली धातूची पट्टी आहे च्या आकारात (हेअर पिन) यू" फोर्क ही- यूफोर्क किंवा प्लंबिंग फोर्क - प्लंब बॉबसह ड्रॉइंग शिट वर(Drawing sheet) स्थानकबिंदु (station) ओळंब्याच्या आकड्याच्या (Plumb bob with U-frame) सहाय्याने, जमिनीवरील स्थानकाच्या बरोबर उभ्या रेषेत आणण्यासाठी वापरले जाते. हे प्लेन टेबल चे केंद्रीकरण (centring) करण्यासाठी वापरल्या जाते.



आ. क्र. 1.7 यूफोर्क-/ प्लंबिंग फोर्क



### 5.3 स्टेशनवर प्लेन टेबल सेट करण्याची प्रक्रिया:

स्टेशनवर प्लेन टेबल सेट करण्यासाठी खालील स्टेप्स (steps) पार पाडाव्या लागतात

#### 1. ट्रायपॉड स्टँडवर प्लेन टेबल फिक्स करणे-

ट्रायपॉड स्टँडला आवश्यक त्या स्थानकावर (station) त्याचे तिन्ही पाय चांगले वेगळे करून ठेवले जाते . मग तळाशी विंग नट (wing nut) द्वारे प्लेन टेबल त्यावर निश्चित केला जातो.

#### 2. टेबल समतल करणे .-

स्पिरिट लेव्हल (spirit level) टेबलवर वेगवेगळ्या कोपऱ्यांवर आणि स्थानांवर ठेवून टेबल समतल केले जाते. टेबलचे पाय समायोजित करून बबलला त्याच्या रनच्या मध्यभागी आणले जाते ..

#### 3. टेबलचे केंद्रीकरण करणे .-

ड्रॉइंग शिट वर (Drawing sheet) प्लेन टेबलवर निश्चित केले जाते . ड्रॉइंग शिट वर 'p' हा बिंदु ओळंब्याच्या आकड्याच्या (Plumb bob with U-frame) सहाय्याने, 'P' या जमिनीवरील स्थानकाच्या बरोबर उभ्या रेषेत आणला जातो. जमिनीवरील स्टेशन 'P' चे प्रतिनिधित्व करण्यासाठी ड्रॉइंग शिट वरयोग्य बिंदू 'p' निवडला जातो नंतर या निवडलेल्या बिंदूवर एक पिन निश्चित केली जाते . यू -फोर्कचा (U-fork) वरचा टोकाचा भाग स्टेशनच्या संपर्कात आणला जातो. खालच्या टोकाला हुकमधून लटकवलेला प्लंब बॉब, टेबलच्या घड्याळाच्या दिशेने वळवून किंवा घड्याळाच्या उलट दिशेने वळवून किंवा पाय समायोजित करून स्टेशन 'P' वर फक्त आणला जातो. टेबल नंतर क्लॅम्प .ऑपरेशनला टेबलचे केंद्रीकरण म्हणतात या . केला जातो. टेबलचे केंद्रीकरण करतांना समतल प्रक्रियेमध्ये अडथळा येणार नाही याची काळजी घेतली जाते.

#### 4. उत्तर .दिशा चिन्हांकित करणे-

ट्रफ कंपास उजव्या हाताच्या वरच्या कोपऱ्यात अंदाजे उत्तरेकडे ठेवलेले जाते मग .ट्रफ कंपास घड्याळाच्या काट्याच्या दिशेने किंवा उलट दिशेने वळवले जाते जेणेकरून सुई  $0^\circ$  च्या चिन्हाशी तंतोतंत जुळेल. आता उत्तर दिशा दर्शविणारी एक रेषा ट्रफ कंपास च्या काठावरून काढली जाते आणि प्लेन टेबल वळणार नाही हे सुनिश्चित केले जाते.

#### 5. अभिमुखता ./ओरिएंटेशन (Orientation)-

सुरुवातीच्या स्थानकावर बसलेल्या स्थानाच्या समांतर प्रत्येक स्थानकावर प्लेन टेबल सेट करण्याची पद्धत ओरिएंटेशन म्हणून ओळखली जाते. प्लेन टेबलिंग समांतरतेच्या तत्वावर आधारित आहे. त्यामुळे, जर ओरिएंटेशन

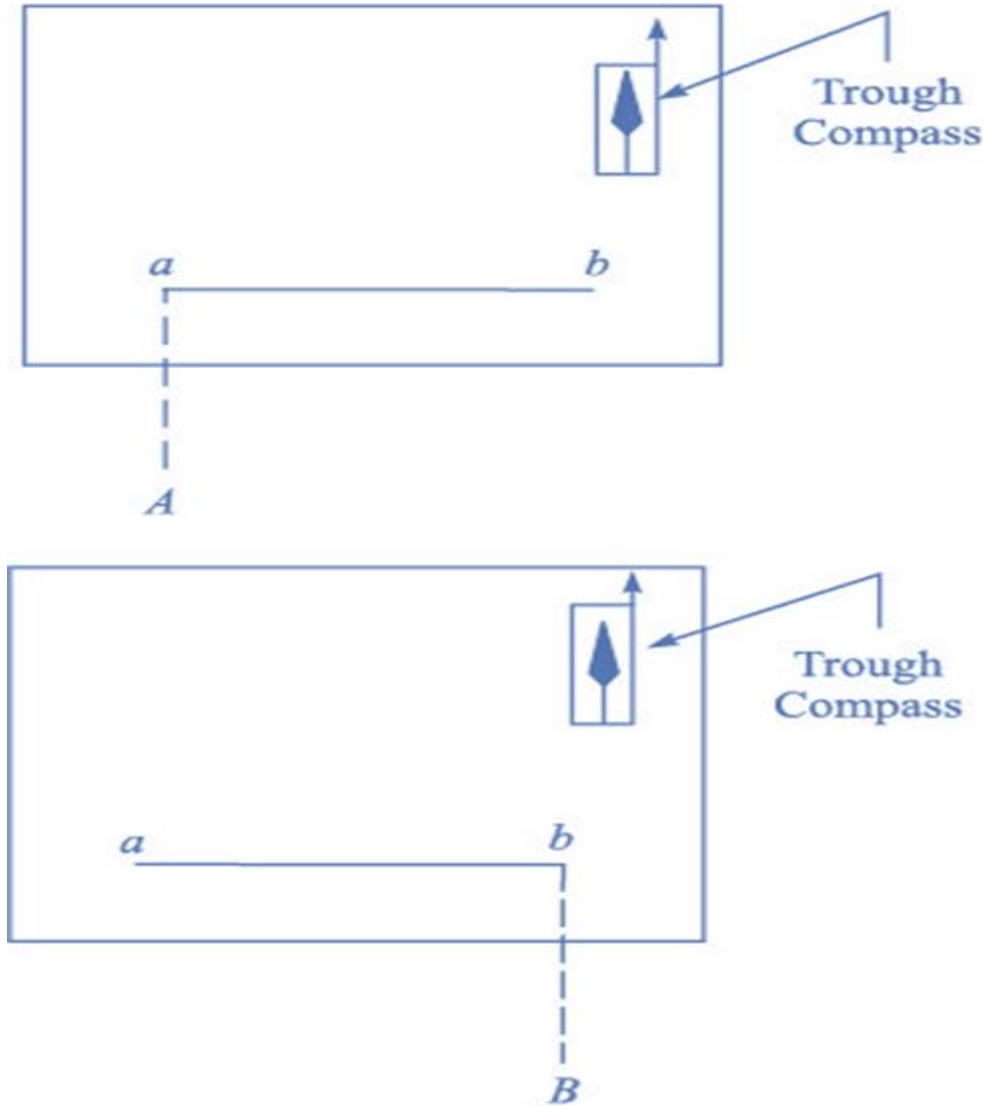
योग्य असेल तर नकाशावरील वस्तूंचे सापेक्ष स्थान नक्की अचूक असणार परंतु ओरिएंटेशन न केल्यास नकाशा . वस्तूंच्या वास्तविक स्थानांचे प्रतिनिधित्व करणार नाही .

जेव्हा अनेक स्टेशनस जोडून प्लेन टेबल सर्वेक्षण करावयाचे असते, तेव्हा प्रत्येक सलग स्टेशनवर ओरिएंटेशन केले जाणे आवश्यक आहे .ओरिएंटेशन दरम्यान, हे नेहमी लक्षात ठेवले पाहिजे की केंद्रीकरण, समतलीकरण आणि ओरिएंटेशन, या आवश्यकता एकाच वेळी पूर्ण केल्या पाहिजेत .ओरिएंटेशन (अ) चुंबकीय सुईने (Magnetic needle) किंवा (ब) बॅकसाइटिंग (Back sighting) पद्धतीने केले जाऊ शकते .

**अ) चुंबकीय सुईद्वारे अभिमुखता (Orientation by Magnetic needle)-**

जेव्हा परिसरात स्थानिक आकर्षणाचा (Local attraction) संशय नसतो तेव्हा ही पद्धत योग्य असते.

**कार्यपद्धती (Procedure) -**



**आ. क्र. 1.8 चुंबकीय सुईद्वारे अभिमुखता**

1. समजा A आणि B ही दोन स्थानके आहेत प्लेन टेबल स्टेशन . 'A' वर सेट केले आहे आणि स्पिरिट लेव्हलने समतल केले आहे फोर्क आणि प्लंब बॉबद्वारे केले जाते जेणेकरून बिंदू-केंद्रीकरण यू . 'a' स्टेशन 'A' च्या अगदी वर असेल नंतर .ट्रफ कंपास किंवा वर्तुळाकार बॉक्स कंपास शीटच्या उजव्या हाताच्या वरच्या कोपऱ्यावर अशा प्रकारे ठेवले जाते की सुई  $0^\circ$  मार्कशी एकरूप होईलानंतर . उत्तर रेषेचे प्रतिनिधित्व करणारी एक रेषा ट्रफ कंपास च्या काठावरून काढली जाते.टेबल नंतर क्लॅम्प केले जाते.
2. अॅलिडेडने बिंदू 'a' ला स्पर्श करून 'B' वरील रेंजिंग रॉड बायसेक्ट केले जाते आणि एक किरण काढला जातो अंतर .A-B मोजले जाते आणि कोणत्याही सोईचे स्केल (scale) द्वारे 'B' च्या दिशेने काढलेल्या किरणा (ray) वर तें अंतर टाकावे व तेथे 'b' नांव द्यावे.
3. टेबल हलवून 'B' चे केंद्रीकरण करावे, जेणेकरून बिंदू 'b' फक्त 'B' वर असेल आता ट्रफ .कंपास पूर्वी काढलेल्या उत्तर रेषेच्या अगदी बरोबर ठेवावा. सुई ट्रफ कंपासच्या  $0^\circ$  चिन्हाशी तंतोतंत जुळत नाही तोपर्यंत टेबल घड्याळाच्या दिशेने किंवा उलट दिशेने फिरवला जातो. टेबल फिरवताना, केंद्रीकरणमध्ये अडथळा येणार नाही याची काळजी घ्यावीतसे असल्यास ., प्लेन टेबल त्वरित समायोजित केले पाहिजे.
4. जेव्हा केंद्रीकरण आणि समतलीकरण परिपूर्ण असते आणि सुई  $0^\circ$  वर असते, तेव्हा अभिमुखता (orientation) परिपूर्ण असल्याचे म्हटले जाते

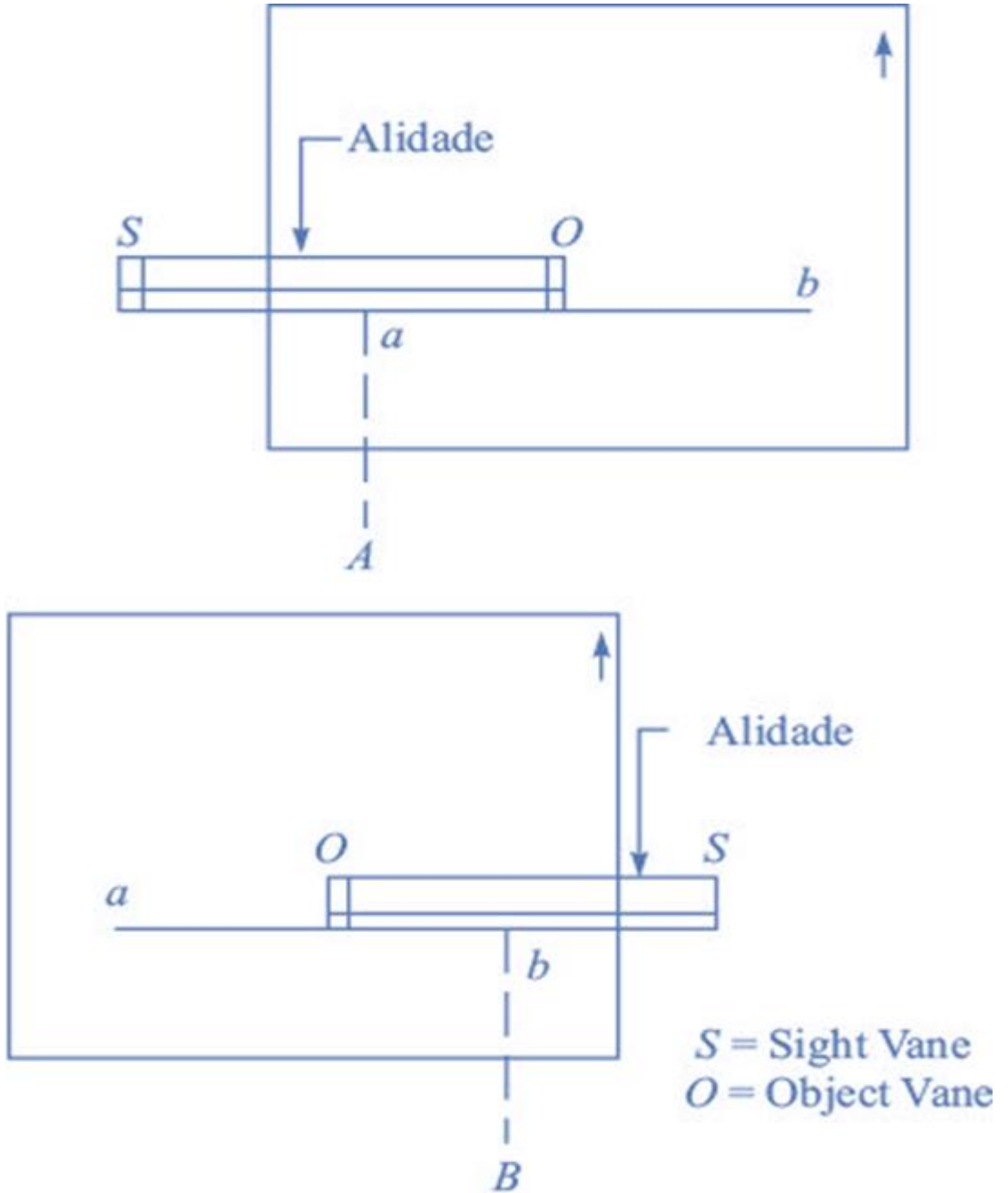
### ब) बॅकसाइटिंगद्वारे अभिमुखता (Orientation by Back sighting):

ही पद्धत अचूक आहे आणि याला नेहमीच प्राधान्य दिले जाते. जेव्हा परिसरात स्थानिक आकर्षणाचा (Local attraction) संशय असतो तेव्हा ही पद्धत योग्य मानली जाते.

### कार्यपद्धती (Procedure)-

1. 'A' आणि 'B' ही दोन स्थानके आहेत प्लेन टेबल . 'A' वर सेट केले जाते. टेबल स्पिरिट लेव्हलने समतल केले जाते आणि यू फोर्कने-केंद्रीकरण करून, बिंदू 'a' हा स्टेशन 'A' वर आणला जातो .ट्रफ कंपासने उत्तर रेषा शीटच्या उजव्या हाताच्या वरच्या कोपऱ्यात चिन्हांकित केली जाते.
2. अॅलिडेडने बिंदू 'a' ला स्पर्श करून 'B' वरील रेंजिंग रॉड बायसेक्ट केले जाते आणि एक किरण काढला जातो अंतर .A-B मोजले जाते आणि कोणत्याही सोईचे स्केल (scale) द्वारे 'B' च्या दिशेने काढलेल्या किरणा (ray) वर तें अंतर टाकावे व तेथे 'b' नांव द्यावे.

3. प्लेन टेबल हलवून 'B' वर सेट करावा .तो समतल करावा आणि केंद्रीकरण करून 'b' फक्त 'B' वर असेल याची खात्री करावी .आता एलिडेड ला b-a च्या दिशेने ठेवून, 'A' ठिकाणी असलेला रेंजिंग रॉड टेबल घड्याळाच्या दिशेने किंवा घड्याळाच्या उलट दिशेने वळवून बायसेक्ट करावायावेळी केंद्रीकरण . जेव्हा .विस्कळीत होऊ शकते आणि आवश्यक असल्यास त्वरित समायोजित केले पाहिजे 'A' मधील रेंजिंग रॉडचे केंद्रीकरण, समतलीकरण आणि परिपूर्ण असतात तेव्हा अभिमुखता परिपूर्ण असल्याचे म्हटले जाते



आ. क्र. १.९ बॅकसाइटिंगद्वारे अभिमुखता

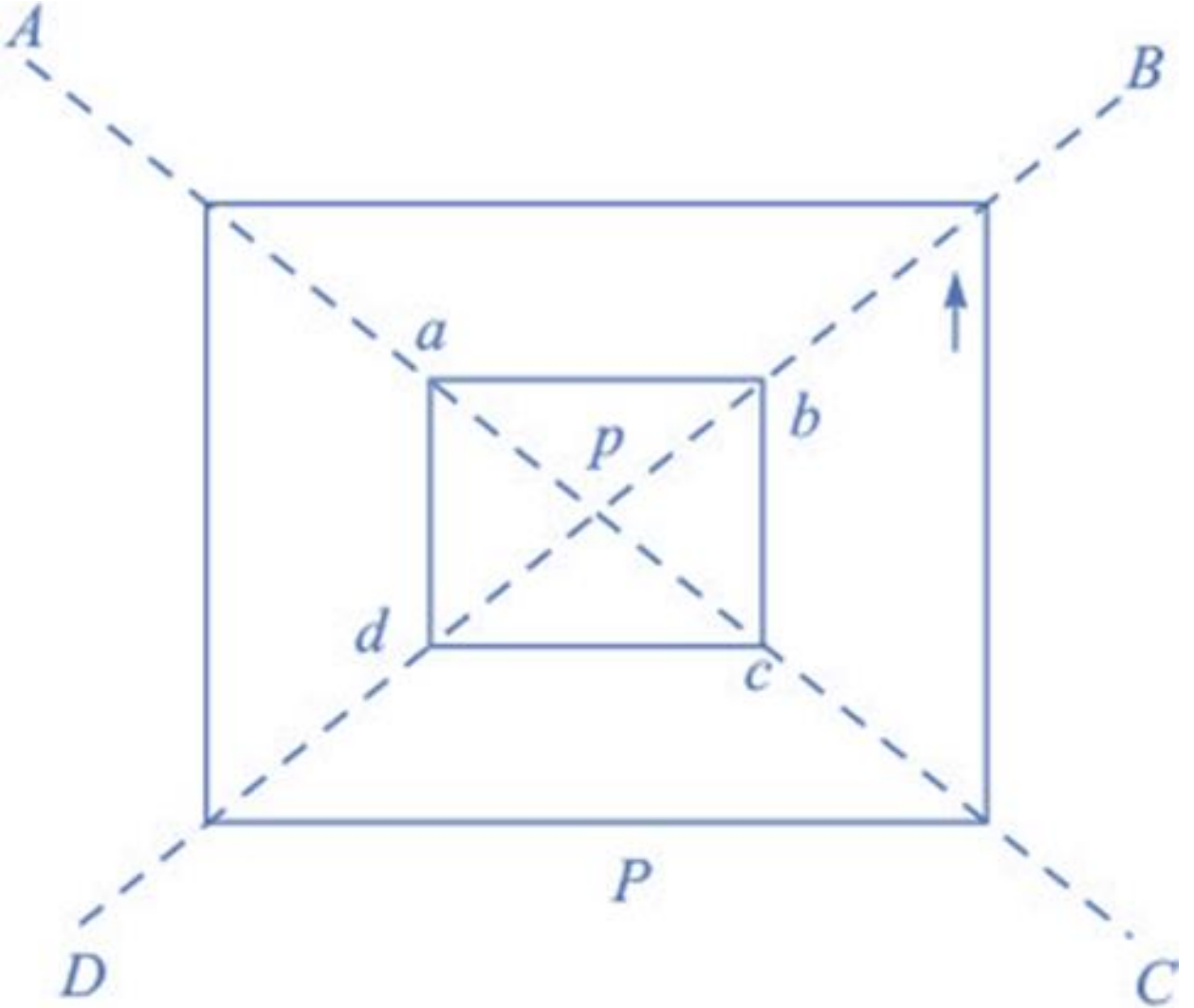
### 5.4 प्लेन टेबल मोजणीच्या पद्धति (Methods of plane table surveying):

प्लेन टेबल मोजणीच्या खालील पद्धति आहेत.

1. किरण-पद्धति (Radiation Method)
2. छेद-पद्धति (Intersection Method)
3. वेढा-पद्धति (Traversing Method)

#### 1. किरण-पद्धति (Radiation Method) :

ही पद्धत एकाच स्थानकापासून सर्व बिंदूचे स्थान निश्चित करण्यासाठी वापरली जाते. या पद्धतीत मोजणीक्षेत्राच्या मध्यभागी एक बिंदू घेतात आणि तेथून सर्व स्थानकांवर किरणें (Rays) टाकतात व नकाशावर आखतात. ही किरणें मोजून नकाशा तयार करता येतो. लहान क्षेत्राचे क्षेत्रफळ काढण्यास ही पद्धति चांगली आहे.



आ. क्र.१.१० किरण-पद्धति

**कार्यपद्धती (Procedure) :**

1. सर्वप्रथम जेथून सर्व बिंदू दिसतील असा एक बिंदू 'P' सर्वेक्षणाक्षेत्राच्या मध्यभागी घ्यावा. नंतर प्लेन टेबल चे 'P' स्थानका जवळ आणून समतल करावे.
2. ड्रॉइंग शिट वर 'p' हा बिंदू ओळंब्याच्या आकड्याच्या (plumb bob with U-frame) सहाय्याने, 'P' या जमिनीवरील स्थानकाच्या बरोबर उभ्या रेषेत आणावा.
3. आता ड्रॉइंग शिटच्या (Drawing sheet) उजव्या बाजूस सर्वात वरील कोपऱ्यांत चुंबकीय सूचीच्या (Trough compass) सहाय्याने उत्तर (North) दिशा आखून घ्यावी.
4. 'p' या ड्रॉइंग शिटवरच्या (Drawing sheet) बिंदूजवळ अलिडेड (alidate) आणून A, B, C, D या स्थानकांना वेधावे व वेधत असतानाच ड्रॉइंग शिट वर अलिडेड च्या सहाय्याने किरणें p-a, p-b, p-c आणि p-d (rays) आखावीत.
5. आता P-A, P-B, P-C आणि P-D ही जमिनीवरची अंतरे टेपने मोजावी आणि सोईचे स्केल (scale) निवडून ड्रॉइंग शिट वर आखावी. नंतर ड्रॉइंग शिट वर a, b, c व d ही स्थानके जोडावी, म्हणजे नकाशा तयार होईल.
6. तयार झालेल्या नकाशाच्या कामाचा ताळा येण्यासाठी ड्रॉइंग शिटवरील (Drawing sheet) a ते b, b ते c, c ते d आणि d ते a ही अंतरे टेपने मोजून घ्यावीत व त्यांची जमिनीवरील अंतराशी तुलना करावी.

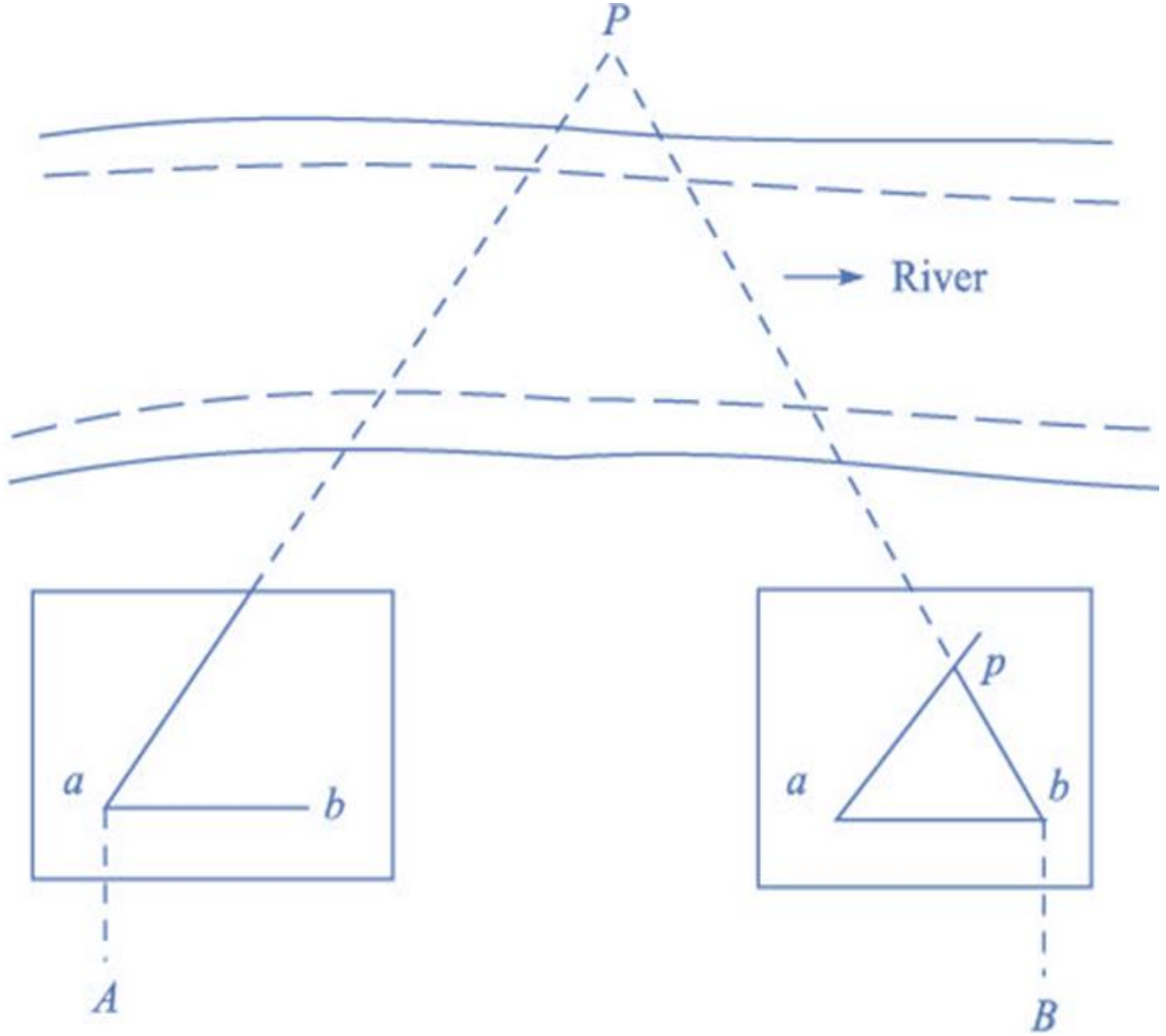
**2. छेद-पद्धति (Intersection method):**

ही पद्धत अंतर मोजणीस अडचणीचे (inaccessible) असलेल्या सर्व बिंदूंचे स्थान निश्चित करण्यासाठी वापरली जाते. या पद्धतीत मोजणीक्षेत्रातील बिंदूची स्थाने दोन किरणांच्या छेदबिंदूने निश्चित करतात. ही पद्धत पुढील कामांना वापरतात.

- I. तपशील ठरवणे,
- II. लांबच्या व पोचण्यास कठीण असलेल्या बिंदूची स्थाने ठरवणे,
- III. तुटलेल्या हद्दी ठरवणे,
- IV. नद्याच्या हद्दी व काठ ठरवणे आणि
- V. डोंगराळ प्रदेशांतील जमीन मोजणे.

**कार्यपद्धती (Procedure) :**

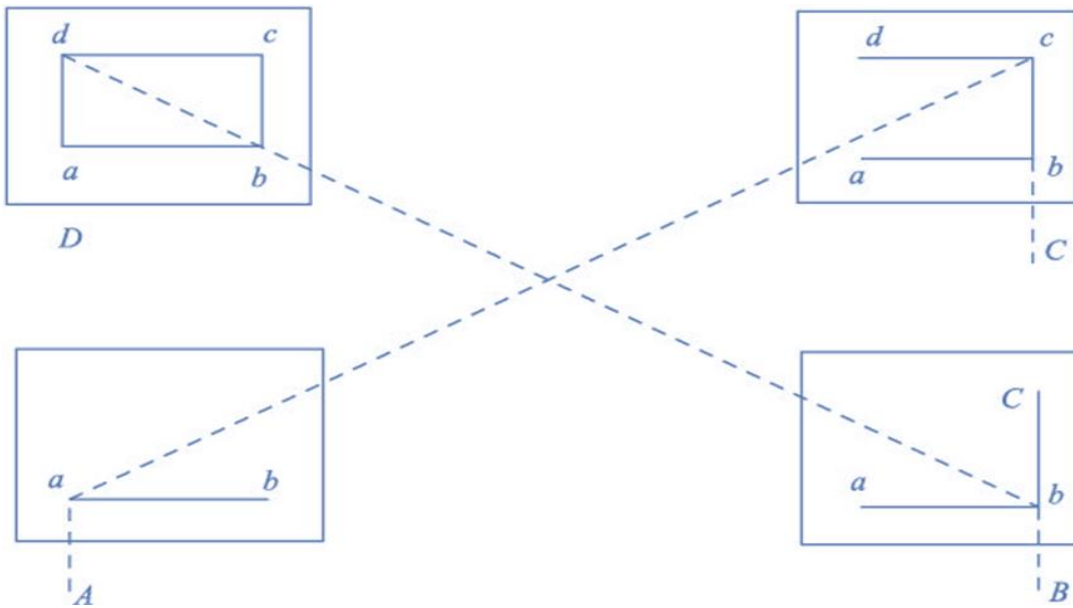
1. मोजणीक्षेत्रांत 'A' व 'B' ही ज्ञात अंतरावरील कोणतीही दोन स्थानके अशी निवडा की, प्रत्येक बिंदूपासून पासून नदीच्या दोन्ही तीरावरील सर्व बिंदु व स्थानके दिसतील.

**आ. क्र. आ. क्र.1.11 छेद-पद्धति**

2. 'A' जवळ प्लेन टेबल लावा व समतल (levelling) करून ड्रॉईंग शिट वर (Drawing sheet) 'a' हा बिंदु ओळंब्याच्या आकड्याच्या (plumb bob with U-frame) सहाय्याने, 'A' या जमिनीवरील स्थानकाच्या बरोबर उभ्या रेषेत आणावा. आता चुंबकीय सूचीच्या (Trough compass) सहाय्याने ड्रॉईंग शिटच्या उजव्या बाजूस सर्वात वरील कोपऱ्यांत उत्तर (North) दिशा ड्रॉईंग शिट वर आखून घ्यावी.

3. ड्रॉइंग शिटवरील (Drawing sheet) 'A' या बिंदूजवळ अॅलिडेड (alidade) लावावा, आणि 'B' स्थानक व 'P' स्थानक असलेल्या निशाणांचा वेध घ्यावा आणि ड्रॉइंग शिट वरत्या दिशेने 'A' पासून किरणे (rays) काढावीत.
4. 'A' व 'B' स्थानकांतील अंतर टेपने मोजून घ्यावे आणि कोणतेहि सोयीस्कर स्केल घेऊन, त्या स्केलने, 'B' च्या दिशेने काढलेल्या किरणा (ray) वर तें अंतर टाकावे व तेथे 'b' नांव द्यावे.
5. आता प्लेन टेबल हलवून 'B' स्थानकावर लावावे. नंतर अॅलिडेड (alidade) ड्रॉइंग शिट वरच्या a-b रेषेस लावून, 'A' स्थानकावर मागील निरीक्षण (back sight) घ्यावे व टेबलाचे अनुस्थापन (orientation) करावे.
6. अॅलिडेड (alidade) 'b' या ड्रॉइंग शिटवरच्या बिंदूजवळ लावावा व पुन्हा 'P' स्थानक असलेल्या निशाणावर वेध घ्यावे व दशरेखकाच्या (alidade) कडेने 'b' पासून ड्रॉइंग शिट वर (Drawing sheet) किरण काढावे. 'P' या स्थानकाचा किरण 'a' पासून पूर्वीच काढलेला आहे. यास, 'b' पासून 'P' च्या दिशेने काढलेला किरण जिथे छेदेल तेथे 'p', हें नांव द्या.
7. या पद्धतीमध्ये पायारेपा a-b हीच फक्त मोजावी लागते. इतर कोणतीहि माप घ्यावी लागत नाहीत. जाण्यास अशक्य अशा ठिकाणाचे स्थान नकाशावर निश्चित करतां येते. बिंदूची स्थाने बरोबर मिळावीत, व चूक होऊ नये म्हणून, पायारेषेच्या स्थानकाशी होणारे कोन  $30^\circ$  ते  $120^\circ$  या मर्यादित असावेत.

### 3. वेढा-पद्धति (Traversing method) :



आ. क्र.1.12 वेढा-पद्धति



ही पद्धत ट्रॅव्हर्स बिंदूचे स्थान निश्चित करण्यासाठी वापरली जाते. कंपासच्या किंवा थिओडोलाइट च्या वेढा-पद्धति प्रमाणेच ही पद्धति आहे. या पद्धतीमध्ये किरण-पद्धति (Radiation Method) व छेद-पद्धति (Intersection Method) चा वापर करून बिंदूचे स्थान निश्चित केल्या जाते. ही पद्धत रस्ते व नद्या यांच्या मोजणीसाठी उपयुक्त आहे.

#### कार्यपद्धती (Procedure) :

1. प्रथम सर्वेक्षणामोजणीक्षेत्रा मधील वेढ्याची 'A', 'B', 'C' व 'D' ही स्थाने निवडावी व तेथे खुंटया (peg) ठोकाव्या.
2. 'A' जवळ प्लेन टेबल लावा व समतल (levelling) करून ड्रॉइंग शिट वर 'a' हा बिंदु ओळंब्याच्या आकड्याच्या (plumb bob with U-frame) सहाय्याने, 'A' या जमिनीवरील स्थानकाच्या बरोबर उभ्या रेषेत आणावा.
3. चुंबकीय सूचीच्या (Trough compass) सहाय्याने ड्रॉइंग शिटच्या (Drawing sheet) उजव्या बाजूस सर्वात वरील बाजुच्या कोपऱ्यांत उत्तर (North) दिशा ड्रॉइंग शिट वर आखून घ्यावी.
4. 'a' जवळ अलिडेड (alidade) लावावा आणि व जवळच्या 'B' निशाणाचा वेध घेऊन ड्रॉइंग शिट वर (Drawing sheet) त्या दिशेने किरण (ray) आखावा.
5. a-b हे अंतर बरोबर मोजावे आणि योग्य ते स्केल घेऊन ते 'B' च्या दिशेने काढलेल्या किरणावर टाकावे. त्या रेषेच्या टोकास 'b' हा बिंदु मिळेल. (६) जी स्थानके निश्चित करावयाची असतील त्या सर्व स्थानकांच्या दिशेने दशरिखकाच्या (alidade) सहाय्याने किरणें काढावीत व ती मोजून त्यांचे नकाशावरचें स्थान मिळवावे स्थानके फार लांब असतील तर दोन किरणांच्या छेदाच्या (intersection) सहाय्याने त्यांचे स्थान मिळवावे.
6. 'A' स्थानकाजवळचे प्लेन टेबल उचलून 'B' स्थानकाजवळ न्यावे. तेथे टेबल लावावे व 'A' स्थानकावर मागील निरीक्षण (back sight) घेऊन त्याचे अनुस्थापन (orientation) करावे.
7. 'b' हा ड्रॉइंग शिटवरचा बिंदु घेतल्यानंतर 'C' स्थानकाच्या दिशेने वेध घ्यावा व ड्रॉइंग शिट वर (Drawing sheet) दशरिखकाच्या (alidade) सहाय्याने किरण (ray) काढावे. b-c हे अंतर मोजून पूर्वीच्याच स्केल ने 'c' बिंदु नकाशावर मिळवावा.

8. 'b' बिंदूजवळ अॅलिडेड लावून जी स्थानके निश्चित करावयाची असतील त्या सर्व स्थानकांच्या दिशेने दशरिखकाच्या (alidade) सहाय्याने किरणें काढावीत व ती मोजून त्यांचे नकाशावरचें स्थान मिळवावे किंवा दोन किरणांच्या छेदाच्या (intersection) सहाय्याने त्यांचे स्थान मिळवावे.
9. वरीलप्रमाणेच प्लेन टेबल 'C' आणि 'D' स्थानकावर नेऊन नकाशा पूर्ण होईपर्यंत हीच कृती पुन्हा करावी.

## 5.5 प्लेन टेबल सर्वेक्षणाचे फायदे व तोटे (Merits and Demerits of Plane Table Surveying):

### 5.5.1 प्लेन टेबल सर्वेक्षणाचे फायदे -

1. लहान प्रमाणावर नकाशे तयार करण्यास फार उपयुक्त आहे.
2. मोजणीचे काम जलद होऊ शकते.
3. नकाशा काढणें व मोजणे ही कामें एकदम होत असल्याने, चुका कमी होतात व टाळता येतात. मोजणी-वहीची आवश्यकता नसते.
4. टेबलावर तयार झालेला नकाशा व मोजलेली जागा यांची तुलना मोजणीदारास सर्वेक्षणाक्षेत्रांतच करता येते व चूक राहिली असल्यास दुरुस्त करता येते. आणि मोजतांना होणाऱ्या चुका, व नकाशा काढतांना होणाऱ्या चुका दुरुस्त करता येतात.
5. अनियमित वस्तु व जमिनीचा उंचसखल भाग समोरच दिसत असल्याने व त्यांचा नकाशा बरोबर काढता येतो.
6. लोखंडाची खाण किंवा विद्युत्-उपकरणे असलेल्या ठिकाणी कंपास सर्वेक्षणा(Compass surveying) अचूक होऊ शकत नाही. कारण तेथे स्थानिक आकर्षणामुळे (local attraction) चुंबकीय सूचीचे विचलन होते. अश्या स्थानिक आकर्षण असलेल्या ठिकाणी कंपास सर्वेक्षणाच्या ऐवजी प्लेन टेबल-मोजणीच (Plane table surveying) बरोबर ठरेल.
7. इतर कोणत्याहि मोजणीपेक्षा या मोजणीस खर्च कमी येतो.
8. प्लेन टेबल-मोजणीस कोणासहि अगदी लवकर शिकता येते व त्यास फार कौशल्य लागत नाही.
9. नकाशा सर्वेक्षण क्षेत्रांतच तयार केल्यामुळे मापें घ्यायची विसरून राहात नाहीत.

### 5.5.2 प्लेन टेबल सर्वेक्षणाचे तोटे -

1. प्लेन टेबला बरोबरोबर इतर सहाय्यक वस्तु (accessories) बऱ्याच घ्याव्या लागतात. त्यामुळे त्या हरवण्याचा संभव असतो.
2. प्लेन टेबलवर कागद (Drawing sheet) लावून सर्वेक्षण नकाशा तयार होत असतो. अशा वेळी पाऊस आला तर कागद भिजेल. म्हणून पावसाळ्यांत प्लेन टेबल सर्वेक्षण अजिबात करता येत नाही.
3. प्लेन टेबलाबरोबरोबर इतर सहाय्यक वस्तु (accessories) उचलण्यास व हलवण्यास अवजड जाते.
4. सूक्ष्म सर्वेक्षणसाठी (precise surveying) प्लेन टेबल उपयोगी नाही.
5. नकाशा, पुन्हा निराळ्या स्केलला काढावयाचा असेल, तर सर्वेक्षण वहीत मापांची नोंद नसल्याने, कठीण जाते.

### संदर्भ (Reference)

Sr. No	Author	Title	Publisher with ISBN Number
1	Kanetkar T. P.; Kulkarni, S. V.	Surveying and Levelling volume I	Pune Vidyarthi Gruh Prakashan, Pune;ISBN:978-81-858-2511-3
2	Basak, N. N.	Surveying and Levelling	McGraw Hill Education, New Delhi ISBN93-3290-153-8
3	S. K. Duggal	Survey I	McGraw Hill Education, New Delhi, ISBN:978-00-701-5137-6
4	Punmia, B.C, Jain, Ashok KumarJain, Arun Kumar	Surveying I	Laxmi Publications., New Delhi. ISBN: 8-17-008853-4
5	Bhavikatti, S. S.	Surveying and Levelling, Volume 1	I. K. International, New Delhi ISBN: 978-81-906-9420-9