

**नकाशाशास्त्राचा परिचय**  
(Introduction to Cartography)

अनुक्रमणिका

- १.० उद्दिष्ट्ये
- १.१ प्रास्ताविक
- १.२ विषय विवेचन
  - १.२.१ नकाशाशास्त्राचा अर्थ आणि व्याख्या
  - १.२.२ नकाशाशास्त्राचे स्वरूप आणि व्याप्ती
  - १.२.३ नकाशाशास्त्राच्या शाखा
  - १.२.४ नकाशाशास्त्राचे महत्त्व
- १.३ पारिभाषिक शब्द, शब्दार्थ
- १.४ स्वयं-अध्ययन प्रश्न व उत्तरे
- १.५ सारांश
- १.६ सरावासाठी स्वाध्याय
- १.७ क्षेत्रीय कार्य
- १.८ संदर्भ ग्रंथ

**१.० उद्दिष्ट्ये**

‘नकाशाशास्त्राचा परिचय’ या प्रथम घटकाच्या अभ्यासानंतर आपल्यास खालील उद्दिष्टांची पूर्तता होईल.

- १. नकाशाशास्त्र म्हणजे काय? ते समजेल.
- २. नकाशाशास्त्र विषयाचे स्वरूप स्पष्ट करता येईल.
- ३. नकाशाशास्त्र विषयाच्या व्याप्तीची कल्पना येईल.

४. नकाशाशास्त्र विषयाच्या शाखा कोणत्या आहेत ते सांगता येईल.
५. नकाशाशास्त्र विषयाचे महत्त्व समजेल.

## १.१ प्रास्ताविक

नकाशाशास्त्र विषयास नकाशे, आलेख, आकृत्या, पृथ्वीगोल आणि भूउठावाच्या प्रतिकृती (Relief Models) तयार करण्याची एक कला व शास्त्र म्हणून ओळखले जाते. अश्मयुगीन मानवाने गुहांच्या भिंतीवर रेखाटलेल्या चित्रांपासून ते सध्याच्या काळात कृत्रिम उपग्रहांद्वारे प्राप्त होणाऱ्या उपग्रह प्रतिमा किंवा संगणकीय नकाशांपर्यंत नकाशाशास्त्रास प्रदीर्घ इतिहास आहे.

अभियांत्रिकी शाखेकडील 'सिव्हील इंजिनिअरिंग' या विषयात भूसर्वेक्षण व नकाशानिर्मिती अनिवार्य असल्याने या विषयांतर्गत नकाशाशास्त्राचा विकास झाला. याशिवाय भूगोलशास्त्र विषयात पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विभिन्न घटकांचे क्षेत्रीय वितरण व त्यातील परस्परसंबंध अभ्यासले जात असलेने अशा अभ्यासासाठी नकाशांची निर्मिती आणि वापर वाढला. यातून भूगोलशास्त्र विषयात नकाशाशास्त्र या शाखेचा विकास झालेचे पहावयास मिळते. असे असले तरी सध्या असा कोणताच अभ्यास विषय नाही की, ज्यात आलेख, आकृत्या अथवा नकाशांचा वापर होत नाही. विविध विषयांतील नकाशांच्या व नकाशाशास्त्रीय पध्दतींच्या वाढत्या वापरामुळे 'नकाशाशास्त्रास' 'आंतरविद्याशाखीय विषय' (Inter Disciplinary Subject) असे स्वरूप प्राप्त झाले आहे. सध्याच्या विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या संगणकीय युगात नकाशाशास्त्रीय पध्दतींचा विविध क्षेत्रात वापर वाढला असून नकाशाशास्त्रास अनन्यसाधारण महत्त्व प्राप्त झाले आहे.

## १.२ विषय विवेचन

### १.२.१ नकाशाशास्त्राचा अर्थ आणि व्याख्या

#### □ नकाशाशास्त्राचा अर्थ :-

'नकाशाशास्त्र' हा शब्द इंग्रजी भाषेतील 'Cartography' या शब्दाचा अर्थ आहे. नकाशानिर्मितीच्या कलेस व नकाशांच्या अभ्यास विषयास 'Cartography' हे नांव अगदीच अलीकडे म्हणजे दोनशे वर्षांपूर्वी दिले गेले आहे. डॅनिश-फ्रेंच भूगोलतज्ञ कॉनरॅड माल्टे-ब्रून याने सन १८०८ मध्ये 'Cartography' हा शब्द सर्वप्रथम वापरला. पुढे सन १८३० पासून फ्रेंच व जर्मन भूगोलतज्ञ त्याचा सर्रास वापर करू लागले. उत्पत्तीनुसार हा शब्द लॅटिन भाषेतील 'Charta' म्हणजे वडी किंवा कागदाचे पान आणि ग्रीक भाषेतील 'graphein' म्हणजे लिहिणे किंवा रेखाटणे यांच्यापासून बनला आहे.

□ नकाशाशास्त्राच्या व्याख्या :-

नकाशाशास्त्र विषयात विविध प्रकारचे नकाशे, तक्ते, आराखडे, आलेख आणि उठावाच्या प्रतिकृती इत्यादींच्या रचना करण्याच्या पध्दतींचा अभ्यास केला जातो. दुसऱ्या शब्दात सांगावयाचे झाल्यास नकाशे अथवा आकृत्यांची रचना करण्याच्या शास्त्र आणि कलेस नकाशाशास्त्र म्हणून ओळखले जाते. नकाशाशास्त्राच्या या मूळ परिभाषेवरून विविध भूगोलशास्त्रज्ञांनी, नकाशाकारांनी नकाशाशास्त्राच्या व्याख्या दिल्या आहेत. काही महत्त्वाच्या व्याख्या पुढीलप्रमाणे दिल्या आहेत.

१. इरविन रेज (Erwin Raisz) यांच्या मते, “नकाशाशास्त्र हे नकाशे, आकृत्या, पृथ्वीगोल आणि उठावाच्या प्रतिकृती तयार करण्याची एक कला व शास्त्र होय.”

("Cartography is the art and science of making of maps, charts, globes and relief models.")

२. एफ्. जे. मंकहाऊस (F. J. Monkhouse) यांच्या मते, “जमिनीवरील प्रत्यक्ष सर्वेक्षणापासून ते नकाशाच्या अंतिम मुद्रणापर्यंतच्या नकाशानिर्मितीच्या सर्व प्रक्रिया म्हणजे नकाशाशास्त्र होय.”

("The whole series of map making from an actual survey of the ground to Printing of map is called Cartography.")

३. ए. एच्. रॉबीन्सन् आणि आर. डी. सले यांच्या मते, “नकाशाची संकल्पना करणे, त्याचे डिझाईन म्हणजेच रचना करणे व त्याद्वारे नकाशानिर्मितीची योजना अंमलात आणणे म्हणजे नकाशाशास्त्र होय.”

("The conception, the designing and the execution of the map is known as Cartography.")

४. कोलेस्नी (Kolacny) यांच्या मते, “नकाशाशास्त्र हे नकाशांची निर्मिती आणि त्याच्या वापराबद्दल सिद्धांत व तंत्राचा अवलंब करणारे शास्त्र आहे.”

("Cartography is the theory, technique and practice of map making and map use.")

५. संयुक्त राष्ट्रसंघाच्या सामाजिक विभागाने नमूद केल्याप्रमाणे, “नकाशाशास्त्र हे सर्व प्रकारचे नकाशे व आराखडे तयार करण्याचे शास्त्र असून त्यात मूळ सर्वेक्षणापासून ते नकाशांच्या अंतिम मुद्रित प्रती तयार करण्यापर्यंतच्या सर्व क्रियांचा समावेश होतो.”

("Cartography is considered as the science of preparing all types of maps and

charts and includes every operation from original surveys to final printing of copies.")

नकाशाशास्त्राच्या वरील व्याख्यांवरून हे स्पष्ट होते की,

१. नकाशाशास्त्र ही ज्ञानशाखा विविध बाबींचे नकाशे, आलेख, आकृत्या, पृथ्वीगोल आणि उठावाच्या प्रतिकृती तयार करण्याशी संबंधित आहे.
२. नकाशा व इतर प्रकारे घटकाचे दृश्य सादरीकरण करताना प्रथम सर्वेक्षण करावे लागते. संकलित केलेल्या माहितीवर प्रक्रिया करावी लागते. अशा विविध टप्प्यानंतर अंतिमतः मुद्रण व अनेक प्रती तयार कराव्या लागतात. या सर्व क्रिया नकाशाशास्त्र विषयात येतात.
३. माहितीचे अथवा घटकाचे नकाशाशास्त्रीय पध्दतीने दृश्य म्हणजे चित्रात्मक अथवा आलेखीय सादरीकरण करताना त्यात कलात्मक व शास्त्रीय बाबींचा विचार केला जातो.
४. नकाशाशास्त्र हे कला, विज्ञान आणि तंत्रज्ञान यांच्या मिलापाचे ठिकाण आहे.

## १.२.२ नकाशाशास्त्राचे स्वरूप आणि व्याप्ती

### □ नकाशाशास्त्राचे स्वरूप (Nature of Cartography) :-

नकाशाशास्त्र हे पृथ्वीचे तसेच अवकाशीय ग्रहगोलांचे नकाशे काढण्याशी संबंधित आहे. विविध प्रकारचे नकाशे, आराखडे, आलेख, आकृत्या, उठावाच्या प्रतिकृती, ग्लोब यांची निर्मिती नकाशाशास्त्राद्वारे होते. नकाशाकार (Cartographer) त्यांची रचना करतो. सुरवातीपासून 'नकाशा' हे भूगोलाभ्यासाचे प्रमुख साधन असल्याने या विषयात नकाशांचा मोठ्या प्रमाणात वापर होत आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागासंबंधी नकाशे विपुल प्रमाणात तयार झाले आहेत.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा नकाशा काढण्यासाठी प्रथम सर्वेक्षकास भूपृष्ठाची मोजणी करावी लागते. मिळालेल्या मोजमापांच्या सहाय्याने नकाशाकार लहान आकाराचा प्रमाणबद्ध नकाशा तयार करतो. हे कार्य अत्यंत कौशल्याचे असते. भूगोलशास्त्र अभ्यासक अशा नकाशांचा वापर करून त्यात दर्शविलेल्या विविध घटकांतील परस्परसंबंध स्पष्ट करतो. नकाशात दर्शविलेल्या विविध बाबींचे स्पष्ट आकलन होण्यासाठी नकाशाकारास नकाशा तयार करताना अनेक कौशल्ये वापरावी लागतात. इरविन रेज यांनी 'Principles of Cartography' या आपल्या ग्रंथात नमूद केल्याप्रमाणे "चांगला नकाशाकार हा ५०% भूगोलवेत्ता, ३०% कलाकार, १०% गणितज्ञ व १०% इतर शास्त्रांचे ज्ञान असलेला असतो" असे म्हटले आहे. रेज यांचे वरील विधान आणि नकाशाशास्त्राच्या व्याख्या पाहता नकाशाशास्त्रास कला आणि विज्ञान यांच्या मिलापाचे ठिकाण म्हणून ओळखले जाते. म्हणून नकाशाशास्त्राचे स्वरूप समजून घेण्यासाठी त्याची कलात्मक बाजू व शास्त्रीय आधार जाणून घेणे आवश्यक ठरेल.

## १. नकाशाशास्त्राचे कलात्मक स्वरूप (Artistic Nature of Cartography) :-

पृथ्वीच्या आलेखात्मक मांडणीत सुधारणा करणे हा नकाशाशास्त्राचा हेतू असल्याने त्यास थोडे कलात्मक स्वरूप प्राप्त झाले आहे. नकाशाशास्त्रात अवकाशीय ग्रहगोल व पृथ्वीच्या पृष्ठभागासंबंधीचे नकाशे काढले जातात व त्याआधारे अध्ययन केले जाते. निश्चितच हे नकाशे शास्त्रीय नियमांना अनसरून काढावे लागतात. मात्र त्यात थोडी कलात्मकताही असावी लागते, कारण ग्रंथांच्या जशा हजारो प्रती छापल्या जातात व त्यांना तसे वाचक असतात तसे नकाशांच्याबाबत नसते. नकाशांची वाचक संख्या मर्यादित असते, त्यामुळे नकाशांच्या प्रतीही मर्यादित संख्येत तयार करतात. नकाशाचा वापरकर्ता नकाशा निरीक्षणाकडे आकृष्ट झाला पाहिजे. अल्पवेळच्या नकाशा निरीक्षणातून त्यास नकाशात दर्शविलेल्या बाबींचे चटकन आकलन होईल व हे काम रूक्ष न वाटता ते आनंददायी वाटावे. यादृष्टीने नकाशात कलेचा वापर केलेला असतो. नकाशाच्या शास्त्रीय मांडणीत बाधा पोहोचणार नाही इतपत विचार करून त्याप्रमाणे नकाशात कलेचा वापर केलेला असतो.

कोणताही एखादा नकाशा तुम्ही पाहिल्यास त्यास बाह्य कडा (बॉर्डर) असते. बाह्य कडा वेगवेगळ्या प्रकारे आरेखित केलेली पहावयास मिळते. तसेच नकाशात दर्शविलेला प्रदेश कोणत्या मुख्य प्रदेशाचा भाग आहे हे दुसऱ्या छोट्या नकाशाने दर्शवितात. यास सापेक्ष स्थान दर्शविणारा नकाशा म्हणतात. याशिवाय नकाशात दर्शविण्याच्या विविध बाबींसाठीची सांकेतिक चिन्हे, नकाशात वापरलेल्या शब्दांची शैली, रंगसंगतीचा वापर इत्यादीतून नकाशातील कलात्मकता आपणास दिसून येते.

नकाशात कलेचा वापर किती असावा, याबाबत एकमत नाही. मात्र नकाशातील कलात्मकता ही नकाशा तयार करणाऱ्या नकाशाकारावर (Cartographer) अवलंबून असते. काही नकाशाकाराकडे कलात्मक कौशल्य कमी असते, तर काहींकडे जास्त. यास अनुसरून नकाशातील कलेचे प्रमाण कमी-जास्त असलेचे पहावयास मिळते. मात्र चांगला नकाशा हा कलेशिवाय असूच शकत नाही. नकाशाचा सुवाच्छपणा, त्याची उठावदार मांडणी आणि असे नकाशे पाहण्यातून वापरकर्त्यास मिळणारा आनंद इत्यादी दृष्टीने नकाशाशास्त्रास ही एक कला आहे.

## २. नकाशाशास्त्राचा शास्त्रीय आधार (Scientific Bases of Cartography) :-

नकाशाशास्त्र हे कलात्मक दृष्टिकोन असणारे एक स्वतंत्र शास्त्र आहे. त्यास तांत्रिक विज्ञान म्हणूनही संबोधता येईल. नकाशा तयार करण्यासंबंधीच्या अनेक प्रक्रिया ह्या बौद्धिक व शास्त्रीय पायावर आधारलेल्या असतात. पृथ्वीचा वक्राकार पृष्ठभाग सपाट अशा कागदावर दर्शविण्यासाठी 'नकाशा प्रक्षेपणाची' योजना करावी लागते. ही प्रक्षेपणे शास्त्रीय व तार्किक कल्पनेवर आधारलेली असतात. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे आणि त्यावरील विभिन्न घटकांच्या क्षेत्रीय वितरणाचे नकाशे तयार करताना नकाशात कोणते घटक दर्शविणे महत्त्वाचे आहे याचा विचार करून त्यांची निवड करावी लागते व दुय्यम

घटक वगळावे लागतात. यासाठी नकाशाकारास भूगोलशास्त्राचे मूलभूत ज्ञान असावे लागते. यामुळेच नकाशाशास्त्र हे मूलतः एक भौगोलिक शास्त्र आहे असे मानले जाते.

नकाशा तयार करण्यासाठी वापरावयाचे 'नकाशाप्रमाण', नकाशात दर्शविल्या जाणाऱ्या घटकांची निवड, सांकेतिक चिन्हे व खुणा व अक्षरे यांचे आकार, नकाशा ज्या माध्यमावर तयार केला जाणार आहे उदा. कागद त्याचा आकार आणि प्रत (Standardness) इत्यादी ठरविण्यासाठी शास्त्रीय विचारांची गरज असते. नकाशे वस्तुस्थितीदर्शक असावे लागतात. नकाशाशास्त्रीय पध्दतींनी ज्या-ज्या गोष्टी दर्शवावयाच्या आहेत त्यासंबंधीचे शास्त्रीय ज्ञान नकाशाकारास हवे.

नकाशाकारास भूगोलशास्त्राबरोबरच भौतिकशास्त्र, रसायनशास्त्र, भूगर्भशास्त्र, गणित, भूमिती, जीवशास्त्र, वनस्पतीशास्त्र या शास्त्रांबरोबरच सामाजिक शास्त्रे जसे इतिहास, राज्यशास्त्र, अर्थशास्त्र, समाजशास्त्र व मानसशास्त्र अशा इतर विषयांचेही मुलभूत ज्ञान असावे लागते. कारण आलेख, आकृत्या, आराखडे आणि नकाशे सर्वच ज्ञानशाखांच्या अध्ययनात वापरले जातात. त्यामुळे नकाशाशास्त्रास 'आंतरविद्याशाखीय' स्वरूप प्राप्त झाले आहे.

पूर्वी नकाशाकारास नकाशा आरेखनासाठी विविध उपकरणांचा वापर करून हस्तकौशल्याधारे नकाशे बनवावे लागत होते. आता हेच काम संगणकीय प्रणालीद्वारे होऊ लागले आहे. जागतिक स्थाननिश्चिती प्रणाली (G.P.S.), भौगोलिक माहिती प्रणाली (G.I.S.) याबरोबरच सुदूर संवेदन तंत्र या अत्याधुनिक तंत्रांच्या सहाय्याने संगणकावर हव्या त्या आकाराचे आणि हव्या तितक्या संख्येत नकाशांची निर्मिती करता येवू लागली आहे. या अर्थानेही नकाशाशास्त्र एक प्रगत तांत्रिक विज्ञान आहे हे स्पष्ट होते.

#### □ नकाशाशास्त्राची व्याप्ती (Scope of Cartography) :-

पृथ्वी गोल, नकाशे, आलेख, आकृत्या आणि उठावाच्या प्रतिकृती तयार करण्याची एक कला व शास्त्र म्हणून नकाशाशास्त्रास ओळखतात. बऱ्याचवेळा 'नकाशाशास्त्र' ही संज्ञा नकाशा तयार करण्याच्या तांत्रिक बाबींपुरतीच मर्यादित अर्थाने वापरली जाते, पण ते त्रोटक असून नकाशा आरेखन हे नकाशा तयार करण्यासाठी लागणाऱ्या एकूण शास्त्रीय, तांत्रिक व कलात्मक परिश्रमाचा एक छोटा भाग आहे. जे नकाशांचा उपयोग करतात अशा वापरकर्त्यांची गरज विचारात घेऊन नकाशे तयार करावे लागतात. त्यादृष्टीने सर्वेक्षण करून, मिळालेल्या माहितीचे संकलन व त्यावर प्रक्रिया करून नकाशाशास्त्रीय तत्त्वाधारे नकाशे तयार करावे लागतात. मूळ प्रत संपादकाकडे पाठवून त्याचे मुद्रण करावे लागते व शेवटी प्रकाशित करून त्यांची विक्री करावी लागते. हे काम येथेच पूर्ण होत नाही, तर तयार केलेला नकाशा ज्या वाचकांच्या म्हणजे वापरकर्त्यांच्या हाती पडतो, त्यास त्याचा कितपत उपयोग होतो. ते जाणून घेतले जाते. काही बदल हवे असल्यास त्याचा पुढील आवृत्तीसाठी विचार होतो. या सर्व गोष्टी नकाशाशास्त्राच्या व्याप्तीमध्ये येतात.

वाढत्या लोकसंख्येच्या अमर्याद गरजा भागविताना साधनसंपत्तीच्या वापरावर ताण पडत आहे. यातून साधनसंपत्तीच्या सखोल अध्ययनाची आणि व्यवस्थापनाची गरज निर्माण झाली आहे. त्यासाठी भूमी उपयोजनाचे, मृदा प्रकार, लोकसंख्या वितरण आणि इतर अनेक सामाजिक व आर्थिक बाबींसंबंधीचे नकाशे तयार केले जात आहेत. भूगोलवेत्याबरोबरच नियोजनकार, संशोधक, विविध विषयांचे तज्ञ, प्रशासक आणि पर्यटक या सर्वांनाच नकाशे आवश्यक असतात. भिन्न-भिन्न क्षेत्रातील वापरकर्त्यांची गरज विचारात घेऊन त्यांच्या मागणीस अनुरूप असे नकाशे व इतर नकाशाशास्त्रीय साधने नकाशाशास्त्राधारे तयार केली जातात. अशाप्रकारे नकाशाशास्त्र बहुपयोगी बनले आहे व ते 'विज्ञान-तंत्रज्ञान आणि कला यांच्या मिलापाचे ठिकाण' म्हणून ओळखले जाते.

गेल्या पंचवीस-तीस वर्षांचा विचार करता संगणक आणि माहिती-तंत्रज्ञानातील विकासांमुळे नकाशाशास्त्रात आमूलाग्र बदल झाला आहे. पृथ्वीची सतत निरीक्षणे घेणाऱ्या कृत्रिम उपग्रहामार्फत प्राप्त होणाऱ्या उपग्रह प्रतिमा (Satellite imagery), हवाई छायाचित्रे (Aerial Photographs), जागतिक स्थाननिश्चिती प्रणालीच्या (GPS) वापराने कोणत्याही ठिकाणाची क्षितीज समांतर पातळीतील अचूक स्थाननिश्चिती व उंचीचे मापन तसेच भौगोलिक माहिती प्रणालीचा (GIS) वापर करून तयार केलेले संगणकीय नकाशे यांना नियोजन, साधनसंपत्ती व्यवस्थापन, सेवा क्षेत्रे, प्रशासन आणि संशोधन अशा विविध क्षेत्रात खूप मागणी आहे. इंटरनेटच्या वापरातून नकाशासंबंधीचे अत्याधुनिक तंत्रज्ञान एखाद्या व्यक्तीस त्याच्या वैयक्तिक संगणकावर ते मोबाईल फोनच्या दृश्यपटलावर क्षणार्धात उपलब्ध होऊ शकते. गरज आहे ती त्याच्या सुयोग्य वापराची, अशाप्रकारे आरेखन उपकरणांचा वापर करून हाताने नकाशे बनविण्याचे नकाशाशास्त्रीय तंत्र आता इतिहासजमा झाले असून त्याची जागा संगणकीय नकाशाशास्त्राने घेतली आहे.

नकाशाशास्त्र हे फक्त पृथ्वी संबंधीच्याच नकाशांनिर्मितीशी संबंधित नसून त्यात चंद्र, सूर्य व इतर अवकाशीय ग्रहगोल यांचे विविध नकाशे तयार केले जातात. त्यामुळे नकाशाशास्त्राच्या व्याप्तीस मर्यादा नाही हेच स्पष्ट होते.

### १.२.३ नकाशाशास्त्राच्या शाखा

नकाशाशास्त्र ही मुख्यतः भूगोलशास्त्र विषयाची उपशाखा आहे. मात्र या शाखेतील विविध पध्दतींचा वेगवेगळ्या विषयात वापर होत असलेने नकाशाशास्त्राचे महत्त्व वाढले आहे. त्यास आंतरविद्याशाखीय स्वरूप प्राप्त झाले आहे. सध्यातर एक स्वतंत्र ज्ञानशाखा म्हणूनही नकाशाशास्त्राकडे पाहिले जात आहे. नकाशाशास्त्राच्या स्वरूपाचा आणि त्याच्या वाढत्या व्याप्तीचा विचार करता या विषयाचा विकास दोन मुख्य शाखात आणि काही उपशाखांत झालेचे पहावयास मिळते. ते पुढीलप्रमाणे सांगता येईल.

## नकाशाशास्त्राच्या शाखा

### I) सैध्दांतिक नकाशाशास्त्र

### II) उपयोजित नकाशाशास्त्र

१. भौगोलिक नकाशाशास्त्र
२. विषयात्मक नकाशाशास्त्र
३. सांख्यिकी नकाशाशास्त्र
४. पत्रकारितेचे नकाशाशास्त्र
५. शास्त्रीय नकाशाशास्त्र
६. हवाई नकाशाशास्त्र
७. संगणकीय नकाशाशास्त्र

### I) सैध्दांतिक नकाशाशास्त्र (Theoretical Cartography) :-

नकाशाशास्त्राची ही मूलभूत शाखा आहे. तिला तात्त्विक नकाशाशास्त्र म्हणूनही ओळखतात. 'नकाशाशास्त्रातील संकल्पना आणि तात्त्विक बाबींच्या अभ्यासाशी संबंधित असलेली शाखा म्हणजे सैध्दांतिक नकाशाशास्त्र होय.' नकाशाची मांडणी अथवा रचना (Design) कशी असावी, नकाशात दर्शविल्या जाणाऱ्या घटकांचे दृश्य स्वरूप कसे असावे याचे टिकात्मक परीक्षण करून याबाबतच्या तत्त्वांचा विकास या शाखेत केला जातो. नकाशाच्या आलेखात्मक मांडणीत सुधारणा करणे हा तात्त्विक/सैध्दांतिक नकाशाशास्त्राचा उद्देश असलेने, नकाशा निर्मितीबाबतच्या सर्व प्रक्रियांचे टिकात्मक परीक्षण केले जाते व नवीन तत्त्वे किंवा संकल्पना अस्तित्वात आणल्या जातात. जसे नकाशा ज्या पृष्ठभागावर तयार केला जातो (उदा.कागद) त्याचे व त्याच्या आकाराचे प्रमाणीकरण करणे, नकाशा तयार करण्यासाठी वापरावयाची शाई, रंग यांचे प्रमाणीकरण करणे, नकाशाद्वारे जे विविध घटक दर्शविले जातात, त्यासाठी कोणत्या रंगांचा वापर करणे. तसेच नकाशाच्या मुद्रण प्रक्रियेचा दर्जा व त्याचे प्रमाणीकरण या बाबी सैध्दांतिक नकाशाशास्त्रात ठरविल्या जातात.

सैध्दांतिक नकाशाकार हा जे लोक नकाशांचा वापर करतात (User) त्यांचेशी संपर्क साधून उपलब्ध नकाशाबाबत त्यांची प्रतिक्रिया जाणून घेतो व त्यांना पुढे कशा प्रकारचे नकाशे हवे आहेत हे पाहतो. त्याप्रमाणे नवीन नकाशांत सुधारणा केली जाते.

थोडक्यात म्हणजे पृथ्वीगोल (Globe), नकाशा, नकाशा प्रक्षेपण, नकाशा प्रमाण, सांकेतिक

चिन्हे, आलेख, आकृत्या, प्रतिमाने व छेद या सर्व नकाशाशास्त्रीय संकल्पना आहेत या संबंधीच्या तात्त्विक बाबी सैध्दांतिक नकाशाशास्त्रात विचारात घेतल्या जातात, व त्यांचे प्रत्यक्ष उपयोजन उपयोजित नकाशाशास्त्र या शाखेद्वारे केले जाते.

## II) उपयोजित नकाशाशास्त्र (Applied Cartography) :-

नकाशाचे अंतिम आरेखन उपयोजित नकाशाशास्त्राद्वारे होते. सैध्दांतिक नकाशाशास्त्राने घालून दिलेल्या नियमांच्या, प्रमाणीकरणाच्या माणकांच्या मार्गदर्शक सूचनांनुसार उपयोजित नकाशाशास्त्राचे कार्य चालते. नकाशा आरेखनाच्या सुधारित तंत्रांचा वापर करून नकाशांची निर्मिती करणे, नकाशाशास्त्रीय पद्धतींचा विविध ज्ञानशाखांसाठी उपयोग करणे हे उपयोजित नकाशाशास्त्राचे मुख्य उद्दिष्ट आहे. उपयोजित नकाशाकार समाजास भेडसावणाऱ्या विविध समस्या विचारात घेतो व त्या समस्या सोडविण्यासाठी नकाशाशास्त्रीय तंत्रे आणि पद्धतींचा अवलंब करतो. नियोजनकार (Planners), विस्तार कार्य करणाऱ्या संघटना व त्यांचे प्रतिनिधी, शिक्षक यांना त्यांच्या गरजेनुसार आवश्यक नकाशे उपलब्ध करण्याच्या दृष्टीने उपयोजित नकाशाकाराची मदत होते. उपयोजित नकाशाशास्त्राच्या अनेक उपशाखा आहेत. त्यातील काही उपशाखा पुढीलप्रमाणे सांगता येतील.

### □ उपयोजित नकाशाशास्त्राच्या शाखा :-

#### १. भौगोलिक नकाशाशास्त्र (Geographical Cartography) :-

स्वतःची वेगळी ओळख असणारे 'नकाशाशास्त्र' हे एक वैशिष्ट्यपूर्ण शास्त्र असले तरी ते प्रथम एक 'भौगोलिक शास्त्र' आहे. पृथ्वीचा पृष्ठभाग नकाशाशास्त्रीय पद्धतींनी प्रदर्शित करणे हीच खरी नकाशाशास्त्राची विषयसामग्री आहे. 'नकाशा' हे भूगोलाध्ययनाचे प्रमुख साधन असलेने 'भौगोलिक नकाशाशास्त्र' या शाखेची निर्मिती झाली आहे. संपूर्ण जग अथवा विशिष्ट प्रदेशाशी संबंधित विविध प्रकारचे प्राकृतिक अथवा सांस्कृतिक नकाशे भौगोलिक नकाशाशास्त्र या शाखेद्वारा तयार केले जातात. भूगोल शिक्षकांना वर्गात शिकविण्यासाठी उपयोगी पडणारे विविध 'भिंतीवरील नकाशे' तसेच स्थलनिर्देशक नकाशे हे सुद्धा 'भौगोलिक नकाशाशास्त्र' या शाखेत येतात.

#### २. विषयात्मक नकाशाशास्त्र (Thematic Cartography) :-

कोणत्याही एका विशिष्ट विषय घटकास अनुसरून तयार केलेला नकाशा हा विषयात्मक नकाशा होय. उदाहरणार्थ एखाद्या प्रदेशाबाबत किंवा संपूर्ण जगासाठी तयार केलेल्या तापमानाच्या वितरणाचा नकाशा, पर्जन्य वितरण दर्शविणारा नकाशा, लोकसंख्येच्या घनतेचे वितरण दर्शविणारा नकाशा किंवा सन

२०१९-२०२० मधील कोरोना या संसर्गजन्य विषाणूमुळे संपूर्ण जगभर या साथीच्या आजाराचा कसा प्रसार झाला आहे. ते दर्शविणारा नकाशा हे सर्व विषयात्मक नकाशाशास्त्र या शाखेत येतात. या शाखेत मुख्यतः लघु प्रमाणाच्या नकाशांचा समावेश होतो. असे नकाशे तयार करण्यासाठी विस्तृत आकडेवारीवर प्रक्रिया करावी लागते.

### ३. सांख्यिकी नकाशाशास्त्र (Statistical Cartography) :-

या शाखेत नकाशाशास्त्रीय पध्दतीद्वारा ज्या घटकाची माहिती द्यावयाची आहे, त्यासंबंधीच्या आकडेवारीवर प्रक्रिया केली जाते, म्हणजे तिचे संख्याशास्त्रीय पध्दतीत रूपांतर केले जाते. संख्याशास्त्रीय पध्दत वापरून आलेख, आकृत्या अथवा नकाशांची रचना केली जाते. सांख्यिकी नकाशाकारास गणित, भूमिती व संख्याशास्त्राचे चांगले ज्ञान हवे. यावरून अचूक निष्कर्ष प्राप्त होण्यास मदत होते.

### ४. पत्रकारितेचे नकाशाशास्त्र (Journalistic Cartography) :-

सामान्य वाचकांना भौगोलिक अथवा इतर घटनांची माहिती दैनंदिन वृत्तपत्रे, मासिके यांच्याद्वारे प्राप्त होते. दूरचित्रवाणी हे माध्यम सध्या अत्यंत प्रगत झाले असून लोकांच्या घरा-घरापर्यंत पोहोचले आहे. या माध्यमाद्वारेही स्थानिक ते जागतिक घडामोडींची माहिती आपणांस मिळते. ही माध्यमे पत्रकारितेमध्ये येतात. या माध्यमाद्वारे महत्त्वाच्या घटना त्यांचे स्थान व प्रसार छोट्या नकाशाद्वारे, आलेख अथवा आकृत्याद्वारे वाचक अथवा प्रेक्षकांपर्यंत पोहोचवतात. नकाशाशास्त्रीय नियम तंतोतंत न पाळता थोड्या रंजक पध्दतीने ही माहिती प्रदर्शित केली जाते. काही प्रगत वृत्तपत्रे, मासिके यांचा नकाशा निर्मिती संबंधीचा एक स्वतंत्र विभाग असतो.

### ५. शास्त्रीय नकाशाशास्त्र (Scientific Cartography) :-

भौतिक विज्ञान, जीव विज्ञान, स्थापत्यशास्त्र अशा शास्त्रीय विषयात त्यांचेशी संबंधित घटकांच्या अभ्यासासाठी नकाशाशास्त्रीय पध्दतीने आकृत्या, नकाशे किंवा प्रतिमाने तयार केली जातात. यास शास्त्रीय नकाशाशास्त्र असे म्हणतात. उदाहरणार्थ पृथ्वीभोवतीच्या वातावरणाची रचना स्पष्ट करणारे प्रतिमान, पृथ्वीची अंतर्गत रचना दर्शविणारे प्रतिमान, मानव शरीररचना दर्शविणारे प्रतिमान किंवा अणूचे विघटन क्रिया दर्शविणारी आकृती इत्यादी शास्त्रीय नकाशाशास्त्र शाखेअंतर्गत येतात.

### ६. हवाई नकाशाशास्त्र (Aerospace Cartography) :-

यामध्ये प्रामुख्याने हवाई वाहतुकीच्या सुरक्षितता आणि कार्यक्षम वापरासाठीचे वैमानिकांचे चार्ट येतात. यांस 'Aeronautical Cartography' म्हणून ओळखतात. देश आणि आंतरराष्ट्रीय हवाई

वाहतुकीच्या नियमनांसाठी हे चार्ट उपयोगी पडतात. यांचा वापर वैमानिक, हवाई वाहतूक करणाऱ्या विमान कंपन्या, आपत्कालीन व्यवस्थापक, वातावरणाचे अभ्यासक यांना होतो. तसेच संरक्षण क्षेत्रातही वापर होतो. आपल्या देशाचा विचार करता भारतीय विमानतळ प्राधिकरणाच्या 'सर्वेक्षण आणि नकाशाशास्त्र विभागामार्फत' वैमानिकांचे चार्ट बनविले जातात.

#### ७. संगणकीय नकाशाशास्त्र (Computer Cartography) :-

पूर्वी आरेखनाची साधने वापरून हाताने नकाशे तयार करावे लागत होते. हे काम अत्यंत जिकीरीचे, कौशल्याचे होते. मात्र हे जुने तंत्र आता इतिहासजमा झाले असून त्याची जागा नवीन प्रगत अशा संगणकीय नकाशाशास्त्राने घेतली आहे. "संगणकाच्या सहाय्याने नकाशे, आलेख, आकृत्या अथवा आराखडे तयार करण्याच्या पध्दतीस संगणकीय नकाशाशास्त्र म्हणतात." सुदूरसंवेदन तंत्र, जागतिक स्थाननिश्चिती प्रणाली, भौगोलिक माहिती प्रणाली यांच्या आधारे संगणकावर तयार केलेले नकाशे अत्यंत दर्जेदार व अचूक असतात व ते हव्या तितक्या संख्येने वेगवेगळ्या आकारात जलदरित्या तयार करता येतात. यामुळे संगणकीय नकाशाशास्त्राचा वेगाने विकास झाला आहे. याने नकाशाशास्त्र व भूगोलशास्त्राची उपयुक्तता वाढली आहे.

नकाशाशास्त्राच्या वरील उपशाखांत वेगळेपणा वाटत असला तरी त्या पूर्णतः स्वतंत्र नाहीत. त्या सर्वांत नकाशाशास्त्रीय मुलभूत तंत्रे आणि संकल्पना सारख्याच आहेत.

#### १.२.४ नकाशाशास्त्राचे महत्त्व (Importance of Cartography) :-

सध्याच्या आधुनिक काळात नकाशाशास्त्रीय पध्दतींच्या वाढत्या वापराने नकाशाशास्त्रास फारच महत्त्व प्राप्त झाले आहे. हे महत्त्व आपणांस खालीलप्रकारे सांगता येईल.

#### १. नकाशाशास्त्र एक आंतरविद्याशाखीय विषय :-

नकाशाशास्त्र या विषयाचा विकास मुख्यतः भूगोलशास्त्र विषयातून झाला असला तरी त्यास एका स्वतंत्र विषयाचे स्वरूप प्राप्त झाले आहे. या विषयातील नकाशाशास्त्रीय पध्दती ज्ञानाच्या सर्वच क्षेत्रात वापरल्या जातात. आलेख, आकृत्या, प्रतिमाने यांचा वापर न करणारा विषय विरळाच. भूगोलशास्त्र, अर्थशास्त्र, राज्यशास्त्र, समाजशास्त्र, इतिहास याबरोबरच भौतिकशास्त्र, जीवशास्त्र, सागरशास्त्र यासारखे विविध विषय आणि पर्यटन, वाहतूक-दळणवळण, उद्योग, व्यापार, लष्करी शिक्षण व पत्रकारिता अशा सर्वच क्षेत्रात नकाशाशास्त्राचा वापर वाढला आहे. नकाशाशास्त्राने आपली उपयुक्तता सिध्द केली आहे. नकाशाशास्त्राचे हे 'आंतरविद्याशाखीय' स्वरूप महत्त्वाचे आहे.

## २. नकाशाशास्त्राचे भूगोलशास्त्राच्या दृष्टीने महत्त्व :-

नकाशांचा सर्वात जास्त उपयोग भूगोलशास्त्र विषयात होतो. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विभिन्न घटकांचे क्षेत्रीय वितरण नकाशात दर्शविले जाते. या घटकातील परस्परसंबंधाचे आकलन भूगोलशास्त्राद्वारे होते. विशाल आकाराच्या पृथ्वीची लहान प्रमाणबद्ध प्रतिकृती म्हणजे 'पृथ्वीगोल' हा नकाशाशास्त्रीय पध्दतीने तयार होतो. नकाशानिर्मितीच्या तंत्रामुळेच भूगोलशास्त्र विषय शिकणे सुलभ झाले आहे. त्यास शास्त्रीय दर्जा प्राप्त झाला आहे.

## ३. नकाशाशास्त्राचे शैक्षणिक व संशोधन कार्यातील महत्त्व :-

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विविध नैसर्गिक व सांस्कृतिक घटकांचे वितरण अभ्यासण्यासाठी नकाशे उपयुक्त ठरतात. शिक्षक व विद्यार्थी यांना नकाशे सतत उपयोगी पडतात. वर्गातील भिंतीवरील नकाशे, नकाशासंग्रहातील नकाशे, स्थलनिर्देशक नकाशे यादृष्टीने महत्त्वाचे आहेत. 'एक चांगला नकाशा पुस्तकातील हजारो शब्दांच्या वाचनापेक्षा श्रेष्ठ ठरतो.' संशोधन कार्यात नकाशाशास्त्रीय पध्दतींचा विशेष वापर केला जातो. संशोधकाने मिळविलेली माहिती नकाशाशास्त्रीय तंत्राने प्रभावीपणे दर्शविता येते.

## ४. नियोजनात्मक विकासाच्या दृष्टीने नकाशाशास्त्राचे महत्त्व :-

देशाच्या प्रादेशिक विकासाच्या योजनांच्या निर्मितीत नकाशाशास्त्राचे योगदान महत्त्वाचे आहे. मोठ्या प्रकल्पांची योजना तयार करताना सर्वप्रथम त्यांचे आराखडे बनविलेले असतात. मोठ्या अभियांत्रिकी प्रकल्पांचे स्थान प्रथम नकाशावर निश्चित केले जाते. नकाशाशास्त्रीय पध्दतींनी त्याचा आराखडा तयार केला जातो व त्यानंतर प्रत्यक्ष अंमलबजावणी होते. त्यामुळे नियोजनात नकाशाशास्त्रीय पध्दतींना फारच महत्त्व आहे.

## ५. नकाशाशास्त्राचे लष्करी डावपेचात्मकदृष्ट्या महत्त्व :-

देशाच्या संरक्षणविषयक कार्यात नकाशांना अत्यंत महत्त्व आहे. कोणतेही छोटे अथवा मोठे युद्ध व त्याचे डावपेच नकाशांवापराद्वारेच निश्चित होतात. नकाशांना कमांडरचे डोळे म्हणून ओळखतात. देशाची सुरक्षितता व लष्करी डावपेचात्मकदृष्ट्या नकाशे फार महत्त्वाचे असतात. नकाशांचा लष्करी नकाशे (Military Maps) हा एक प्रकार असून ते अत्यंत गोपनीय म्हणून ओळखले जातात.

## ६. इतर नागरी उपयोग :-

सामान्य लोक, प्रवासी, संशोधक, शास्त्रज्ञ, प्रशासक अशा सर्वांनाच नकाशे उपयुक्त ठरतात.

नकाशाशास्त्र व त्यातील नकाशानिर्मितीत सध्या संगणकाचा वापर मोठ्या प्रमाणात वाढला आहे. भौगोलिक माहितीप्रणाली सारख्या अत्याधुनिक संगणकीय प्रणालीमुळे नकाशाशास्त्रात व त्याच्या उपयुक्ततेत क्रांती झाली आहे. आपत्ती व्यवस्थापन, नियोजनबद्ध विकास, अचूक मागदर्शन इत्यादीसाठी नकाशाशास्त्रीय पध्दतींचा वापर वाढला आहे व त्यास महत्त्व प्राप्त झाले आहे.

### १.३ पारिभाषिक शब्द, शब्दार्थ

१. नकाशाशास्त्र (Cartography) : नकाशे, आलेख, आकृत्या व उठावाच्या प्रतिकृती तयार करण्याच्या कला व शास्त्रास नकाशाशास्त्र म्हणून ओळखतात.
२. पृथ्वीगोल (Globe) : पृथ्वीची लहान प्रमाणबद्ध प्रतिकृती म्हणजे पृथ्वीगोल होय.
३. आंतरविद्याशाखीय विषय (Inter Disciplinary Subject) : वेगवेगळ्या विषयांना उपयोगी पडणारा विषय.
४. उठावाची प्रतिकृती (Relief Model) : एखाद्या प्रदेशाच्या भूपृष्ठाचा उंचसखलपणा प्रमाणबद्धरित्या दर्शविण्यासाठी चिकनमाती किंवा प्लास्टिकच्या पृष्ठभागाचा वापर करून तो उंचसखल पध्दतीने दर्शविणारी आकृती.
५. भौगोलिक माहिती प्रणाली (Geographic Information System) : संगणकाच्या सहाय्याने अत्याधुनिक नकाशे, आकृत्या, प्रतिमाने तयार करण्यासंबंधीच्या प्रणाली. याचे GIS हे संक्षिप्त रूप होय.
६. जागतिक स्थाननिश्चिती प्रणाली (Global Positioning System) : पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील कोणत्याही ठिकाणाची सरासरी समुद्र सपाटीपासूनची उंची व त्या ठिकाणाचे अक्षांश आणि रेखांश अशी त्रिमितीय माहिती मिळविण्याच्या कामी विशिष्ट उपग्रह आणि संवेदक उपकरणाचा वापर करणारी प्रणाली. याचे GPS असे संक्षिप्त रूप आहे.

### १.४ स्वयं-अध्ययन प्रश्न व उत्तरे

□ खालील प्रश्नांसाठी दिलेल्या पर्यायातून योग्य पर्याय निवडा.

१. नकाशाशास्त्र एक कला आहे की एक विज्ञान आहे?

अ) कला

ब) विज्ञान

क) कला व विज्ञान

ड) यापैकी नाही.

२. नकाशाशास्त्राच्या व्याप्तीचा विचार करता खालीलपैकी योग्य काय ?  
 अ) सर्वेक्षण व आरेखन  
 ब) नकाशांचे अंतिम मुद्रण  
 क) नकाशांची विक्री  
 ड) वरील सर्व.
३. नकाशाशास्त्राच्या कोणत्या शाखेस तात्वीक नकाशाशास्त्राने घालून दिलेल्या नियमांच्या चौकटीत काम करावे लागते ?  
 अ) पत्रकारितेचे नकाशाशास्त्र  
 ब) ऐतिहासिक नकाशाशास्त्र  
 क) आधुनिक नकाशाशास्त्र  
 ड) उपयोजित नकाशाशास्त्र.
४. विशिष्ट उपग्रह आणि हातातील छोटे संवेदक यंत्र यांच्या साहाय्याने एखाद्या ठिकाणाची त्रिमितीय माहिती मिळविण्याच्या तंत्रास कोणत्या नांवाने ओळखतात ?  
 अ) जी.आय.एस.  
 ब) जी.पी.एस.  
 क) सुदूर संवेदन  
 ड) सर्वेक्षण.
५. नकाशाचा कागद, नकाशाचा आकार, नकाशातील रंगांचा वापर आणि नकाशाची छपाई यांच्या प्रमाणीकरणाची बाब नकाशाशास्त्राच्या कोणत्या शाखेत येते ?  
 अ) उपयोजित नकाशाशास्त्र  
 ब) भौगोलिक नकाशाशास्त्र  
 क) सैद्धांतिक नकाशाशास्त्र  
 ड) विषयात्मक नकाशाशास्त्र.
६. नकाशाशास्त्रास 'आंतरविद्याशाखीय विषय' म्हणून का ओळखतात ?  
 अ) एक स्वतंत्र विषय म्हणून विकास झाला आहे.  
 ब) नकाशाशास्त्रात संगणकाचा वापर होतो.  
 क) नकाशाशास्त्रीय पध्दती विविध विषयात वापरल्या जातात.  
 ड) नकाशाशास्त्र ही भूगोल विषयाची उपशाखा आहे.

□ उत्तरे :-

१. क) कला व विज्ञान.  
 २. ड) वरील सर्व.  
 ३. ड) उपयोजित नकाशाशास्त्र.

४. ब) जी.पी.एस.
५. क) सैध्दांतिक नकाशाशास्त्र.
६. क) नकाशाशास्त्रीय पध्दती विविध विषयात वापरल्या जातात..

## १.५ सारांश

नकाशाशास्त्र हा विषय मुख्यतः नकाशांच्या निर्मितीशी संबंधित आहे. भूगोलशास्त्राच्या अभ्यासात नकाशांना फार महत्त्व असल्याने या विषयात 'नकाशाशास्त्र' या शाखेचा विकास झाला आहे. 'नकाशाशास्त्र म्हणजे नकाशे, आकृत्या, पृथ्वीगोल आणि उठावाच्या प्रतिकृती तयार करण्याची कला व शास्त्र होय.' नकाशाशास्त्रीय तंत्रे विविध विषयात वापरली जातात. याने नकाशाशास्त्राच्या उपयोगितेत वाढ होऊन त्यास 'आंतरविद्याशाखीय स्वरूप' प्राप्त झाले आहे व एक स्वतंत्र ज्ञानशाखा म्हणूनही मान्यता आहे.

नकाशाशास्त्रास कला व विज्ञान यांच्या मिलापाचे ठिकाण म्हणून ओळखतात. नकाशातील कलेचा वापर किती प्रमाणात असावा ही बाब नकाशाकारावर अवलंबून असते. एक चांगला नकाशा कलेशिवाय असूच शकत नाही. नकाशाची कडा, सांकेतिक चिन्हे, शब्द शैली इत्यादीतून नकाशातील कलात्मकता आपणांस दिसून येते. नकाशाशास्त्र ही एक कला असली तरी ते मुख्यतः शास्त्र आहे. कारण नकाशाशास्त्रातील अनेक प्रक्रिया या बौद्धिक व शास्त्रीय पायावर आधारलेल्या असतात. नकाशा प्रक्षेपण, नकाशा प्रमाण, नकाशातील सांकेतिक चिन्हे व खुणांचे आकार, शब्दांचे आकार, नकाशात दर्शवावयाच्या विविध घटकांची निवड इत्यादीतून नकाशाशास्त्राचा शास्त्रीय आधार स्पष्ट होतो.

नकाशाशास्त्राच्या व्याप्तीचा विचार करता यामध्ये नकाशा तयार करण्यासाठी लागणाऱ्या मूळ सर्वेक्षण व मोजमापाच्या कामापासून ते त्यांचे अंतिम मुद्रण आणि विक्रीपर्यंतच्या कार्याचा नकाशाशास्त्राच्या व्याप्तीत समावेश होतो. हे कार्य येथेच पूर्ण होत नाही तर तयार केलेला नकाशा ज्या वापरकर्त्यांच्या उपयोगी पडतो त्याची त्याबाबत काय प्रतिक्रिया आहे हे नकाशाकार जाणून घेतो व काही बदल हवे असल्यास त्याप्रमाणे नवीन आवृत्तीत सुधारणा केली जाते.

नकाशाशास्त्राच्या व्याप्तीस अनुसरून त्याच्या सैध्दांतिक नकाशाशास्त्र व उपयोजित नकाशाशास्त्र अशा दोन मुख्य शाखा आढळतात. सैध्दांतिक अथवा तात्वीक नकाशाशास्त्र हे नकाशानिर्मितीच्या संकल्पना आणि तात्वीक बाबींशी संबंधित आहे. तर उपयोजित नकाशाशास्त्र हे सैध्दांतिक नकाशाशास्त्राने घालून दिलेल्या नियमांच्या चौकटीत काम करते. विविध विषयांच्या, समस्यांच्या निराकरणासाठी

आधुनिक तंत्रांचा वापर करून नकाशांची निर्मिती करणे हे उपयोजित नकाशाशास्त्राचे क्षेत्र आहे. नकाशाशास्त्राच्या वाढत्या वापरामुळे त्यात विशेषीकरण झाले असून भौगोलिक नकाशाशास्त्र, विषयात्मक नकाशाशास्त्र, सांख्यिकी नकाशाशास्त्र, पत्रकारितेचे नकाशाशास्त्र, संगणकीय नकाशाशास्त्र अशा उपशाखांची निर्मिती झाली आहे.

अलिकडील काही वर्षांचा विचार करता सुदूर संवेदन तंत्र, भौगोलिक माहिती प्रणाली, जागतिक स्थाननिश्चिती प्रणाली, संगणक इत्यादींच्या प्रगतीमुळे संगणकीय नकाशे तयार करता येवू लागले आहेत व त्यांचा विविध क्षेत्रात वापर वाढला आहे.

नकाशाशास्त्राचा भूगोलशास्त्र, इतिहास, समाजशास्त्र, राज्यशास्त्र, अर्थशास्त्र या विषयांबरोबरच भौतिकशास्त्र, जीवशास्त्र, वनस्पतीशास्त्र, अभियांत्रिकी अशा विविध विषयांत व मानवी जीवनाच्या पर्यटन, वाहतूक व दळणवळण, आपत्ती व्यवस्थापन, प्रादेशिक विकास आणि संरक्षण अशा विविध क्षेत्रात वापर वाढून त्याला महत्त्व प्राप्त झाले आहे, त्यास आंतरविद्याशाखीय स्वरूप प्राप्त झाले आहे.

## १.६ सरावासाठी स्वाध्याय

### □ खालील प्रश्नांची सविस्तर उत्तरे लिहा.

१. नकाशाशास्त्र म्हणजे काय? नकाशाशास्त्राचे स्वरूप स्पष्ट करा.
२. नकाशाशास्त्राच्या व्याख्या सांगून नकाशाशास्त्राची व्याप्ती स्पष्ट करा.
३. नकाशाशास्त्राच्या व्याख्या द्या. नकाशाशास्त्राच्या शाखांचे वर्णन करा.

### □ टिपा लिहा/संक्षिप्त उत्तरे लिहा.

१. नकाशाशास्त्राचे कलात्मक स्वरूप स्पष्ट करा.
२. नकाशाशास्त्राच्या शास्त्रीय आधाराची माहिती द्या.
३. नकाशाशास्त्राची व्याप्ती थोडक्यात नमूद करा.
४. सैद्धांतिक नकाशाशास्त्र म्हणजे काय? ते स्पष्ट करा.
५. नकाशाशास्त्राच्या उपयोजित नकाशाशास्त्र शाखेची माहिती द्या.
६. नकाशाशास्त्राचे महत्त्व स्पष्ट करा.

## १.७ क्षेत्रीय कार्य

१. शाळा, महाविद्यालय येथील भूगोलशास्त्र अध्ययन-अध्यापनासाठी उपलब्ध असलेले नकाशे पहा.
२. एखाद्या पुस्तकालयास भेट देवून विक्रीस उपलब्ध असलेले नकाशे, नकाशासंग्रह पहा. उपयोगी पडेल असा नकाशा अथवा नकाशासंग्रह विकत घेवून आपल्या दफ्तरी ठेवा.
३. शालेय अभ्यासक्रमाच्या भूगोलशास्त्र विषयक क्रमिक पुस्तकातील नकाशे पहा. त्यातील आलेख, आकृत्यांची निरीक्षणे करा.
४. उपलब्ध नकाशांच्या निरीक्षणातून त्यातील कलात्मक व शास्त्रीय बाबींची माहिती मिळवा. नकाशा बनविण्याचा हेतू काय? नकाशा निरीक्षणातून आपणास कोणता अर्थबोध होतो ते पहा.
५. दैनिक वृत्तपत्रे, मासिके वाचत असताना त्यातील आलेख, आकृत्या अथवा नकाशांचे निरीक्षण करा. त्यातून योग्य अर्थबोध होतो का? ते पहा. आवडलेल्या आकृत्या, नकाशांची कात्रणे काढून संग्रही ठेवा.
६. गुगल शोधयंत्रावर नकाशाशास्त्राबद्दल जाणून घ्या.

## १.८ संदर्भ ग्रंथ

१. **Gupta, K. K. & Tyagi, V. C.,** (1992), '*Working with Maps*', New Delhi : Northern Printing Group, Survey of India.
२. **Misra, R. P. & Ramesh, A.** (1989), '*Fundamentals of Cartography*', New Delhi : Concept Publishing Company.
३. **Monkhouse, F. J. & Wilkinson, H. R.** (1972), '*Maps and Diagrams*', London : Methuen and Co. Ltd.
४. **Raisz, E.** (1962), '*Principles of Cartography*', New York : McGraw-Hill Book Company.

५. **Robinson, A. H. & Sale, R. D.** (1969), '*Elements of Cartography*', New York : John Willey and Sons.
६. **शर्मा, जे. पी.** (२०१४), 'प्रयोगात्मक भूगोल की रूपरेखा', रस्तोगी पब्लिकेशन्स, मेरठ.
७. **शिंदे, एम्. बी.** (२००२), 'नकाशाशास्त्र प्रात्यक्षिक भूगोल', फडके प्रकाशन, कोल्हापूर.
८. **कार्लेकर, श्रीकांत** (२००७), 'भौगोलिक माहिती प्रणाली', डायमंड पब्लिकेशन्स, पुणे.
९. **Peter Van der Krogt** (2015), '*The Origin of the Word Cartography*', [www.e-perimtron.org](http://www.e-perimtron.org). vol. 10, No.3, pp 124-142.

□□□

## त्रिकोणमिती आणि समतल फलक सर्वेक्षण (Geodetic and Plane Surveying)

### अनुक्रमणिका

- २.० उद्दिष्ट्ये
- २.१ प्रास्ताविक
- २.२ विषय विवेचन
  - २.२.१ सर्वेक्षणाची व्याख्या, अर्थ आणि उद्देश
  - २.२.२ त्रिकोणमितीय आणि समतल सर्वेक्षण
  - २.२.३ समतल फलक सर्वेक्षण : उपकरणे आणि सर्वेक्षण पद्धती
  - २.२.४ डिजीटल लेसर अंतर मापक-सर्वेक्षण पद्धत
- २.३ पारिभाषिक शब्द, शब्दार्थ
- २.४ स्वयं-अध्ययन प्रश्न व उत्तरे
- २.५ सारांश
- २.६ सरावासाठी स्वाध्याय
- २.७ क्षेत्रीय कार्य
- २.८ अधिक वाचनासाठी पुस्तके/संदर्भ ग्रंथ

### २.० उद्दिष्ट्ये

या घटकाच्या अभ्यासानंतर आपल्याला,

१. सर्वेक्षण म्हणजे काय? ते सांगता येईल.
२. सर्वेक्षणाचा उद्देश आणि सर्वेक्षणाच्या प्रकारांची माहिती होईल.
३. त्रिकोणमिती, समतल आणि डिजीटल लेसर अंतर मापक सर्वेक्षणाची आणि त्यातील उपकरणांची माहिती देता येईल.

## २.१ प्रास्ताविक

सर्वेक्षण म्हणजे मोजणीशास्त्र होय. जमिनीची मोजणी करण्याकरिता किंवा नकाशा तयार करण्याकरिता मोजणीशास्त्राची माहिती असणे आवश्यक आहे. कारण पुरातन काळापासून भूप्रदेशाचे नकाशे तयार करण्यासाठी मोजणीशास्त्राचा अवलंब केला जातो. आज या शास्त्राचा विकास होऊन जमीन अथवा भूप्रदेशाची मोजणी शिवाय अवकाश हवाई सर्वेक्षण करण्याच्या बऱ्याच पध्दती अस्तित्वात आल्या आहेत. हल्ली स्थापत्य शास्त्रात सर्वेक्षणाला अत्यंत महत्त्वाचे स्थान आहे. रेल्वे मार्ग, रस्ते, कालवे, धरणे, नदीजोड व नगररचना इत्यादीसाठी या शास्त्राचा वापर किंवा उपयोग होतो.

## २.२ विषय विवेचन

### २.२.१ सर्वेक्षणाची व्याख्या, अर्थ आणि उद्देश

सर्वेक्षण म्हणजे मापन. विशेषतः जमिनीची मोजमापे घेणे, मोजणी करणे या अर्थाने सर्वेक्षणाचा अर्थ घेतला जातो. मात्र तो त्रोटक असून कोणत्याही गोष्टीसंबंधीची केलेली पाहणी व त्याला अनुसरून घेतलेल्या नोंदी यास सर्वेक्षण म्हणता येईल. कोणतीही वस्तू अथवा घटक पाहिला की, तो मोजावयाचा या मानवाच्या चौकस स्वभावातूनच सर्वेक्षणाची किंवा मोजणीची कला अस्तित्वात आली आहे. सर्वेक्षणाची ही कला फार फार प्राचीन काळापासून मानवास अवगत आहे. मानवाच्या प्रगतीबरोबर सर्वेक्षणाच्या तंत्रातही सुधारणा होत गेली व त्याचे सर्वेक्षणशास्त्र अथवा मोजणीशास्त्र बनले. भूभाग, जलभाग व अवकाश यांची माहिती मिळविण्यासाठी सर्वेक्षणे केली जातात. भू-प्रदेशाचा नकाशा तयार करण्यासाठी प्रथम सर्वेक्षण करावे लागते. यामुळे नकाशाशास्त्र व भूगोलशास्त्र विषयात सर्वेक्षणाचा समावेश होतो. स्थापत्य शास्त्रात घर बांधणी, भूमापन, रस्ते अथवा लोहमार्ग तयार करणे, पूल बांधणे किंवा मोठ्या प्रकल्पांची स्थापना करणे इत्यादीसाठी प्रथम सर्वेक्षण करावे लागते व त्यानुरूप आराखडा (Plan) तयार होतो. याचाच अर्थ स्थापत्यशास्त्र आणि मोजणीशास्त्र परस्परपूरक आहेत. अशाप्रकारे विविध ज्ञान शाखात सर्वेक्षणाचा समावेश होतो. सध्याच्या आधुनिक काळात नियोजनबद्ध सर्वांगीण विकासाच्या दृष्टीने सर्वेक्षणास महत्त्व प्राप्त झाले आहे. तसेच सर्वेक्षणाच्या अत्याधुनिक साधनांची भर पडत आहे.

भूगोलशास्त्रात पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विभिन्न घटकांचा अभ्यास केला जातो. अशा अभ्यासासाठी नकाशांचा वापर केला जातो. नकाशे भूपृष्ठाच्या अचूक सर्वेक्षणाने तयार केले जातात. भू-सर्वेक्षणाच्या दृष्टीने 'सर्वेक्षणाच्या' काही व्याख्या पुढीलप्रमाणे देता येतील.

१. “भूपृष्ठावरील निराळ्या बिंदूची किंवा ठिकाणांची सापेक्ष अंतरे मोजून निश्चित करणे आणि त्यावरून नकाशा किंवा आराखडा तयार करण्याच्या शास्त्रशुद्ध कलेस सर्वेक्षण असे म्हणतात.”  
("Surveying is the art of making observations and measurements in order to determine the relative position of points on the earth's surface.")
२. “क्षेत्रातील विविध घटकांची सापेक्ष स्थाने नकाशात अचूकपणे दर्शविण्याची सर्वेक्षण ही एक कला आहे.” ("Surveying is the art of representing the relative position of various objects in the field correctly on map or plan.")
३. “सर्वेक्षण म्हणजे मोजणी करण्याची कला. ही मोजणी विशिष्ट तत्वावर आधारलेली असते, त्यामुळे सर्वेक्षणाला मोजणीशास्त्र म्हणतात.”

सर्वेक्षण म्हणजे भूपृष्ठाची मोजणी करण्याची कला व शास्त्र होय. या शास्त्रामध्ये भूपृष्ठावरील सापेक्ष स्थाने ठरवून त्यायोगे भूप्रदेशाचे नकाशे तयार केले जातात.

#### □ सर्वेक्षणा उद्देश :-

सर्वेक्षण अथवा मोजणी करण्याचे विविध उद्देश असतात. सर्वेक्षण नेमक्या कोणत्या कारणासाठी करावयाचे आहे त्यावरून त्याचा उद्देश ठरतो. खाजगी अथवा वैयक्तिक मालकीच्या जमिनीच्या हद्दी ठरविणे, प्रदेशातील विविध नैसर्गिक व मानव निर्मित घटक दर्शविणे, शहर रचना करणे, घरबांधणी करणे, मोठमोठ्या प्रकल्पांची उभारणी करणे, लष्करी अथवा संरक्षणात्मकदृष्ट्या महत्त्वाच्या ठिकाणांची निश्चिती करणे अशा विविध उद्देशांसाठी सर्वेक्षण केले जाते. सर्वेक्षणात प्राप्त झालेल्या माहितीच्या, मोजमापाच्या आधारे नकाशा तयार केला जातो. त्यावरून अचूक माहिती मिळविली जाते. यावरून सर्वेक्षणाचा मुख्य उद्देश नकाशा तयार करणे हा आहे असे म्हणता येईल.

### २.२.२ त्रिकोणमितीय आणि समतल सर्वेक्षण

सर्वेक्षणाचे वर्गीकरण वेगवेगळ्या आधारावर केले जाते. सर्वेक्षणातील अचूकतेचा आणि त्यातील तंत्राचा विचार करता सर्वेक्षणाची प्राथमिक विभागणी दोन भागात करता येईल. येथे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची वक्रता विचारात घ्यावयाची की नाही यावरून ही प्राथमिक विभागणी झाली आहे.

#### १. धरागोल मोजणी किंवा त्रिकोणमिती सर्वेक्षण (Geodetic or Trigonometrical Surveying) :-

आपण ज्या भूतलावर राहतो त्याचा पृष्ठभाग वक्राकार आहे. फार थोड्या अंतराचा किंवा

भूप्रदेशाचा विचार केल्यास पृथ्वीच्या वक्राकार पृष्ठभागाची विशेष जाणीव होत नाही. परंतु फार विस्तृत भूप्रदेश मोजणी करताना मात्र सर्वेक्षकाला जमिनीच्या मोजमापावर पृथ्वीच्या वक्राकार पृष्ठभागाच्या होणाऱ्या परिणामाचा विचार करावा लागतो. त्यामुळे ज्या सर्वेक्षणामध्ये पृथ्वीच्या वक्राकार पृष्ठभागाचा विचार करून त्याप्रमाणे मोजमापात बदल केले जातात. त्यावेळी त्या प्रकारच्या सर्वेक्षणाला धरागोल सर्वेक्षण किंवा त्रिकोणमिती सर्वेक्षण म्हणतात. अशा सर्वेक्षणासाठी उच्च प्रतीची साधने व सर्वेक्षणात अचूकता व बिनचूकता अपेक्षित असते. अशा प्रकारचे सर्वेक्षण शक्यतो सरकारी संस्थांच्यामार्फत केले जाते. उदा.भारतात सर्वे ऑफ इंडिया (Survey of India), संयुक्त संस्थानात (USA Geodetic and Marine Survey) इत्यादी.

## २. समतल मोजणी/सपाट पृष्ठभागीय सर्वेक्षण (Plan Surveying) :-

जेव्हा सर्वेक्षण केले जाणारे क्षेत्र विस्ताराने लहान, एखाद्या जिल्ह्याचे, खेड्यांचे, नागरी क्षेत्रांचे इत्यादी असते, तेव्हा पृथ्वीचा वक्राकार लक्षात घेतला जात नाही. सर्वेक्षण केले जाणारे क्षेत्र सपाट आहे असे समजण्यात येते. त्या सर्वेक्षणास समतल सर्वेक्षण (Plane Surveying) म्हणतात. असे सर्वेक्षण सरकारी तसेच खाजगी संस्थांकडून केले जाते. भू-भागाचा वक्रपणा दर किलो मीटर अंतरास फक्त ५.४ से.मी. इतका असतो. सर्वसामान्यपणे २५० चौ.कि.मी. पेक्षा कमी क्षेत्रफळापर्यंतच्या मोजणीमध्ये अधिक चूक किंवा फरक पडत नाही, त्यामुळे लहान आकाराच्या भू-भागाचे सर्वेक्षण करून या प्रकारचे नकाशे तयार करण्यात येतात.

## □ सर्वेक्षणाचे इतर प्रकार (Other Types of Surveying) :-

### १. स्थानानुसार सर्वेक्षण (Topographical) :-

(अ) भू-मापन (Cadastral) व (ब) शहर (City) सर्वेक्षण असे उपप्रकार पडतात.

i) समुद्रावरील किंवा सागरी सर्वेक्षण (Marine Survey)

ii) खगोलीय सर्वेक्षण (Astronomical Survey)

### २. सर्वेक्षणाच्या हेतू/उद्देशानुसार वर्गीकरण (According to Objectives) :-

या सर्वेक्षणाचे पुढील प्रकार पडतात.

i) खाण सर्वेक्षण (Mine Survey).

ii) संरक्षणविषयक सर्वेक्षण (Defence Survey).

iii) लष्करी सर्वेक्षण (Military Survey).

- iv) भुगर्भशास्त्रीय सर्वेक्षण (Geological Survey).
- v) अभियांत्रिकी सर्वेक्षण (Engineering Survey).
- vi) पुराणवस्तुविषयक सर्वेक्षण (Archaeological Survey).

**३. मोजणीसाठी वापरलेल्या उपकरणांवर आधारित सर्वेक्षणाचे वर्गीकरण (According to Survey Instruments) :-**

सर्वेक्षणासाठी विविध उपकरणे व साहित्य वापरले जातात. त्यावरून त्या सर्वेक्षणाचे खालील प्रकार पडतात.

- i) साखळी व टेप सर्वेक्षण (Chain and Tape Survey).
- ii) समतल फलक सर्वेक्षण (Plane Table Survey).
- iii) कंपास सर्वेक्षण किंवा लोलकीय होकायंत्र सर्वेक्षण (Prismatic Compass Survey).
- iv) डम्पी समतलीय सर्वेक्षण (Dumpy Level Survey).
- v) विकोणमापी सर्वेक्षण (Theodolite Survey).
- vi) छायाचित्र सर्वेक्षण (Photographic Survey).
- vii) हवाई सर्वेक्षण (Aerial Survey).
- viii) आशुमापी सर्वेक्षण (Tacheomatic Survey).

**४. सर्वेक्षणासाठी वापरलेल्या प्रमुख पद्धतींवर आधारित सर्वेक्षणाचे वर्गीकरण (According to Methods of Survey) :-**

या पद्धतींवर आधारित सर्वेक्षणाचे पुढील दोन प्रकारात वर्गीकरण करता येते.

- i) त्रिकोणीकरण सर्वेक्षण पद्धत (Triangulation Survey Method).
- ii) रेखांकन सर्वेक्षण पद्धत (Traverse Survey Method).

रेखांकन सर्वेक्षण पद्धतीचे पुढील दोन प्रकारात वर्गीकरण केले जाते.

- अ) अबांदिस्त रेखांकन सर्वेक्षण/खुले चलत रेखांकन (Open Traverse Method).
- ब) बांदिस्त किंवा पूर्ण वेढा पध्दती सर्वेक्षण (Close Traverse Method).

**१. भू-सर्वेक्षण :-**

भू-पृष्ठावरील नद्या, नाले, ओढे, डोंगर, दऱ्या, कालवे, जंगले, रस्ते, लोहमार्ग, वसाहती इत्यादी नैसर्गिक अगर मानवनिर्मित घटकांची माहिती गोळा करण्यासाठी हे सर्वेक्षण करतात.

**२. भू-मापन सर्वेक्षण :-**

हे सर्वेक्षण स्थावर, शेतीच्या अगर इतर जमिनीच्या बाबींच्या सीमारेषा ठरवण्यासाठी ग्रामीण व शहराच्या, जिल्ह्यांच्या, राज्याच्या सीमा ठरविण्यासाठी केले जाते.

**३. शहर सर्वेक्षण :-**

शहरातील पाणीपुरवठ्याचे नळ लाईन, गटारे, शहरातील नाले, रस्ते, घर बांधणी विभाग, सार्वजनिक उद्यान व खेळाची मैदाने यांची आखणी करण्यासाठी या सर्वेक्षणाचा उपयोग होतो.

**४. सागरी सर्वेक्षण :-**

समुद्राच्या पाण्याची खोली व तळ, किनाऱ्यावरील भूमीउपयोजनातील बदल, पाण्याच्या पृष्ठभागाची पातळी निश्चित करणे, समुद्र किनाऱ्यावरील विविध बांधकामासाठी, समुद्र किनाऱ्याच्या भागाची पाहणी करण्यासाठी व भरती ओहोटी यांचा अभ्यास करण्यासाठी या सर्वेक्षणाचा उपयोग केला जातो.

**५. खगोलिय सर्वेक्षण :-**

अवकाश व आकाशातील ग्रह-ताऱ्यांची विस्तृत माहिती मिळवण्यासाठी हे सर्वेक्षण केले जाते.

**६. अभियांत्रिकी सर्वेक्षण :-**

रस्ते, वाहतुकीचे पूल, लोहमार्ग, जलसिंचन प्रकल्प योजना, बोगदे, भूयारी गटारे, कालवे व विद्युत योजना यांची मोजमापे घेण्यासाठी हे सर्वेक्षण केले जाते.

**७. लष्करी सर्वेक्षण :-**

संरक्षण, परकीय आक्रमण, शत्रु राष्ट्रांचे लष्करी तळ शोधण्यासाठी तसेच लष्करीदृष्ट्या महत्त्वाची ठिकाणे शोधण्यासाठी या सर्वेक्षणाचा उपयोग केला जातो.

**८. खाण सर्वेक्षण :-**

विविध प्रकारची खनिजे, शक्तीसाधने, त्याचप्रमाणे त्यांची खोली, प्रमाण यांची माहिती मिळवण्यासाठी हे सर्वेक्षण केले जाते.

### ९. भूगर्भशास्त्रीय सर्वेक्षण :-

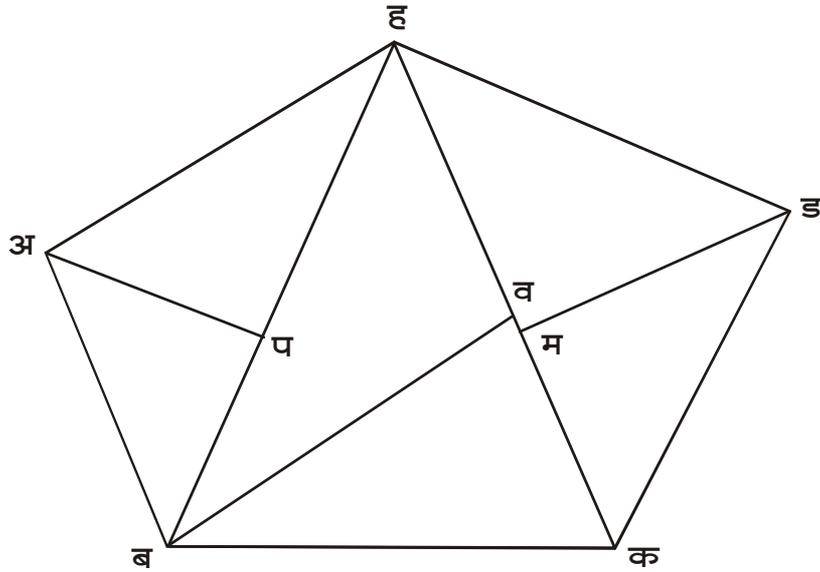
भूपृष्ठाखालील असलेल्या खडकांचे प्रकार, त्यांचे थर त्यातील खनिज संपत्ती तसेच मृदेचे विविध प्रकारची माहिती मिळवण्यासाठी या सर्वेक्षणाचा उपयोग होतो.

### १०. पुराणवस्तू संशोधन सर्वेक्षण :-

पुराण काळातील वेगवेगळ्या अवशेषांसंदर्भात माहिती मिळवण्यासाठी या सर्वेक्षणाचा उपयोग केला जातो.

### ११. त्रिकोणीकरण सर्वेक्षण पद्धत :-

भूपृष्ठावरील एखाद्या प्रदेशाचे सर्वेक्षण या पद्धतीने करावयाचे झाल्यास प्रथम मोजणी/सर्वेक्षण क्षेत्र अनेक त्रिकोणामध्ये विभागले जाते. हे सर्वेक्षण करताना सुरवातीला पायारेषा (Base Line) बिनचूकपणे निवडून त्यानंतरच त्या रेषेला अनुसरून लहान-लहान त्रिकोण काढावे लागतात. हे सर्व त्रिकोण एखाद्या प्रदेशाच्या किंवा क्षेत्राच्या आकारावरून/क्षेत्रफळावरून ठरवावे लागतात. हे सर्वेक्षण करत असताना चुका कमी येण्यासाठी व अचूक मोजमाप करण्यासाठी त्रिकोणाचे समान भाग घ्यावे लागतात. म्हणजेच त्रिकोणाच्या सर्व बाजू समान असतात. त्रिकोणाचे कोण  $30^\circ$  पेक्षा कमी व  $120^\circ$  पेक्षा जास्त असू नये.



आकृती क्र.१ : त्रिकोणमिती सर्वेक्षण पद्धत

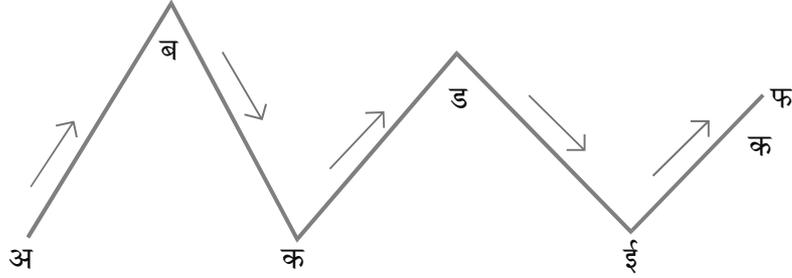
### १२. रेखांकन सर्वेक्षण पद्धती :-

या सर्वेक्षणात पायारेषेस जोडणाऱ्या सर्व बाजूकडील रेषांची अंतरे व कोन मोजता येतात. या

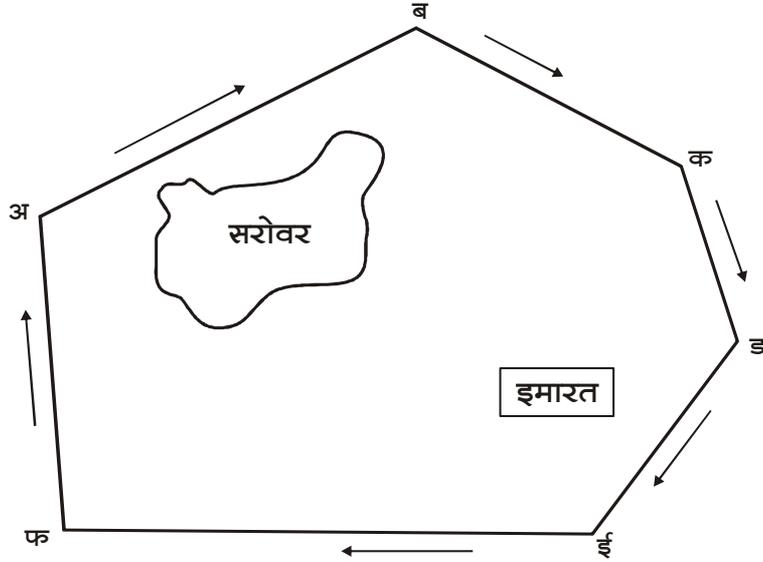
पद्धतीमध्ये मोजावयाच्या सर्वेक्षण क्षेत्राभोवती मोजणी रेषा टाकाव्या लागतात. ज्या वस्तूचे स्थाने ठरवावयाचे त्या वस्तूवर मोजणी रेषेपासून टप्पे टाकावे लागतात. या सर्वेक्षणाचे खालील दोन प्रकार पडतात.

**अ) खुले/चलत रेखांकन सर्वेक्षण (Open Traverse) :** सर्वेक्षक ज्या ठिकाणाहून सर्वेक्षणाची सुरवात करतो. तेथून तो मोजणी करत पुढे पुढे जात असतो. तो सुरवातीच्या ठिकाणी परत येत नाही. या पद्धतीलाच उघडे, खुले किंवा चलत सर्वेक्षण म्हणतात. उदा. रस्ते, लोहमार्ग, नदीचे खोरे, कालवे व समुद्र किनारे मोजण्यासाठी ही पद्धत वापरली जाते.

**आ) बंदिस्त किंवा पूर्ण वेढा पद्धत सर्वेक्षण (Close Traverse Method) :** या सर्वेक्षणात सर्वेक्षक ज्या ठिकाणाहून सर्वेक्षणास सुरवात करतो व मोजणी करत करत सुरवातीच्या ठिकाणी येवून पोहचतो म्हणून या पद्धतीस बंद किंवा बंदिस्त रेखांकन सर्वेक्षण म्हणतात. उदा. तलाव, सरोवर, टेकडी, जंगले, इमारती, विहिरी यांच्या सिमा ठरविण्यासाठी या सर्वेक्षणाचा उपयोग होतो.



आकृती क्र. २ : अबंदिस्त रेखांकन सर्वेक्षण पद्धती



आकृती क्र. ३ : बंदिस्त रेखांकन सर्वेक्षण पद्धती

### २.२.३ समतल फलक सर्वेक्षण : उपकरणे आणि सर्वेक्षण पद्धती (Plane Table Survey) :-

भूपृष्ठावरील एखाद्या लहान आकाराच्या किंवा क्षेत्रफळाच्या मर्यादित भागाची मोजणी करण्याकरिता समतल फलक सर्वेक्षण पद्धती अधिक उपयुक्त ठरते. समतल फलक सर्वेक्षण पद्धतीत एकाचवेळी जमिनीची मोजणी व नकाशा तयार करण्याचे काम चालते. यामुळे वेळ व मेहनत यांची बचत होते. सर्वेक्षणाची ही एक आलेखीय पद्धत (Graphical Method) आहे.

इतर सर्वेक्षणाच्या तुलनेत हे सर्वेक्षण अधिक अचूक असून त्या सर्वेक्षणाच्या सहाय्याने एखाद्या भूप्रदेशाचा नकाशा फार कमी वेळात तयार करण्यात येतो. तसेच या पद्धतीद्वारे रस्ते, रेल्वे, कालवे, नगर आणि शहर सर्वेक्षण व स्थलदर्शक नकाशा निर्मितीसाठी या पद्धतीचा वापर होतो.

#### ☼ समतल फलक सर्वेक्षणाचे फायदे (Merits of Plane Table Survey) :-

- १) लहान प्रमाणावरील नकाशे तयार करण्याची ही अत्यंत उपयुक्त पद्धत आहे.
- २) सर्वेक्षणाचे काम कमी वेळेत व जलद होते.
- ३) सर्वेक्षणाचे आणि नकाशा तयार करण्याचे काम एकाचवेळी सुरू असते.
- ४) या सर्वेक्षण पद्धतीमध्ये नोंद वहीची गरज पडत नाही.
- ५) सर्वेक्षण करताना जर एखादी चूक झाली तर लगेच मोजणी करून चूक दुरुस्त करता येते.
- ६) ज्या ठिकाणी चुंबकीय आकर्षण असते अशा ठिकाणी लोलकीय यंत्राचा फारसा उपयोग होत नाही. अशा ठिकाणी समतल फलक सर्वेक्षण अत्यंत उपयुक्त ठरते.
- ७) ही एक सोपी सर्वेक्षण पद्धत आहे. तिला सर्वेक्षणाची आलेखीय पद्धत म्हणूनही ओळखतात.

#### ☼ समतल फलक सर्वेक्षणाचे तोटे (Demerits of Plane Table Survey) :-

- १) ही सर्वेक्षण पद्धत प्रामुख्याने उष्ण व कोरड्या हवामानातील आहे. त्यामुळे अधिक पर्जन्यमान प्रदेशात ही पद्धती उपयुक्त ठरत नाही.
- २) सर्वेक्षण करताना अनेक वस्तूंचा वापर करावा लागतो. तसेच त्या अवजडही असून त्या हरविण्याची शक्यता असते.
- ३) अचूक व सूक्ष्म प्रकारचे सर्वेक्षण करण्यासाठी ही पद्धत उपयुक्त नाही.

## □ समतल फलक सर्वेक्षणासाठी आवश्यक साहित्य :-

समतल फलक सर्वेक्षणाकरिता महत्त्वाची उपकरणे पुढील प्रमाणे :-

१. आरेखन फलक व तिपाई (Drawing Board & Tripod).
२. दर्श रेखी (Alidade).
३. पाणसळ (Level, Bottle).
४. आयताकृती होकायंत्र (Trough Campass).
५. केंद्र योजक U सांगाडा (Plumb-bob with U frame).
६. टेप व इतर आरेखन साहित्य (Tape and other drawing equipments).

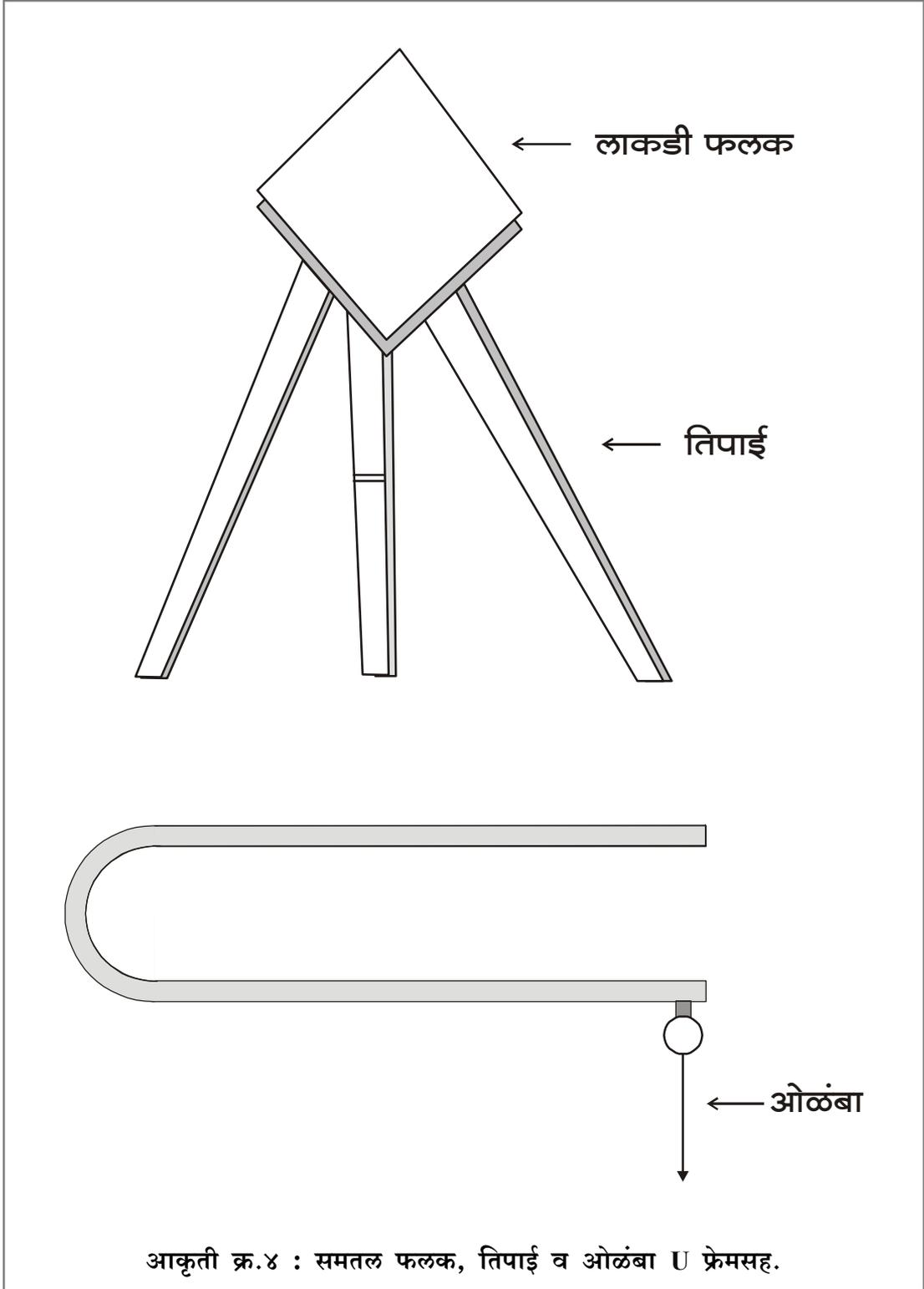
### १. आरेखन फलक व तिपाई (Drawing Board & Tripod) :-

आरेखन फलक हे सर्वेक्षणातील प्रमुख सर्वेक्षण उपकरण आहे. फलक विविध आकाराचे असतात. काही लाकडी फलक ४० x ६० सें.मी. तर काही ७५ x ६० सें.मी. आकाराचे असतात. ते हाताळण्यास सोपे व्हावेत, म्हणून मऊ व हलक्या लाकडाचे किंवा कमावलेल्या देवदार लाकडाचे असतात. पट्ट्या जोडून पृष्ठभाग गुळगुळीत व समपातळी केलेला असतो. असा बनवलेला नकाशा फलक चांगला असतो. त्यामुळे ते आर्द्र हवामानात वेडेवाकडे होण्याची शक्यता नसते.

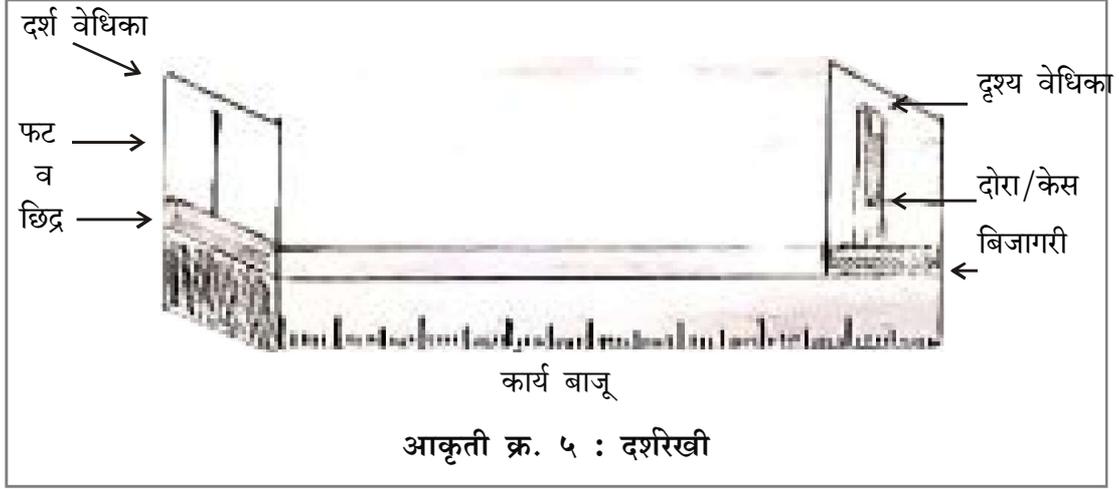
लाकडी फलक ज्या तिपाईवर क्षितीज समांतर जोडतात ते अत्यंत महत्त्वाचे असते. सर्वसाधारणपणे तिपाईचा सांगाडा (Frame) हा वजनाने हलका परंतु ताठर म्हणजे वजन पेलवणारा व न वाकणारा असतो. यांची एका ठिकाणाहून दुसरीकडे वाहतूक सोयीस्कर व्हावी म्हणून बऱ्याचवेळा त्याची घडी करण्यास योग्य ती रचना केलेली असते. तिपाईच्या (Tripod) मध्यावरील कृतीमंच्यास एक छिद्र असते. या छिद्रास फलकाच्या खालील बाजूस गोल चकती व क्लॅम्पींग स्क्रू असतो. फलक व तिपाई यांना क्लॅम्पींग स्क्रूच्या साहाय्याने जोडले जाते. जेव्हा स्क्रू सैल केला जातो, तेव्हा फलक तिपाईवर स्वतःभोवती फिरतो व स्क्रू आवळल्यास तिपाईवर घट्ट बसतो. फलक यंत्राने सर्वेक्षण करण्यापूर्वी समतलन करावे लागते.

### २. दर्श रेखी (Alidade) :-

हे एक मोजपट्टी सारखे साधन असून त्यांची लांबी ५० सें.मी. असते. त्याची एक बाजू किंवा कड पातळ असून दुसरी बाजू जरा जाड असते. या पितळी पट्टीच्या दोन्ही बाजूस बिजागरीच्या साहाय्याने लंबवत पट्ट्या बसविलेल्या असतात. पट्टीच्या एका टोकास दर्शवेधिका (Eye Vane) व दुसऱ्या बाजूस

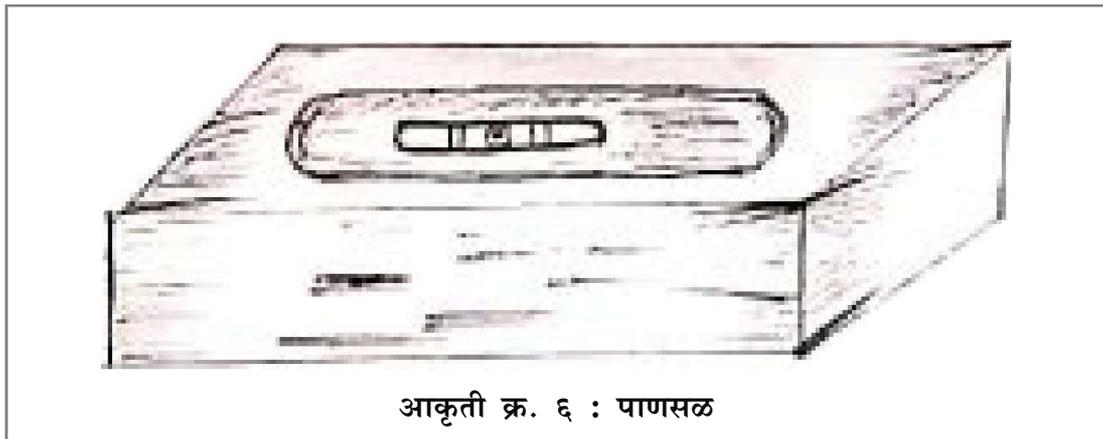


दृश्य वेधिका (Object Vane) असतात. ह्या लहान आयताकृती उभ्या पट्ट्या असतात. त्यापैकी एका पट्टीस मधोमध अगदी विशिष्ट बारिक उभी फट असते. या पट्टीलाच दर्शवेधिका म्हणतात, तर दुसऱ्या पट्टीला मधोमध मोठी फट असून तिच्या मधोमध दोरा किंवा केस असतो. या पट्टीला दृश्य वेधिका म्हणतात. दर्श रेखीच्या सहाय्याने सर्वेक्षक मोजणी क्षेत्रातील मोजणी स्थानाकडे त्यातून पाहून आरेखन करतो.



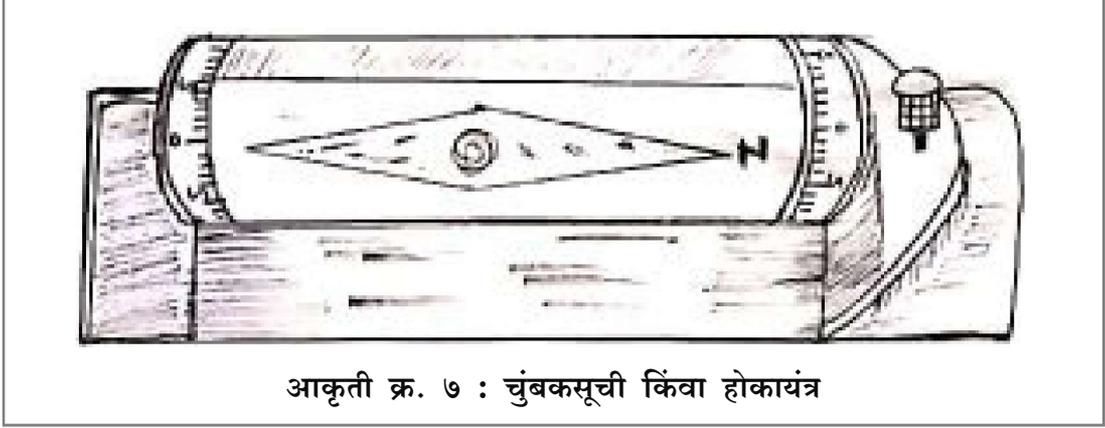
### ३. पाणसळ (Level, Bottle) :-

हे सर्वेक्षणातील छोटे उपकरण आहे, त्याचा उपयोग समतल फलक समपातळीत आहे की नाही हे पाहण्यासाठी केला जातो. एका लाकडी पेटित काचेची एक बंद नळी असते. त्यामध्ये मध्यार्क (spirit) भरलेले असते, यात एक हवेचा बुडबुडा ही असतो. त्या बुडबुड्याच्या साहाय्याने समतल फलक समपातळीत आहे की नाही हे पाहता येते. समतल फलकावर पाणसळ ठेवून काचेच्या मध्यभागी हवेचा बुडबुडा आला की, फलक समतल झाला असे समजतात.



#### ४. आयताकृती होकायंत्र (Trough Compass) :-

या उपकरणाचा उपयोग फलकावरील नकाशावर चुंबकीय दक्षिणोत्तर दिशा निश्चित करण्यासाठी होतो. या होकायंत्राची लांबी १५ सें.मी. व रुंदी ३ सें.मी. असते. आयताकृती पेटीमध्ये मधोमध उभ्या आसावर टोकदार चुंबक सुई बसविलेली असते, तिच्या एका टोकावर उत्तर दिशा दाखविण्यासाठी इंग्रजीतील 'N' अक्षर लिहिलेले असते. या पट्टीवर एका बाजूला स्कू असतो. या स्कू मुळे होकायंत्र स्थिर करता येते. या उपकरणाद्वारे नकाशावर उत्तर दिशा दाखविता येते.



आकृती क्र. ७ : चुंबकसूची किंवा होकायंत्र

#### ५. केंद्र योजक 'U' सांगाडा (Plumb-bob) :-

हे उपकरण म्हणजे इंग्रजी मुळाक्षर 'U' आकाराचा एक लवचिक धातूच्या पट्टीचा सांगाडा असतो. त्याचे एक टोक टोकदार असते. तर दुसऱ्या टोकाला दोऱ्याने ओळंबा बांधलेला असतो. जेव्हा केंद्रयोजन करावयाचे असते, तेव्हा एक टोक समतल फलकावरील सर्वेक्षण स्थानावर असते. तर ओळंब्याचे दुसरे टोक फलकाच्या खालील बाजूस जमिनीवरील स्थानकाकडे असते. अशा प्रकारे सर्वेक्षण बिंदूचे एकाच दिशेत केंद्रयोजन करता येते.

#### ६. टेप व इतर आरेखन साहित्य (Tape and other drawing equipments) :-

##### अ) टेप :-

सर्वेक्षणात वापरण्यात येणारे टेप हे तीन प्रकारचे असतात. त्यामध्ये कापडी, मेटॅलिक व स्टील टेपचा समावेश होतो. जमिनीवरील अंतरे टेपच्या साहाय्याने मोजतात. लंबातर मोजणे, जमिनीवरील मापे आखून देणे इत्यादीसाठी टेप वापरतात.

##### ब) आरेखन दंड :-

सर्वेक्षण क्षेत्रात सर्वेक्षण बिंदू लांबून दिसावेत म्हणून त्यांच्या स्थानी आरेखन दंड उभे केलेले

असतात, याची लांबी २ ते २.५ मीटर असते. यावर ३० सें.मी. अंतराने काळ्या-पांढऱ्या किंवा लाल-पांढऱ्या रंगाचे पट्टे एका आड एक असे दिलेले असतात. या रंग संगतीमुळे हे आरेखन दंड चटकन लांबून ओळखता येतात.

**क) लाकडी खुंट्या :-**

या लाकडी खुंट्या मुख्य सर्वेक्षण बिंदूच्या ठिकाणी जमिनीत ठोकून ते बिंदू सर्वेक्षण प्रक्रिया पूर्ण होईपर्यंत संरक्षित ठेवता येतात. मोजणी रेषेच्या दोन्ही टोकांना या खुंट्या रोवतात.

**ड) इतर साहित्य :-**

यामध्ये कंपासपेटी, पेन्सिल, रबर, टाचण्या, चीमटे व ड्रॉईंगचा कागद इत्यादींचा समावेश होतो.

**□ समतल फलक सर्वेक्षणाची कार्यपध्दती (Procedure for Plane Table Surveying) :-**

भूपृष्ठावरील एखाद्या प्रदेशाचे सर्वेक्षण करावयाचे असल्यास त्याचा कच्चा आराखडा तयार करणे. अत्यंत महत्त्वाचे असते. त्यात महत्त्वाच्या वस्तू किंवा स्थान ओळखण्यासाठी त्यांना अ, ब, क, ड किंवा १, २, ३, ४, ५, ..... याप्रमाणे नावे किंवा क्रमांक द्यावे. समतल फलक सर्वेक्षण करताना काही प्रक्रिया क्रमाक्रमाने करावयाच्या असतात, त्या पुढीलप्रमाणे :-

**१. समतल फलकाचे केंद्रयोजन (Centering) :-**

भूपृष्ठाचा कच्चा आराखडा तयार केल्यानंतर आपल्याला त्यावर महत्त्वाची सर्वेक्षण ठिकाणे ठरवावी लागतात आणि त्यांच्यादरम्यान सर्वेक्षण करावे लागते. समतल फलक जमिनीवर मांडल्यानंतर फलकावर ड्रॉईंग कागद योग्य प्रकारे 'U' आकाराच्या पिनांच्या साहाय्याने बसवून बिंदूस्थान सांगाड्यांच्या व ओळंब्यांच्या साहाय्याने एक टोक कागदावर व ओळंबा जमिनीवरील स्थानावर बरोबर येत नाही तोपर्यंत समतल फलक यंत्र सरकवत रहावे लागते. ओळंबा बरोबर त्या बिंदूवर आला कि समतल फलक केंद्र योजन झाले असे म्हणतात.

**२. समतलन (Leveling) :-**

समतल फलक बसविलेल्या तिपाईचे पाय मागे पुढे सरकत पाणसळीच्या साहाय्याने फलक जमिनीस क्षितीज समांतर दिशेत आणल्या जाणाऱ्या प्रक्रियेस समतलन म्हणतात. प्रथमतः तिपाईवर समतल फलक बसवावा व बसविण्याचा स्क्रू थोडासा सैल करून केंद्रयोजन करून घ्यावे. फलकाच्या एका कोपऱ्यावर तसेच मध्यभागी पाणसळ ठेवून समतलन पहावे. एकदा समतल फलकाचे समतलन झाले

की स्क्रू घट्ट करवा. तिपाईला कोणत्याही प्रकारचा धक्का लागून समतलन बिघडणार नाही याची काळजी सर्वेक्षकाने घ्यावी.

### ३. स्थान निश्चितीकरण (Orientation) :-

समतल फलक सर्वेक्षणात फलकावरील नकाशावरील सर्वेक्षण स्थान आणि प्रत्यक्ष जमिनीवरील स्थान हे एकाच समांतर उभ्या रेषेत किंवा दिशेत असतात. समतल फलक सर्वेक्षण करताना एका ठिकाणाच्या सर्वेक्षण स्थानावरून दुसऱ्या ठिकाणाच्या सर्वेक्षण स्थानावर उचलून ठेवावा लागतो. यासाठी पहिले सर्वेक्षण स्थान आणि दुसरे सर्वेक्षण स्थान यांची स्थान निश्चिती करावी लागते. म्हणजे नकाशावरील स्थाने व सर्वेक्षण रेषा यांची स्थाने एकमेकांना समांतर दिशेत येणे आवश्यक असते. ज्यावेळी समतल फलक नकाशावरील सर्वेक्षण रेषा आणि जमिनीवरील प्रत्यक्ष सर्वेक्षण रेषा एकाच दिशेत समांतर येतात. त्या प्रक्रियेस स्थाननिश्चितीकरण म्हणतात. स्थान निश्चितीकरणाच्या पद्धती पुढीलप्रमाणे :-

#### अ) मागील निरीक्षण पध्दत/पश्चावलोकन करून (By Back Sighting) :-

या पद्धतीचा वापर समतल फलक स्थाननिश्चितीकरण करण्यासाठी अधिक प्रमाणात करतात. कारण ही पद्धत सोपी व अचूक असल्यामुळे नकाशावर अगोदरच निश्चित केलेल्या सर्वेक्षण स्थानाच्या मागील निरीक्षणाने उपयोगात आणता येतात. या पद्धतीमध्ये पहिले सर्वेक्षण स्थान निश्चित झाल्यानंतर दुसऱ्या स्थानावर जाऊन तेथील सर्वेक्षण स्थान केंद्रयोजन व समतलन करून स्थान निश्चित केल्यानंतर दर्श-रेखीच्या साहाय्याने पुन्हा पहिले स्थान योग्य प्रकारे वेधावे आणि नकाशावरील सर्वेक्षण रेखा व जमिनीवरील प्रत्यक्ष रेषा उभ्यादिशेत समांतर असेल तर दुसरे स्थान निश्चित झाले आहे असे समजावे.

#### ब) चुंबकीय सूचीच्या साहाय्याने/होकायंत्राच्या साहाय्याने (By The Magnetic Needle) :-

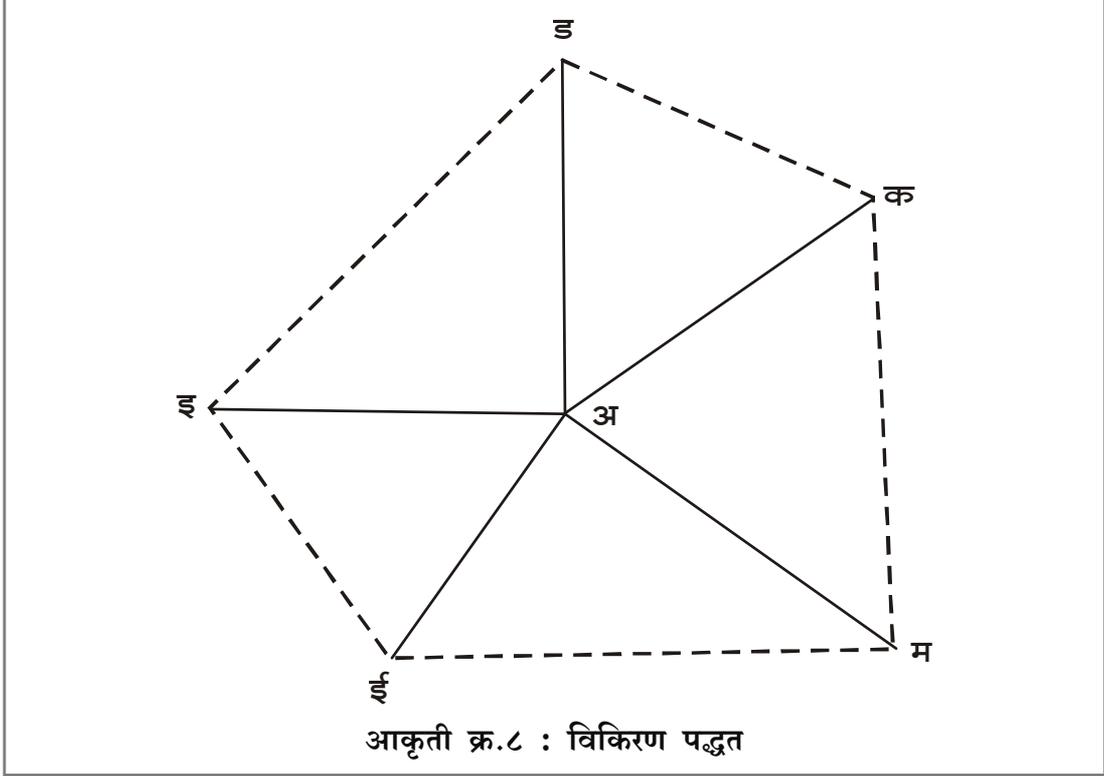
पहिल्या सर्वेक्षण स्थानावर चुंबकीय सूचीच्या साहाय्याने उत्तर दिशा निश्चित करावी. त्यानंतर दुसऱ्या स्थानावरील चुंबकीय सूची/होकायंत्र ठेवून तिचा बिंदू व पूर्वी असलेली उत्तर दिशा जुळवून घ्यावी. सर्वेक्षणात या पद्धतीचा उपयोग स्थान निश्चितीकरण करताना अधिक प्रमाणात वापर करत नाहीत.

### □ समतल फलक सर्वेक्षणाच्या पद्धती (Methods of Plane Table Surveying) :-

#### १. विकिरण पद्धत (Radiation Method) :-

या पद्धतीत समतल फलक एकाच सर्वेक्षण ठिकाणी निश्चित करून सर्वेक्षण क्षेत्राच्या मध्यभागी

एक बिंदू निश्चित करावा. जेणेकरून सर्वेक्षण क्षेत्रातील सर्व बिंदू दिसतील. त्यानंतर केंद्र योजन, समतलन व दिशा निश्चिती करून कागदावर मध्यभागी आलेल्या बिंदूवर टाचणी खोचून दर्श-रेखीच्या सहाय्याने किरण किंवा छेदन रेषा काढावी. याप्रमाणे मध्य बिंदूतून सर्व इतर स्थानांचे बिंदू निश्चित करून सरळ रेषा काढा. तसेच सर्व स्थानांची अंतरे मध्यबिंदूपासून मोजा आणि योग्य ते प्रमाण घेऊन नकाशा पूर्ण करा. या पद्धतीने सर्वेक्षणातील लहान-लहान बारकावे दर्शविता येतात.

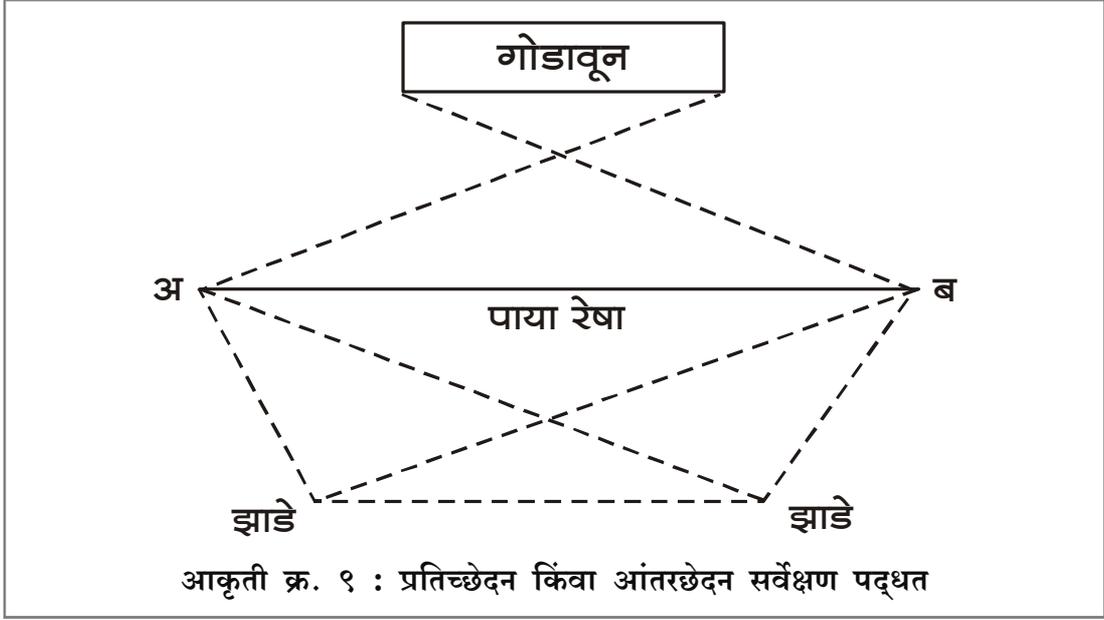


## २. प्रतिच्छेदन/आंतरछेदन पद्धती (Intersection Method) :-

विकिरण पद्धतीचा पुढील टप्पा म्हणजे प्रतिच्छेदन सर्वेक्षण होय. विकिरण पद्धतीमध्ये एकाच सर्वेक्षण ठिकाणावरून इतर वस्तूंचे वेध घेऊन अंतरे मोजली जातात, परंतु या पद्धतीमध्ये प्रत्यक्ष अंतर न मोजता वस्तूंची स्थाने निश्चित केली जातात. प्रामुख्याने या पद्धतीचा वापर शेतजमीन मोजणे, तुटलेल्या सीमा, हद्द ठरविणे व लांब पट्याच्या वस्तूंची स्थाने ठरविणे, इत्यादीसाठी केला जातो.

प्रथमतः 'अ' हा सर्वेक्षण बिंदू निश्चित करून केंद्र योजन, समतलन दिशा निश्चिती इत्यादी प्रक्रिया पूर्ण करून नंतर 'ब' स्थानापर्यंत अंतर घेऊन त्यास प्रमाण ठरवा. त्याठिकाणी आरेखन दंड रोवून ठेवावा. नकाशावरील 'अब' पाया रेषा (Base Line) सरळ रेषेत काढून घ्यावे. 'अ' बिंदूजवळ दर्श-रेखी ठेवून इतर स्थानाचा वेध घेऊन किरण किंवा छेदन रेषा तयार कराव्यात आणि त्यांना योग्य अशी नावे किंवा

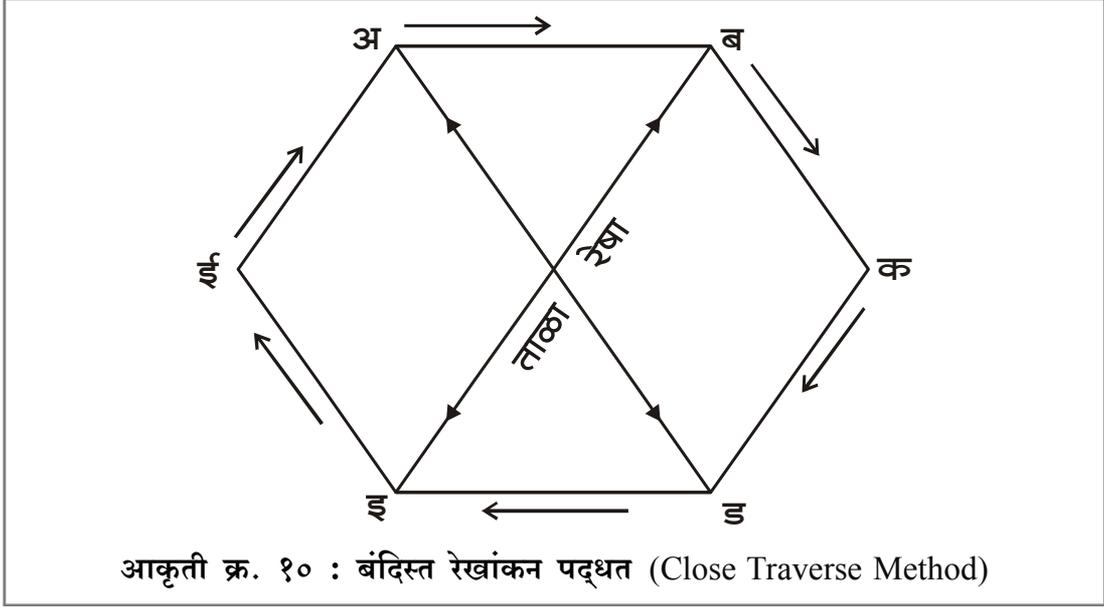
क्रमांक द्यावेत, यानंतर 'अ' बिंदूवरून समतल फलक उचलून 'ब' बिंदूवर ठेवून त्याचे स्थान निश्चित करावे. पुन्हा 'अ' स्थानाशी पश्चावलोकन पद्धतीने स्थाने निश्चित करून अगोदर ज्या वस्तूकरिता किरण किंवा छेदन रेषा काढलेल्या आहेत त्या 'ब' बिंदूतून क्रमाक्रमाने वेध घेऊन छेदन रेषेनी जोडावीत. 'अ' आणि 'ब' या बिंदूवरील छेदन रेषा ज्या ठिकाणी एकमेकांना छेद होतील किंवा मिळतील ते या बिंदूचे स्थान निश्चित समजावे. या पद्धतीने सर्व स्थाने निश्चित करून त्याआधारे सर्वेक्षण व नकाशा पूर्ण करतात. सर्वेक्षणामध्ये या पद्धतीचा वापर अधिक प्रमाणात करण्यात येतो.



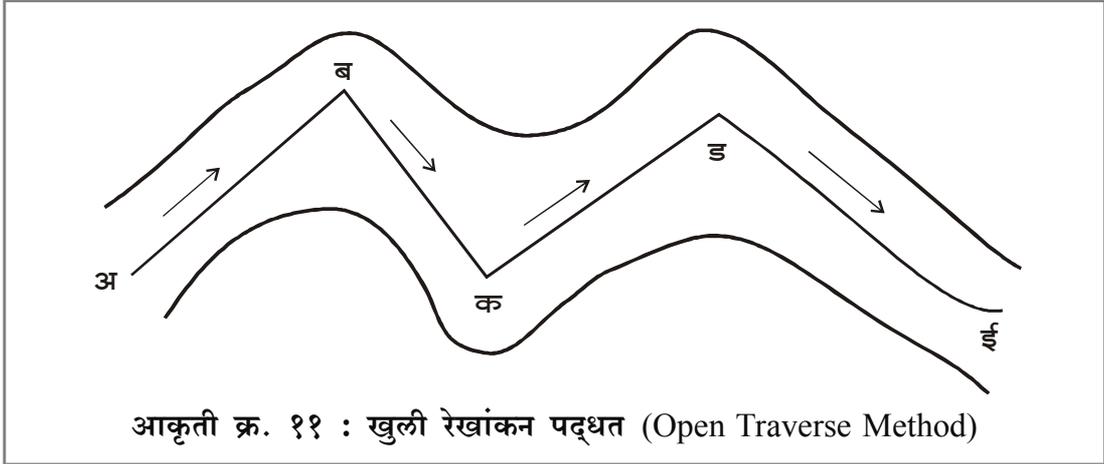
### ३. चलत रेखांकन पद्धती (Traverse Method) :-

या सर्वेक्षण पद्धतीमध्येसुद्धा एका स्थानावरून दुसऱ्या सर्वेक्षण स्थानाकडे मोजणी करित जावे लागते. जमिनीवरील सर्व प्रकारच्या घटकांची नोंद या पद्धतीच्या साहाय्याने नकाशावर करता येते. उदा. रस्ते व नद्या यांच्या मोजणीसाठी ही पद्धत अधिक प्रमाणावर उपयुक्त ठरते. या पद्धतीमध्ये ज्या प्रदशांचे किंवा क्षेत्राचे सर्वेक्षण करावयाचे आहे. त्याचे प्रथम निरीक्षण करून सर्वेक्षण स्थाने निश्चित करावीत. उदा. अ, ब, क, ड, इ प्रथम 'अ' बिंदूवरील समतल फलक ठेवून त्यांचे केंद्रयोजन, समतलन व होकायंत्राच्या साहाय्याने दिशा निश्चित करून आपणास आवश्यक असलेल्या स्थानाकरिता छेदन रेषा काढून घ्याव्यात. तसेच योग्य ते प्रमाण त्यांना देऊन त्यांना योग्य अशी सांकेतिक नावे द्यावीत, अशा प्रकारे निश्चित केलेल्या सर्वेक्षण स्थानांवर प्रक्रिया करित पुढे-पुढे सर्वेक्षण करित जावे.

सर्वेक्षक एखाद्या भूप्रदेशाचे सर्वेक्षण करत पुढे-पुढे जातो व परत त्याच मुळ स्थानावर येवून पोहचतो व सर्वेक्षण पूर्ण होते. त्या पद्धतीस बंदीस्त रेखांकन पद्धती (Close Traverse Method) असे



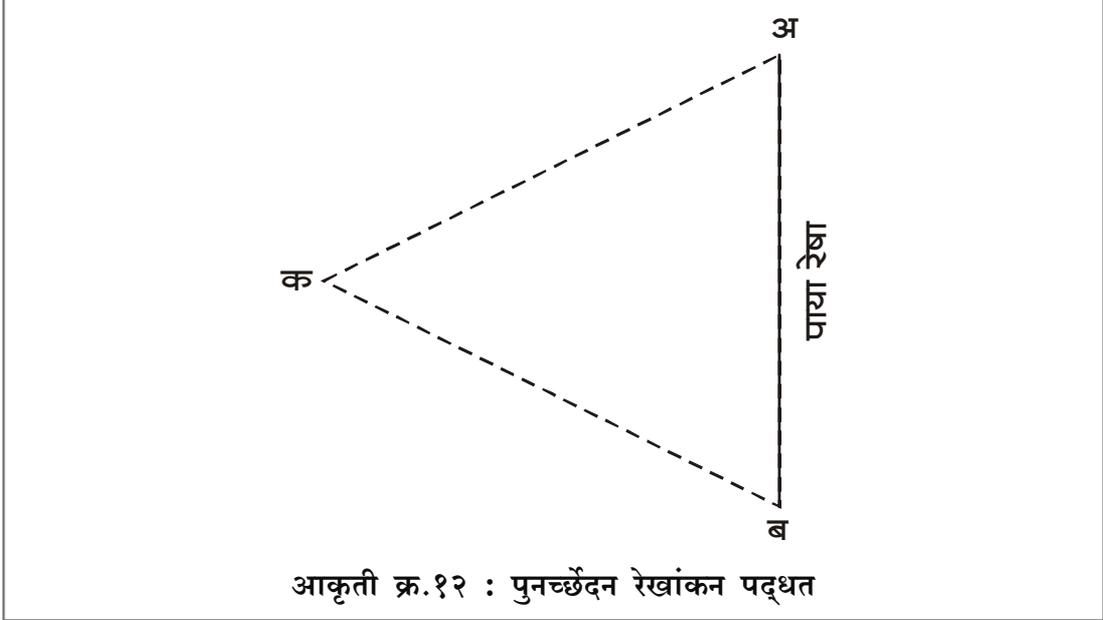
म्हणतात. सर्वेक्षक सर्वेक्षण करत तसाच पुढील दिशेस चालत राहिल्यास म्हणजेच पहिल्या मूळ स्थानावर येत नाही. त्या प्रकारच्या सर्वेक्षणास अबंदिस्त/खुले रेखांकन (Open Traverse) असे म्हणतात.



#### ४. पुनर्छेदन किंवा अंतर्छेदन पद्धत (Resection Method) :-

या पद्धतीमध्ये समतल फलकाची मांडणी जमिनीवरील कोणत्याही सर्वेक्षण स्थानावर किंवा बिंदूवर करून ते स्थान नकाशावर दाखविण्यासाठी केला जातो. म्हणजेच या पद्धतीने कोणत्याही घटकाच्या किंवा वस्तुंच्या वेध रेषांमुळे मिळणाऱ्या किरणाचा छेदन बिंदू हा समतल फलकाच्या नकाशावर जमिनीवरील सर्वेक्षण स्थान दर्शवितो. उदा. 'अ' बिंदूचे स्थान निश्चित करावयाचे असल्याच त्यासाठी 'अब' ही पायारेषा प्रमाणानुसार घ्यावी. त्यानंतर दर्श रेखीच्या साहाय्याने कागदावर किंवा

नकाशावर 'अब' अंतर घ्यावे. समतल फलक 'अ' स्थानावरून 'ब' स्थानावर ठेवून त्यांचे केंद्रयोजन व समतलन करून मागील निरीक्षण पद्धतीने 'अ' स्थान निश्चित करावे. त्यानंतर 'क' स्थानावर समतल फलकाची मांडणी करून त्याचेही स्थान निश्चित करावे. आता 'क' मधून 'अ' व 'ब' स्थानासाठी छेदन बिंदू काढावेत म्हणजेच 'अ' स्थान प्रतिच्छेदन पद्धतीने निश्चित करता येते. या पद्धतीने इतर सर्वेक्षण स्थाने ही निश्चित करता येतात.



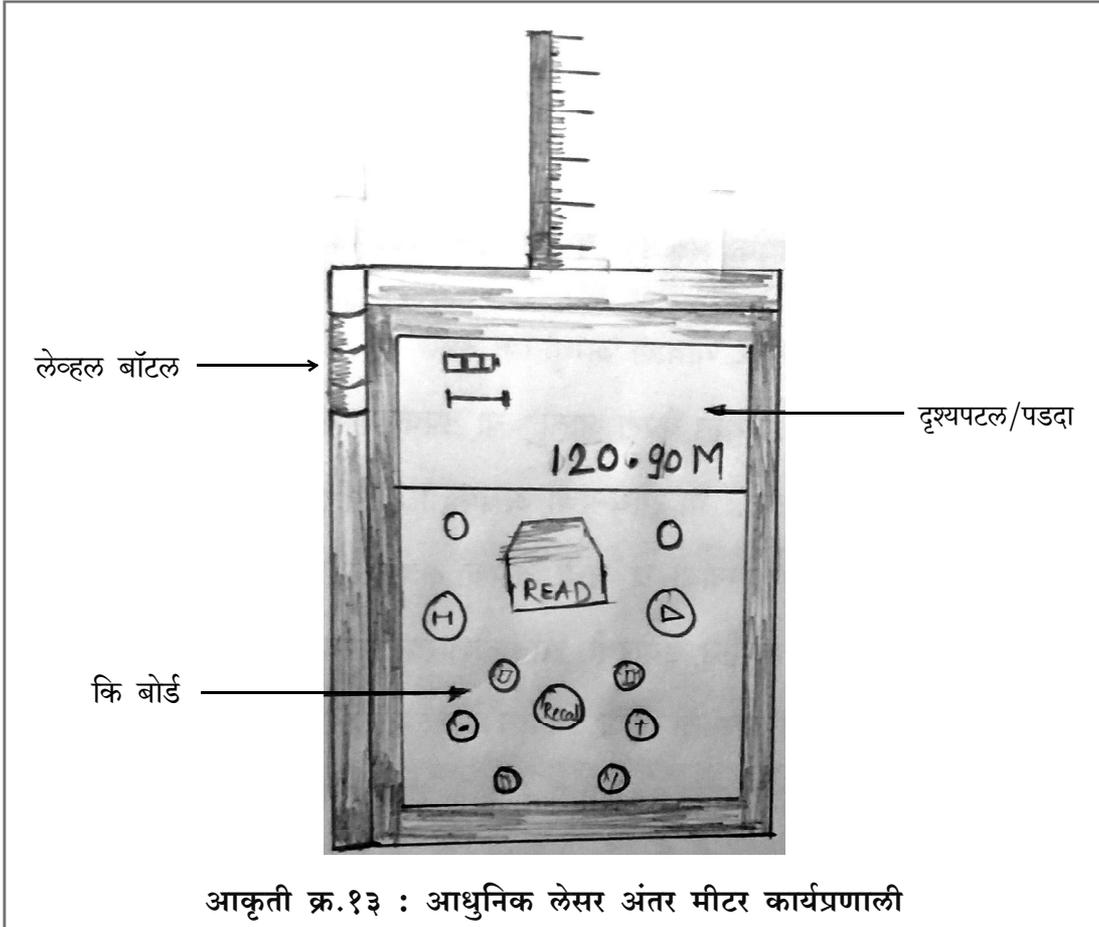
### २.२.४ डिजीटल लेसर अंतर मापक-सर्वेक्षण पद्धत (Digital Laser Distance Meter) :-

लेझर अंतर मीटर हे सर्वेक्षणातील आधुनिक उपकरण असून सध्याच्या युगामध्ये याचा मोठ्या प्रमाणात सर्वेक्षणासाठी उपयोग केला जातो. या उपकरणाच्या साहाय्याने अत्यंत अचूक व जलद मापन/सर्वेक्षण केले जाते. या साधनांची अचूकता ही ०.१ ते ८० मीटर पर्यंत असते. या उपकरणाच्या साहाय्याने अंतर, लांबी व उंची तसेच क्षेत्रफळ व आकारमानही मोजता येते. प्रामुख्याने रस्त्यांची लांबी, शेतजमीन, इमारती, सैनिकीशास्त्र, भूस्थलदर्शक नकाशा, अभियांत्रिकी व त्रिमितीय (3D) वस्तू दर्शविण्यासाठी यांचा उपयोग केला जातो. या उपकरणाचे वैशिष्ट्य म्हणजे मागील ५० मापने पाहण्यासाठी यातील Recall Function चा उपयोग केला जातो. या सर्वेक्षणामध्ये लेसर अंतर उपकरणाची किरणे केंद्रित (Centric) असतात. त्यामुळे प्रकाशाची तीव्रता किरणे सामान्यतः एकाच वारंवारतेमध्ये (Frequency) असतात. त्यामुळे अंतर मोजण्यासाठी ही खूप उपयुक्त ठरतात. कारण वातावरणामध्ये प्रकाश किरणे जर बऱ्यापैकी स्थिर असतील तर ती अधिक गतीने प्रवास करतात आणि

प्रकाश किरणे कमकुवत असून वातावरणामध्ये पसरत असतील तर लेसर, अंतरमीटरची कार्यक्षमता कमी होते.

#### □ लेसर अंतर मापकाची कार्यपध्दती :-

लेझर अंतर मापक सुरू केलेनंतर दृश्यपटल/पडदा येथे आपण केलेले मोजमापन अगदी योग्य पध्दतीने दिसते. त्यानंतर त्या उपकरणालाच एकात्मिक पाणसळ असून (Integrated Levelling) लेव्हलिंग केली जाते. त्यानंतर लेसर अंतर मापकामधून बिमच्या साहाय्याने वस्तूवर लेसरची किरणे उत्सर्जित होतात. त्यानंतर त्या किरणाचा संबंध वस्तूशी येतो व ती किरणे संचरण होऊन ती संवेदकाकडे (Sensor) परत प्रतिबिंबित होते. हे 'विमानाची वेळ (Flight of Time)' या तत्त्वावर आधारित आहे. लेझर प्रकाश पृथ्वीच्या वातावरणामधून बऱ्यापैकी स्थिर प्रवास करून मापकाच्या आत मधील एक साधा संवेदक वस्तूचे लक्ष्य साध्य करण्यासाठी असतो आणि तोच संवेदक अंतराची मोजणी अचूकपणे करतो. आधुनिक लेसर अंतर मीटरला “श्रेणी शोधक” किंवा “लेसर श्रेणी शोधक” असेही संबोधले जाते.



आकृती क्र.१३ : आधुनिक लेसर अंतर मीटर कार्यप्रणाली

## □ लेसर अंतर मापकाचे सूत्र :-

आधुनिक लेसर अंतर मापक हे संवेदक आणि वस्तू यांच्यादरम्यानचे अंतर ( $D = CT/2$ ) द्वारे दिले जाते. येथे C हे प्रकाशाच्या गतीच्या बरोबरीने असते. (Speed of Light) आणि T हे संवेदक आणि वस्तू यांच्या दरम्यान फेरीसाठीचे लागणारे वेळचे प्रमाण असते. प्रकाश किरणे ज्या वेगात प्रवास करतात त्याच वेगाने लक्ष्य साधले जाते; त्यामुळे वस्तूची मोजणी फूट (foot) आणि काही मीटरच्या अंतरावर अगदी अचूकपणे केली जाते. परंतु कमी अंतर असेल किंवा लेझरच्या टप्प्यात नसेल तर अचूकता गमावण्याची शक्यता असते.

लेसर अंतर मापकाची अचूकता ही प्रकाश किरणे पाठवणाऱ्या संवेदकावर अवलंबून असते, तसेच येणाऱ्या मूळ प्रकाश ऊर्जेवर पण अवलंबून असतात. हे लेसर बीम अतिशय अरुंद आहेत आणि त्यांची ऊर्जा जास्त आहे. तरीही वातावरणातील बदलामुळे सामान्य पांढऱ्या प्रकाशावर परिणाम करतात अशा या वातावरणामुळे जंगले किंवा वाळवंटातील प्रदेशात एक किलोमीटरपेक्षा जास्त अंतरावरील वस्तूचे अंतर अचूकपणे घेणे कठीण होऊ शकते. या सर्वेक्षणाचे काही वस्तूत अनेक प्रतिबिंब निर्माण होत असतात, कारण ती वस्तू प्रकाश शोषून घेते तसेच विकिरण होतात. अशावेळी त्यास “फेज शिफ्ट पद्धत” वापरून लेसर अंतर मीटरद्वारे मोजणी केली जाते.

## □ आधुनिक लेझर आंतर मापक पद्धतीचे फायदे व तोटे :-

### ⊙ फायदे :-

१. या सर्वेक्षणामुळे वेळेची बचत होऊन हे वापरण्यासाठी अत्यंत सोपे आहे.
२. या सर्वेक्षण पद्धतीद्वारे आपल्याला एखाद्या भू-प्रदेशाचे अगदी अचूकपणे से.मी. व इंचामध्ये मोजणी करता येते.
३. या उपकरणाचा कोणत्याही ऋतूमध्ये वापर करता येऊ शकतो.
४. या सर्वेक्षण पद्धतीमध्ये वेगवेगळ्या सर्वेक्षण पद्धतीचा एकाचवेळी उपयोग करू शकतो.

### ⊙ तोटे :-

१. उपकरणाची/संवेदकाचे योग्य प्रकारे मांडणी करणे अवघड असते.
२. या उपकरणाची किंमत न परवडणारी आहे.
३. काही लेझर अंतर मीटर उपकरणे ही अंतर कमी असल्यास अचूक मोजणी करू शकत नाही.

४. याचा वापर मोजमाप करण्यासाठी केला जातो लेव्हल पाहण्यासाठी केला जात नाही.
५. ओलसर, दमट, धुळीच्या व वाळवंटाच्या ठिकाणी याचा वापर करता येत नाही.
६. उपकरणामध्ये काही मॅकेनिकल बदल झाल्यास उपकरणाची अचूकता कमी होते.

□ टीप :-

१. या उपकरणाच्या साहाय्याने सर्वेक्षण झाल्यानंतर यातील बॅटरी/सेल काढून ठेवावे. तसेच जुने-नवे सेल वापरू नये.
२. संवेदकाचा प्रकाश/पडद्याचा प्रकाश नको असल्यास बॅक लाईट बटण बंद ठेवावे.
३. हे उपकरण पाच मिनिटे वापरले नसल्यास स्वयंचलितपणे (Automatic) बंद होते.

### २.३ पारिभाषिक शब्द, शब्दार्थ

१. सें.मी. : सेंटीमीटर.
२. कि.मी. : किलोमीटर.
३. 3 D : त्रिकोणमिती छायाचित्र.
४. सर्वेक्षण (Survey) : मोजणी.
५. सर्वेक्षक (Surveyor) : मोजणीदार.

### २.४ स्वयं-अध्ययन प्रश्न व उत्तरे

□ खालील दिलेल्या बहुपर्यायी प्रश्नांचे योग्य पर्याय निवडा.

१. .... यातून समोर असलेल्या वस्तूचा वेध घेऊन कागदावर आरेखन केले जाते.  
अ) पाणसळ      ब) होकायंत्र      क) केंद्रयोजन      ड) दर्श-रेखी.
२. समतल फलकाच्या किती पद्धती आहेत.  
अ) दोन      ब) चार      क) एक      ड) तीन.
३. समतल फलक ही ..... पद्धत आहे.  
अ) चित्रलेखीय      ब) वर्तुळाकार      क) रेखाकृती      ड) कोनीय.

४. समतल फलक हा कशापासून बनवलेला आहे.  
 अ) लोखंडापासून ब) लाकडापासून क) रबरापासून ड) प्लॉस्टिक.
५. खालीलपैकी कोणता पर्याय समतल फलकाचा फायदा नाही.  
 अ) अचूकता ब) कमी किंमत  
 क) नोंदवहीची गरज नाही ड) आधुनिक पध्दत.

□ उत्तरे :-

१. ड) दर्श-रेखी.  
 २. ब) चार.  
 ३. अ) चित्रलेखीय.  
 ४. ब) लाकडापासून.  
 ५. अ) अचूकता.

## २.५ सारांश

जमिनीची मोजणी करणे या अर्थाने सर्वेक्षण हा शब्द वापरला जातो. “भूपृष्ठावरील निरनिराळ्या बिंदूंची किंवा ठिकाणांची सापेक्ष अंतरे मोजून निश्चित करणे आणि त्यावरून नकाशा किंवा आराखडा तयार करण्याच्या शास्त्रशुद्ध कलेस सर्वेक्षण म्हणतात.” मुख्य सर्वेक्षक व त्याचे सहाय्यक मिळून त्यांच्या गटामार्फत भूपृष्ठाचे मापन म्हणजे सर्वेक्षण केले जाते. सर्वेक्षणासाठी विविध उपकरणांचा वापर केला जातो. सर्वेक्षणात भूपृष्ठावरील विविध ठिकाणांची क्षेत्रात जाऊन प्रत्यक्ष मोजमापे घेणे, मिळालेल्या मोजमापाच्या साहाय्याने प्रयोगशाळेत नकाशा तयार करणे याचबरोबर सर्वेक्षणासाठी वापरलेल्या उपकरणांची देखभाल ठेवणे इत्यादी कार्यांचा समावेश होतो.

सर्वेक्षणाचे वर्गीकरण वेगवेगळ्या आधारावर करतात. मापनातील अचूकतेचा विचार करता त्याची प्राथमिक विभागणी त्रिकोणमिती सर्वेक्षण व समतल सर्वेक्षण अशा दोन भागात करतात. त्रिकोणमिती सर्वेक्षणात पृथ्वीच्या वक्राकार पृष्ठभागाचा विचार करतात. आधुनिक उपकरणांनी भूपृष्ठाचे अगदी अचूक व तंतोतंत सर्वेक्षण होते. हे सर्वेक्षण सरकारी सर्वेक्षण विभागामार्फत केले जाते. समतल सर्वेक्षणात पृथ्वीच्या वक्राकार पृष्ठभागाचा विचार न करता संपूर्ण भाग सपाट आहे असे समजून सर्वेक्षण केले जाते. प्रदेश आकाराने लहान म्हणजे २५० चौ.कि.मी. पेक्षा लहान असल्यास त्याचे समतल सर्वेक्षण केले जाते. त्यापेक्षा मोठ्या भागाची माजेणी करताना त्रिकोणमिती मोजणीची पध्दत अवलंबतात. याशिवाय

सर्वेक्षणाचे स्थानानुसार, हेतुनुसार, सर्वेक्षणाच्या पध्दतीनुसार आणि सर्वेक्षणात वापरलेल्या उपकरणानुसार विविध प्रकार पडतात.

लेसर अंतर मापक हे देखील सर्वेक्षणातील अत्याधुनिक उपकरण असून याचाही सर्वेक्षणामध्ये मोठ्या प्रमाणात उपयोग होतो. प्रामुख्याने लहान प्रदेश व मोठ्या प्रदेशाचे क्षेत्रफळ व आकारमान तसेच जलद व अचूक सर्वेक्षणासाठी ही पध्दत उपयुक्त आहे. रस्त्याची लांबी, शेत जमीन, सैनिकीशास्त्र, अभियांत्रिकी व त्रिमितीय वस्तू दर्शविण्यासाठी या सर्वेक्षणाचा उपयोग करतात. या सर्वेक्षणात इतर साहाय्यक उपकरणे कमी असतात.

## २.६ सरावासाठी स्वाध्याय

अ) खालील प्रश्नांची संक्षिप्त उत्तरे लिहा.

१. सर्वेक्षण म्हणजे काय ते सांगून सर्वेक्षणाचे प्रकार सांगा.
२. सर्वेक्षणाचे वर्गीकरण स्पष्ट करा.
३. आधुनिक लेझर अंतर मीटर म्हणजे काय? ते सांगून त्याची कार्यप्रणाली विशद करा.
४. समतल फलक सर्वेक्षणाची कार्यपध्दती स्पष्ट करा.
५. समतल फलक सर्वेक्षणाचे फायदे व तोटे विशद करा.

ब) खालील प्रश्नांची सविस्तर उत्तरे लिहा.

१. सर्वेक्षण म्हणजे काय ते सांगून समतल फलक सर्वेक्षणाची पद्धती स्पष्ट करा.
२. समतल फलक सर्वेक्षण आणि आधुनिक लेझर अंतर मीटर यातील फरक स्पष्ट करून दोघांची कार्यपध्दती स्पष्ट करा.

## २.७ क्षेत्रीय कार्य

१. तुम्हास जवळ असलेल्या वरिष्ठ महाविद्यालयास भेट देऊन तेथील बी. ए. भाग-३ व बी. एस्सी. भाग-३ 'भूगोलशास्त्र' विभागात उपलब्ध असलेल्या सर्वेक्षण उपकरणांची माहिती घ्या. भूभागाचे सर्वेक्षण कसे केले जाते त्याचे प्रात्यक्षिक समजावून घ्या व आपल्या परिसरातील एखाद्या भू-प्रदेशाचा समतल फलकाद्वारे सर्वेक्षण करून नकाशा तयार करा.

## २.८ अधिक वाचनासाठी पुस्तके/संदर्भ ग्रंथ

१. **Alvi, Zamir** (1996) : '*A Text Book of Practical Geography*', Vikas Publishing House, New Delhi.
२. **Arora, K. R.** (2000) : '*Surveying*', Volume First, Standard Book House, Delhi.
३. **कुंभार, अर्जुन** (१९९४) : '*प्रात्यक्षिक भूगोल*', सुमेरु प्रकाशन, डोंबिवली (पूर्व).
४. **मगर, जयकुमार व जगताप, रमाकांत** : '*प्रात्यक्षिक भूगोल*', विद्या प्रकाशन, नागपूर.
५. **Misra, R. P. & Ramesh, A.** (1989), '*Fundamentals of Cartography*', Concept Publishing Company, New Delhi.
६. **शहा, मो.गु., काळे आणि पंडितराव** (१९७०), '*सुलभ मोजणीशास्त्र*', मॅकमिलन आणि कंपनी लिमिटेड, मुंबई.
७. **Sing, R. and Singh L. R.,** (1973), '*Map work and Practical Geography*', Central Book Depot, Allahabad.
८. **Digital Laser Distance Meter Manual**, DEVON Company.
९. **वाघ, शैलेश व सोनवणे, सिद्धार्थ** (१९७०), '*सामान्य नकाशाशास्त्र*', प्रशांत पब्लिकेशन, मुंबई.

□□□

सत्र-३ : घटक-३  
नकाशा प्रक्षेपण

अनुक्रमणिका

- ३.० उद्दिष्ट्ये
- ३.१ प्रास्ताविक
- ३.२ विषय विवेचन
  - ३.२.१ व्याख्या आणि नकाशा प्रक्षेपणाची गरज
  - ३.२.२ नकाशा प्रक्षेपणाचे वर्गीकरण : प्रक्षेपण तयार करण्याच्या पध्दतीनुसार
  - ३.२.३ मर्केटर प्रक्षेपणाचे गुणधर्म आणि उपयोग
  - ३.२.४ नकाशा प्रक्षेपणाची निवड
- ३.३ पारिभाषिक शब्द, शब्दार्थ
- ३.४ स्वयं-अध्ययन प्रश्न व उत्तरे
- ३.५ सारांश
- ३.६ सरावासाठी स्वाध्याय
- ३.७ अधिक वाचनासाठी पुस्तके/संदर्भ ग्रंथ

**३.० उद्दिष्ट्ये**

या घटकाचा अभ्यास केल्यावर आपणास पुढील बाबींचे ज्ञान होईल.

- १. नकाशा प्रक्षेपणाची व्याख्या व गरज समजून घेता येईल.
- २. नकाशा प्रक्षेपण वर्गीकरणाद्वारे प्रक्षेपणांचे विविध प्रकार समजतील.
- ३. नकाशा तयार करण्याच्या विविध पध्दतींचा अभ्यास करता येईल.
- ४. मर्केटर प्रक्षेपणाद्वारे जगाचा नकाशा दर्शविता येईल व प्रक्षेपणाचे गुणधर्म व उपयोग स्पष्ट करता येतील.
- ५. नकाशा प्रक्षेपण निवड अभ्यासातून कोणत्या प्रदेशासाठी कोणते प्रक्षेपण उपयुक्त आहे हे निश्चित करता येईल.

### ३.१ प्रास्ताविक

नकाशा प्रक्षेपण म्हणजे अक्षवृत्तीय व रेखावृत्तीय जाळीचा वापर करून पृथ्वीगोलावरील घटक सपाट पृष्ठभागावर दर्शविणे होय. नकाशा प्रक्षेपणाची गरज निर्माण झाली, कारण संपूर्ण पृथ्वीगोल एका दृष्टीक्षेपात अभ्यासता येत नव्हता, ही अडचण दूर करण्यासाठी प्रक्षेपणाच्या सहाय्याने नकाशे तयार करण्यात आले. प्रक्षेपणाचा सखोल अभ्यास करताना त्याचे वर्गीकरण अभ्यासणे गरजेचे आहे. प्रक्षेपणाचे वर्गीकरण हे प्रक्षेपण तयार करण्याच्या पध्दतीनुसार व प्रक्षेपण गुणधर्मानुसार प्रकार पडतात.

मर्केटर प्रक्षेपणानुसार जगाचा नकाशा काढता येतो. यामध्ये गणितीय आकडेवारीचा मोठ्या प्रमाणात वापर केला आहे. नकाशा प्रक्षेपणाची निवड ही नकाशा कोणत्या घटकासाठी काढावयाचा आहे, यावरून ठरते. नकाशा प्रक्षेपण अभ्यास करताना वरील सर्व बाबींचा विचार करणे गरजेचे आहे. प्रक्षेपणाची व्याख्या, गरज, वर्गीकरण व निवड या बाबींतून या विषयाचा सखोल अभ्यास करता येतो.

### ३.२ विषय विवेचन

नकाशाशास्त्रामध्ये 'नकाशा प्रक्षेपण' हा पायाभूत घटक आहे. त्यामुळे नकाशा प्रक्षेपणाला महत्त्व आहे. नकाशातज्ञांना पृथ्वीगोल हा सपाट कागदावर दर्शविताना खूप अडचणी येत होत्या. त्याकरिता त्यांनी भौमितिक व गणितीय पध्दतींचा वापर करून 'घनाकृती पृथ्वीगोल' सपाट कागदावर नकाशा तंत्राद्वारे काढला. या संपूर्ण प्रक्रियेला नकाशा प्रक्षेपण असे संबोधले जाते.

#### ३.२.१ व्याख्या आणि नकाशा प्रक्षेपणाची गरज

##### □ नकाशा प्रक्षेपणाच्या व्याख्या :-

१. "पृथ्वीचा वक्राकार भाग सपाट पृष्ठभागावर काढून नकाशा तयार केला जातो, त्या पध्दतीला नकाशा प्रक्षेपण असे म्हणतात."
२. "पृथ्वीगोलावरील अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते यांचा वापर करून कागदावर केलेली नकाशाची मांडणी म्हणजे नकाशा प्रक्षेपण होय."
३. "संपूर्ण पृथ्वी किंवा तिच्या कांही भागाचा सांकेतिक पध्दतीने नकाशा तयार कऱ्यासाठी अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते यांची केलेली क्रमबद्ध मांडणी म्हणजे प्रक्षेपण होय."
४. "त्रिमितीय धनगोलाचे द्विमितीय केलेले पध्दतशीर रूपांतर म्हणजे प्रक्षेपण होय."
५. "A map projection as the transformation of the spherical network of

latitudes and longitudes on a plane surface, irrespective of the method of transformation."

□ नकाशा प्रक्षेपणाची गरज/आवश्यकता :-

१. एखाद्या प्रदेशाचा सविस्तर अभ्यास करावयाचा असल्यास पृथ्वीगोलाचा वापर करण्यात अनेक अडचणी निर्माण होतात, त्यावर मात करण्यासाठी प्रक्षेपणाद्वारे काढलेले नकाशे उपयुक्त ठरतात.
२. दोन नैसर्गिक प्रदेशाची तुलना ही पृथ्वीगोलावर करता येत नाही. तुलनात्मक अभ्यास पध्दतीसाठी नकाशा प्रक्षेपणाची आवश्यकता आहे.
३. एखाद्या मोठ्या प्रदेशाचा किंवा संपूर्ण जगाचा अभ्यास एकाच दृष्टीक्षेपात करावयाचा असल्यास नकाशा हा प्रक्षेपणाद्वारे पूर्ण करून अभ्यास करता येतो.
४. अक्षवृत्तीय व रेखावृत्तीय जाळीचा वापर करून नकाशे तयार केल्याने नकाशाचे प्रमाण, दिशा, आकार, क्षेत्रफळ बिनचूक दर्शविता येते.
५. पृथ्वीगोलावरील घटक दाखविण्याची नकाशा प्रक्षेपण ही उत्कृष्ट प्रतिकृती आहे. यामध्येसुद्धा काही त्रुटी आढळतात, त्या दूर करण्यासाठी विविध प्रक्षेपणे गरजेनुसार वापरणे आवश्यक आहे.
६. आलेखीय, गणितीय व भूमितीय पध्दतींचा वापर करून शक्य तेवढे बिनचूक नकाशा प्रक्षेपण व त्यावर नकाशा तयार करता येतो.
७. पृथ्वीगोलावर भौगोलिक माहिती दर्शविणे अत्यंत कठिण/त्रासाचे, खर्चिक व वेळखाऊ आहे. नकाशा प्रक्षेपणामुळे हे काम सोपे झाले आहे.

३.२.२ नकाशा प्रक्षेपणाचे वर्गीकरण (Classification of Map Projection) :-

नकाशा प्रक्षेपणाचे वर्गीकरण प्रामुख्याने दोन पध्दतीनुसार करण्यात आले आहे.

अ) प्रक्षेपण काढण्याच्या पध्दतीनुसार.

ब) प्रक्षेपणाच्या गुणधर्मानुसार.

या घटक अभ्यासामध्ये आपण प्रक्षेपण काढण्याच्या पध्दतीनुसार या प्रक्षेपण वर्गीकरणाचा अभ्यास करणार आहोत. नकाशा प्रक्षेपण तयार करताना पृथ्वीगोल व पृष्ठभाग यांची विशिष्ट प्रकारे रचना केली जाते. प्रक्षेपण काढण्याच्या पध्दतीनुसार प्रक्षेपणाचे पुढील प्रकार पडतात.

१. ख-मध्य प्रक्षेपण (Zenithal Projection).

२. शंकू प्रक्षेपण (Conical Projection).
३. दंडगोल प्रक्षेपण (Cylindrical Projection).
४. सांकेतिक प्रक्षेपण (Conventional Projection).

### १. ख-मध्य प्रक्षेपण (Zenithal Projection) :-

‘प्रक्षेपीय पृथ्वीगोलाला जर सपाट पृष्ठभाग स्पर्श करून ठेवला आणि त्यावरून वृत्तजाळी काढल्यास त्यास ख-मध्य प्रक्षेपण म्हणतात.’ सपाट पृष्ठभाग कोणत्या ठिकाणी ठेवला आहे व दिव्याच्या स्थितीनुसार ख-मध्य प्रक्षेपणाचे पुढील प्रकार पडतात.

#### (i) सपाट पृष्ठभागाच्या स्थितीनुसार प्रक्षेपणे :-

सपाट पृष्ठभाग पृथ्वीगोलावर वेगवेगळ्या ठिकाणी स्पर्श करून ठेवला जातो. सपाट पृष्ठभाग कोणत्या ठिकाणी ठेवला आहे. त्यावरून या प्रक्षेपणाचे पुढील तीन प्रकार पडतात.

#### अ) ध्रुवीय प्रक्षेपण :-

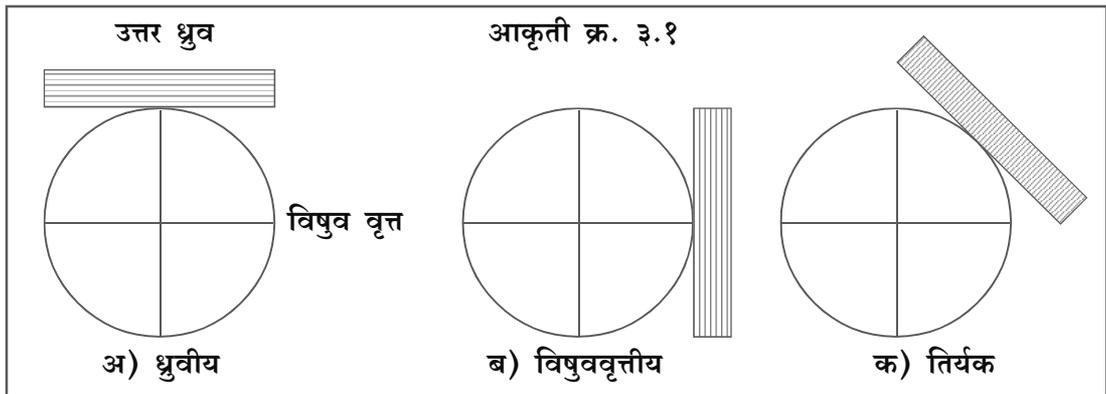
या प्रक्षेपणात सपाट पृष्ठभाग हा ध्रुवाला स्पर्श करून ठेवलेला असतो, म्हणून या प्रक्षेपणाला ‘ध्रुवीय प्रक्षेपण’ असे म्हणतात.

#### ब) विषुववृत्तीय प्रक्षेपण :-

या प्रक्षेपणात सपाट पृष्ठभाग हा विषुववृत्ताला स्पर्श करून ठेवला जातो, म्हणून या प्रक्षेपणाला ‘विषुववृत्तीय प्रक्षेपण’ असे म्हणतात.

#### क) तिर्यक प्रक्षेपण :-

या प्रक्षेपणात सपाट पृष्ठभाग ध्रुव व विषुववृत्त सोडून इतर ठिकाणी कोठेही स्पर्श करून ठेवलेला असतो, त्यावेळी त्या प्रक्षेपणास ‘तिर्यक प्रक्षेपण’ असे म्हणतात.



**(ii) दिव्याच्या स्थितीनुसार प्रक्षेपणे :-**

या प्रक्षेपणात प्रकाशप्रक्षेपक किंवा दिवा वापरला जातो. हा प्रकाशप्रक्षेपक कोणत्या ठिकाणी ठेवला आहे, यावरून याचे तीन प्रकार पडतात ते पुढीलप्रमाणे :-

**अ) गोमुखी/केंद्रीय प्रक्षेपण :-**

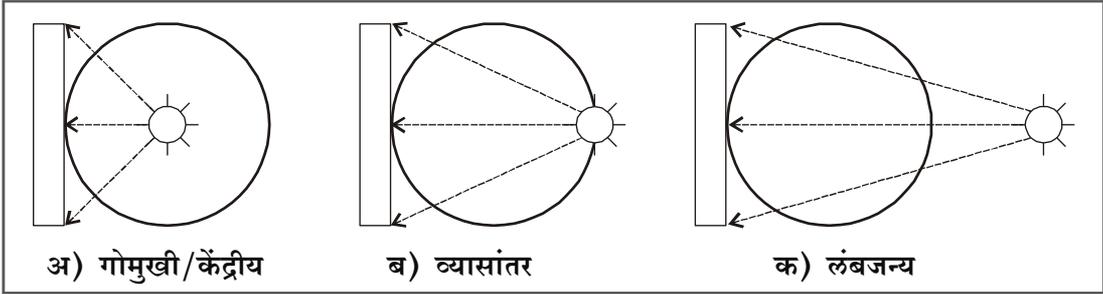
या प्रक्षेपणात दिवा हा पृथ्वीगोलाच्या केंद्रभागी ठेवून वृत्तजाळी तयार केली जाते. त्यावेळेस या प्रक्षेपणाला 'गोमुखी किंवा केंद्रीय प्रक्षेपण' म्हणतात.

**ब) व्यासांतर प्रक्षेपण :-**

या प्रक्षेपणात दिवा हा पृथ्वीगोलाच्या व्यासावर ठेवला जातो व वृत्तजाळी तयार केली जाते. तेव्हा त्या प्रक्षेपणास 'व्यासांतर प्रक्षेपण' असे म्हणतात.

**क) लंबजन्म प्रक्षेपण :-**

या प्रक्षेपणात दिवा हा पृथ्वीगोलापासून दूर अंतरावर ठेवून वृत्तजाळी तयार केली जाते, तेव्हा त्या प्रक्षेपणास 'लंबजन्म प्रक्षेपण' असे म्हणतात.



आकृती क्र. ३.२

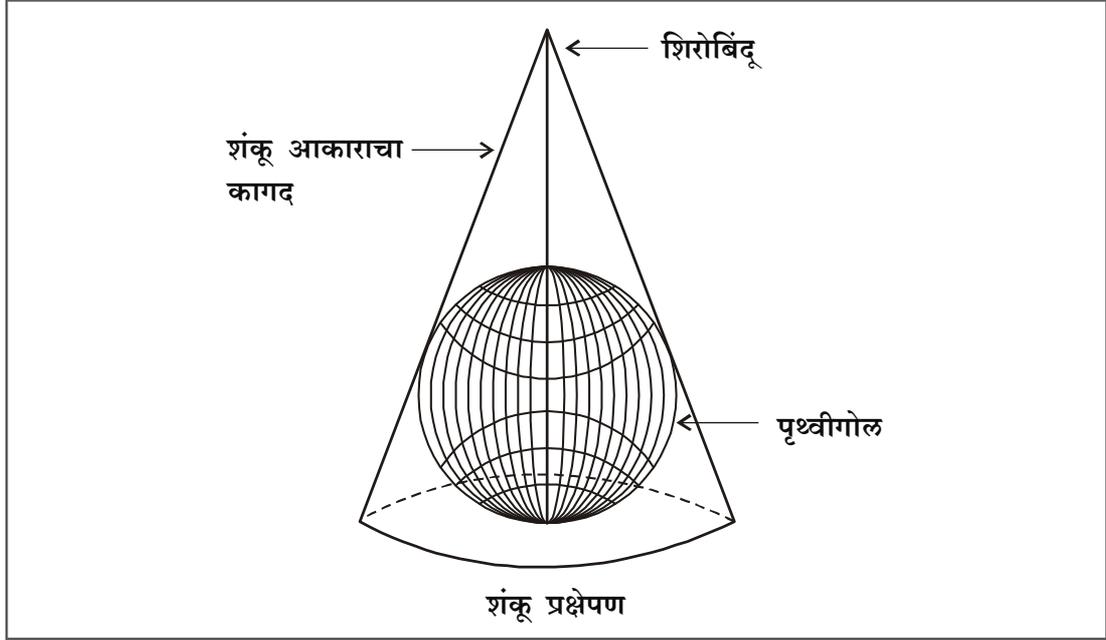
**२. शंकू प्रक्षेपण (Conical Projection) :-**

या प्रक्षेपणात शंकाकार आकाराचा कागद वापरतात. तो कागद पृथ्वीगोलावर ठेवला जातो व त्यावरून वृत्तजाळी तयार केली जाते. म्हणून या प्रक्षेपणास 'शंकू प्रक्षेपण' असे म्हणतात. शंकू आकाराचा पृष्ठभाग प्रक्षेपीय पृथ्वीगोलावर ज्या अक्षवृत्ताला स्पर्श करतो त्यास प्रमाण अक्षवृत्त असे म्हणतात.

या प्रक्षेपणात शंकूचा शिरोबिंदू हा ध्रुवाला अनुसरून धरला जातो, तर शंकू आकाराचा कागद अक्षवृत्तास स्पर्श करून ठेवला जातो. यानंतर अक्षवृत्त व रेखावृत्ताची जाळी तयार केली जाते. हा शंकू एखाद्या रेखावृत्ताला धरून कापल्यास व पसरल्यास सपाट पृष्ठभाग तयार होतो.

□ शंकू प्रक्षेपणाचे प्रकार :-

१. एक प्रमाण अक्षवृत्त शंकू प्रक्षेपण.
२. द्वि-प्रमाण अक्षवृत्त शंकू प्रक्षेपण.
३. बहुप्रमाण अक्षवृत्त शंकू प्रक्षेपण.
४. समक्षेत्र शंकू प्रक्षेपण/बॉनचे प्रक्षेपण.

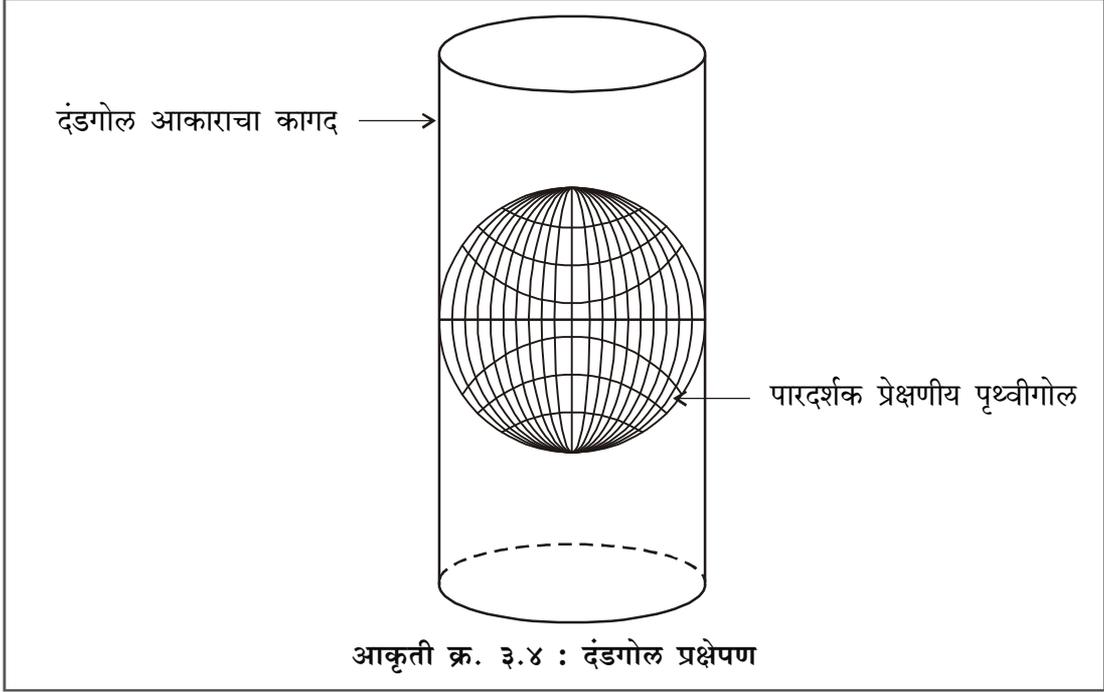


आकृती क्र. ३.३

३. दंडगोल प्रक्षेपण (Cylindrical Projection) :-

या प्रक्षेपणात पारदर्शक प्रक्षेपीय पृथ्वीगोल हा दंडगोल आकाराच्या कागदामध्ये ठेवला जातो. प्रकाश प्रक्षेपक हा पृथ्वीगोलाच्या मध्यभागी ठेवला जातो. अक्षवृत्त व रेखावृत्त यांची वृत्तजाळी तयार केली जाते. हा दंडगोल उभ्या दिशेत रेखावृत्तास समांतर दिशेत कापल्यास जे प्रक्षेपण तयार होते त्यास 'दंडगोल प्रक्षेपण' असे म्हणतात.

या प्रक्षेपणाचे कागदाचा पृष्ठभाग कोणत्या ठिकाणी ठेवला आहे. त्यावरून ध्रुवीय, विषुववृत्तीय व तिर्थक असे तीन प्रकार पडतात. तर दिवा कोणत्या ठिकाणी ठेवला आहे, यावरून गोमुखी, व्यासांतर व लंबजन्य असे तीन प्रकार पडतात. या प्रक्षेपणाचा योग्य वापर विषुववृत्ताजवळील प्रदेशाकरिता होतो, तर ध्रुवाकडील प्रदेशातील आकार व क्षेत्रफळामध्ये विकृती निर्माण होते.



#### ४. सांकेतिक प्रक्षेपण (Conventional Projection) :-

या प्रक्षेपणात सपाट पृष्ठभागावर गणितीय व सांकेतिकरित्या विचार करून अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते यांची जाळी काढली जाते व हे प्रक्षेपण पूर्ण केले जाते, म्हणून या प्रक्षेपणास 'सांकेतिक किंवा गणितीय प्रक्षेपण' असे म्हणतात. या प्रक्षेपणाचे सिन्युसॉईडल प्रक्षेपण, मॉलवीडचे प्रक्षेपण, गोलाकार प्रक्षेपण आणि त्रिखंडित समक्षेत्र प्रक्षेपण असे उपप्रकार आहेत.

#### ३.२.३ मर्केटर प्रक्षेपणाचे गुणधर्म आणि उपयोग

गेरहार्ड क्रेमर मर्केटर या फ्लेमिश (डच) नकाशाशास्त्रज्ञाने सन १५६९ साली मर्केटर प्रक्षेपण विकसित केले आहे. मर्केटर प्रक्षेपण हे त्याच्या आडनावावरून प्रचलित झाले आहे. यानंतर ब्रिटिश नकाशा शास्त्रज्ञ एडवर्ड राईट यांनी सन १५९९ मध्ये मर्केटर प्रक्षेपणामध्ये बदल करून अचूकता आणण्याचे काम केले. त्यानंतर या प्रक्षेपणाचा युरोपमध्ये सर्वत्र वापर होऊ लागला. या प्रक्षेपणामुळे प्रदेशाचा आकार व दिशा योग्य पध्दतीने दर्शविल्या जातात.

#### □ प्रक्षेपणाचे गुणधर्म :-

१. या प्रक्षेपणात संपूर्ण जगाचा नकाशा दर्शविता येतो. त्यामुळे एका दृष्टीक्षेपात संपूर्ण जग पाहता येते.

२. या प्रक्षेपणात अक्षवृत्ते ही आडव्या रेषांनी दर्शविली आहेत. अक्षवृत्ते ही विषुववृत्तास व एकमेकांना समांतर असतात.
३. या प्रक्षेपणात रेखावृत्ते ही उभ्या सरळ रेषांनी दर्शविली जातात. दोन रेखावृत्तामधील अंतर एकमेकांना समान असते.
४. या प्रक्षेपणात ध्रुव बिंदू दर्शविता येत नाही. कारण हे प्रक्षेपण  $८५^\circ$  अक्षवृत्तापर्यंत गणितीय पध्दतीने दाखविले जाते.
५. या प्रक्षेपणात दोन अक्षवृत्तामधील अंतर विषुववृत्तापासून ध्रुवाकडे वाढत जाते. म्हणजेच रेखावृत्त प्रमाणात वाढ होत जाते. तसेच अक्षवृत्त प्रमाणातही वाढ होत जाते.
६. विषुववृत्तावर अक्षवृत्त प्रमाण आणि रेखावृत्त प्रमाण बरोबर असते.
७. विषुववृत्तापासून ध्रुवाकडे अक्षवृत्तीय प्रमाण व रेखावृत्तीय प्रमाण वाढत जाते. त्यामुळे ध्रुवाकडील प्रदेशात आकार व क्षेत्रफळात विकृती निर्माण होते.
८. अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते एकमेकांना काटकोनात छेदतात, त्यामुळे दिशा बिनचूक दर्शविल्या जातात.
९. या प्रक्षेपणात विषुववृत्ताकडील प्रदेश योग्य प्रकारे दर्शविला जातो.

#### □ प्रक्षेपणाचे उपयोग :-

१. या प्रक्षेपणात दिशा बिनचूक दर्शविता येतात. त्यामुळे याचा उपयोग हवाईमार्ग व जलमार्ग दाखविण्यासाठी होतो.
२. संपूर्ण जगाचा नकाशा दाखविता येतो. त्यामुळे जागतिक वितरण दर्शविणे सोयीचे होते. उदा. जग : समताप रेषा.
३. या प्रक्षेपणाद्वारे विषुववृत्तावरील हवामान, पीके, जंगले, खनिजे, लोकसंख्या इ. वितरण दाखविण्यासाठी खूपच उपयुक्त ठरते.

#### □ प्रक्षेपणाची मर्यादा :-

१. या प्रक्षेपणात ध्रुवीय प्रदेश दाखविता येत नाही.
२. ध्रुवीय प्रदेशातील वितरण दर्शविण्यासाठी अयोग्य आहे.
३.  $४५^\circ$  उत्तर व  $४५^\circ$  दक्षिण अक्षवृत्तापासून ध्रुवाकडे आकार व क्षेत्रफळामध्ये विकृती निर्माण होते.

◉ उदाहरण :-

खालील माहितीच्या आधारे मॅकेटरचे प्रक्षेपण तयार करा.

- १) प्रक्षेपीय पृथ्वीची त्रिज्या : २.६ सेंमी.
- २) अक्षांश अंतर : १०°
- ३) रेखांश अंतर : २०°
- ४) विस्तार : ६०° उत्तर ते ६०° दक्षिण.

या पध्दतीत विषुववृत्तापासून उत्तरेकडे व दक्षिणेकडे अक्षवृत्ते तयार करण्यासाठी पुढील कोष्टकाचा वापर करावा लागतो.

कोष्टक क्र. ३.१

| अक्षवृत्त | विषुववृत्तापासून ध्रुव बिंदूकडील अंतर | अक्षवृत्त | विषुववृत्तापासून ध्रुव बिंदूकडील अंतर |
|-----------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| ५°        | ०.०८७ त्रिज्या                        | ४५°       | ०.८८० त्रिज्या                        |
| १०°       | ०.१७५ त्रिज्या                        | ५०°       | १.०११ त्रिज्या                        |
| १५°       | ०.२६५ त्रिज्या                        | ५५°       | १.१५३ त्रिज्या                        |
| २०°       | ०.३५६ त्रिज्या                        | ६०°       | १.३१७ त्रिज्या                        |
| २५°       | ०.४५० त्रिज्या                        | ६५°       | १.५०५ त्रिज्या                        |
| ३०°       | ०.५४९ त्रिज्या                        | ७०°       | १.७३६ त्रिज्या                        |
| ३५°       | ०.६५२ त्रिज्या                        | ७५°       | २.०२५ त्रिज्या                        |
| ४०°       | ०.७६३ त्रिज्या                        | ८०°       | २.४३७ त्रिज्या                        |

◉ कृती :-

सर्वप्रथम विषुववृत्ताची लांबी काढणे.

$$\text{सूत्र} = 2\pi R$$

$$\therefore \text{विषुववृत्ताची लांबी} = 2\pi R$$

$$= 2 \times \frac{22}{7} \times 2.6 \text{ सें.मी.}$$

$$= 2 \times 3.14 \times 2.6 \text{ सें.मी.}$$

$$= 6.28 \times 2.6 \text{ सें.मी.}$$

$$= 16.33 \text{ सें.मी.}$$

$$\therefore \text{विषुववृत्ताची लांबी} = 16.3 \text{ सें.मी.}$$

आता कागदावर १६.३ सें.मी. लांबीची आडवी रेषा मध्यभागी काढा. ते विषुववृत्त ( $0^{\circ}$ ) असते. या रेषेच्या दोन्ही टोकास काटकोनात सरळ रेषा काढा. त्यांच्यावर अक्षांश अंतरे टाकण्यासाठी कोष्टक क्र. ३.२ मधील शेवटच्या रखाण्यातील आकडेवारीचा उपयोग करा. विषुववृत्ताच्या दोन्ही बाजूस  $10^{\circ}$  ते  $60^{\circ}$  उतर व दक्षिण अक्षवृत्ते काढा.

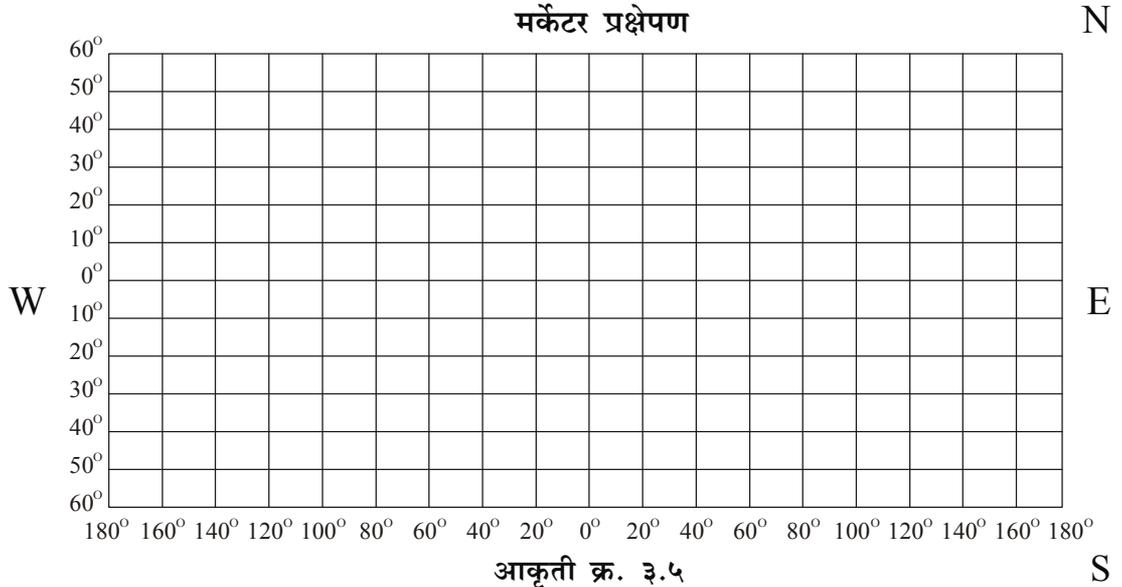
☉ अक्षांश अंतर काढण्यासाठी कोष्टकाचा वापर करावा.

कोष्टक क्र. ३.२

| अक्षवृत्त    | विषुववृत्तापासून ध्रुव बिंदूकडील अंतर | त्रिज्या | अक्षवृत्तीय अंतर (सें.मी.) |
|--------------|---------------------------------------|----------|----------------------------|
| $10^{\circ}$ | $0.174 \times 2.6$ सें.मी.            |          | 0.45                       |
| $20^{\circ}$ | $0.348 \times 2.6$ सें.मी.            |          | 0.91                       |
| $30^{\circ}$ | $0.522 \times 2.6$ सें.मी.            |          | 1.37                       |
| $40^{\circ}$ | $0.696 \times 2.6$ सें.मी.            |          | 1.83                       |
| $50^{\circ}$ | $0.870 \times 2.6$ सें.मी.            |          | 2.29                       |
| $60^{\circ}$ | $1.044 \times 2.6$ सें.मी.            |          | 2.75                       |

रेखांश अंतर काढण्यासाठी :-

प्रक्षेपणासाठी रेखांश अंतर  $20^{\circ}$  दिलेले आहे, म्हणून प्रक्षेपणात ( $360^{\circ} / 20^{\circ}$ ) म्हणजे १८ रेखावृत्ते येतील. आता विषुववृत्ताचे समान १८ भाग करा. त्यांच्यातून सरळ उभ्या रेषा काढा. या रेषा रेखावृत्ते असतील. मध्यभागी असलेल्या रेखावृत्तास  $0^{\circ}$  तर त्याच्या पूर्वेस व पश्चिमेस  $20^{\circ}$  ते  $180^{\circ}$  रेखावृत्तांच्या संख्या लिहा व आकृती पूर्ण करा.



### ३.२.४ नकाशा प्रक्षेपणाची निवड (Choice of Map Projections) :-

प्रक्षेपणाची निवड ही नकाशा कोणत्या प्रदेशासाठी काढावयाचा आहे यावरून निश्चित होते. कोणताही नकाशा तयार करताना नकाशा हेतू, उद्देश, आकार, क्षेत्रफळ व उपयोग इ. बाबींचा विचार करावा लागतो. वेगवेगळ्या प्रदेशासाठी वेगवेगळी प्रक्षेपणे निवडावी लागतात. प्रत्येक प्रक्षेपणाची उपयुक्तता वेगळी असते, तसेच त्याच्या मर्यादाही असतात. त्यामुळे योग्य घटकासाठी योग्य प्रक्षेपणाची निवड करणे गरजेचे असते.

#### १. ख-मध्य प्रक्षेपणे :-

- i) कोणत्याही एका गोलार्धाचा संपूर्ण नकाशा तयार करण्यासाठी उपयुक्त आहे. उदा. उत्तर किंवा दक्षिण गोलार्ध.
- ii) मध्य-कटिबंधातील लहान देश दर्शविण्यासाठी उदा. ग्रीस, इंग्लंड इ. साठी उपयुक्त.
- iii) ध्रुवीय प्रदेशातील जलमार्ग, हवाईमार्ग व जंगलांचे वितरण दर्शविण्यासाठी महत्त्वाचे आहे. उदा. रेनडिअर प्राण्यांचे किंवा एस्किमो लोकांचे वितरण दर्शविणे.
- iv) मध्य-कटिबंध व ध्रुवीय प्रदेशासाठी ख-मध्य प्रक्षेपणाची निवड करावी.

#### २. शंकू प्रक्षेपणे :-

- i) मध्य कटिबंधातील प्रदेश दर्शविण्यासाठी हे प्रक्षेपण जास्त उपयुक्त आहे. उदा. ग्रेट ब्रिटन, चीन, जपान, सोव्हिएत रशिया इ.
- ii) प्रदेशाचा पूर्व-पश्चिम विस्तार अधिक असल्यास या प्रक्षेपणाची निवड करतात. उदा. ट्रान्स सैबेरियन रेल्वे मार्ग, ट्रान्स कॅनडीयन-पॅसिफिक-रेल्वेमार्ग दर्शविण्यासाठी शंकू प्रक्षेपण योग्य आहे.
- iii) U.S.A. युरोप, रशिया, ऑस्ट्रेलिया, ओशियाना प्रदेशातील वितरण दर्शविण्यासाठी शंकू प्रक्षेपण वापरतात.

#### ३. मर्केटर प्रक्षेपण :-

- i) उत्तर-दक्षिण दिशेत विस्तार अधिक असणाऱ्या घटकांसाठी हे प्रक्षेपण उपयुक्त आहे. उदा. केप-कैरा लोहमार्ग.
- ii) मर्केटर प्रक्षेपण योग्य दिशादर्शक असल्याने जागतिक हवाईमार्ग व जलमार्ग दर्शविण्यासाठी महत्त्वाचे आहे.
- iii) संपूर्ण जगाचा नकाशा काढण्यासाठी मर्केटर प्रक्षेपणाचा वापर होतो.

#### ४. दंडगोल प्रक्षेपण :-

- i) संपूर्ण जगाचा नकाशा तयार करण्यासाठी या प्रक्षेपणाचा वापर करतात.
- ii) मोठ्या आकाराच्या देशाचे किंवा महासागराचे नकाशे तयार करण्यासाठी उदा. ऑस्ट्रेलिया, कॅनडा इ. साठी हे प्रक्षेपण उपयुक्त आहे.
- iii) विषुववृत्तीय प्रदेशातील घटकांचे वितरण दर्शविण्यासाठी उदा. खनिजे, लोकसंख्या, जंगले इत्यादी दर्शविण्यासाठी उपयुक्त आहे.

#### ५. बॉनचे प्रक्षेपण :-

- i) उत्तर अमेरिका खंडासाठी बॉनच्या प्रक्षेपणाचा सर्वात जास्त वापर करतात, कारण हा प्रदेश उत्तर-दक्षिण दिशेत एकाच गोलार्धात आहे.
- ii) पूर्व-पश्चिम ८०० कि.मी. पेक्षा कमी रुंदीच्या प्रदेशासाठी बॉनचे प्रक्षेपण वापरतात.
- iii) क्षेत्रफळ बरोबर व अचूक पाहिजे असल्यास हे प्रक्षेपण योग्य आहे.
- iv) एखाद्या प्रदेशाची सीमा दर्शविण्यासाठी उदा. भारत-पाकिस्तान इ. हे प्रक्षेपण उपयोगी आहे.
- v) प्रदेशाचे क्षेत्रफळ अधिक नसल्यास बॉनचे प्रक्षेपण जास्त उपयुक्त आहे.

#### ६. सिन्युसॉईडल प्रक्षेपण :-

- i) मध्य कटिबंधातील गहू, मका या पिकांचे वितरण जगाच्या नकाशात दर्शविण्यासाठी या प्रक्षेपणाचा वापर करतात.
- ii) विषुववृत्ताच्या दोन्ही बाजूस विस्तार असलेल्या प्रदेशासाठी हे प्रक्षेपण वापरतात. उदा. आफ्रिका खंड.
- iii) दक्षिण अमेरिका खंडासाठी हे प्रक्षेपण जास्त उपयुक्त आहे.
- iv) जगातील पिकांचे वितरण दाखविण्यासाठी हे प्रक्षेपण वापरतात.

#### ७. मॉलविडचे प्रक्षेपण :-

- i) जगाचा नकाशा दर्शविण्यासाठी हे प्रक्षेपण उपयुक्त आहे.
- ii) उष्ण कटिबंधीय प्रदेशातील तांदूळ, कापूस, तंबाखू, ऊस, रबर, चहा इ. पिकांचे वितरण दर्शविण्यासाठी हे प्रक्षेपण उपयुक्त आहे.

### ३.३ पारिभाषिक शब्द, शब्दार्थ

१. Map Projection : नकाशा प्रक्षेपण.
२. Conical : शंकू.
३. Cylindrical : दंडगोल.

### ३.४ स्वयं-अध्ययन प्रश्न व उत्तरे

#### □ योग्य पर्याय निवडा.

१. त्रिमितीय धनगोलाचे द्विमितीत केलेले रूपांतर म्हणजे काय?  
अ) नकाशा      ब) प्रक्षेपण      क) आकृती      ड) आलेख.
२. कोणत्या प्रक्षेपणात दिवा हा पृथ्वीगोलाच्या केंद्रभागी ठेवून वृत्तजाळी तयार केली जाते?  
अ) ध्रुवीय      ब) व्यांतर      क) लंबजन्म्य      ड) गोमुखी.
३. संपूर्ण जगाचा नकाशा तयार करण्यासाठी कोणते प्रक्षेपण वापरतात.  
अ) ख-मध्य      ब) शंकू      क) दंडगोल      ड) यापैकी नाही.
४. कोणत्या प्रक्षेपणात ध्रुव हा दाखविता येत नाही?  
अ) मर्केटर      ब) ख-मध्य      क) मॉलविड      ड) सिन्युसॉइडल.

#### □ उत्तरे :-

१. ब) प्रक्षेपण.
२. ड) गोमुखी.
३. क) दंडगोल.
४. अ) मर्केटर.

### ३.५ सारांश

नकाशा प्रक्षेपण म्हणजे पृथ्वीगोल हा सपाट कागदावर दाखविणे होय. पृथ्वीगोलावरील घटक अभ्यासताना अचडणी निर्माण होतात, त्या अचडणीवर मात करण्यासाठी नकाशा प्रक्षेपणाची गरज आहे.

नकाशा प्रक्षेपणाचे वर्गीकरण ख-मध्य, शंकू, दंडगोल व सांकेतिक अशा चार गटात केले आहे, त्यानुसार प्रक्षेपणाचा अभ्यास केला जातो. मर्केटर प्रक्षेपणात आकार व दिशा योग्य दर्शविता येतात, त्यामुळे जगाचा नकाशा दाखविण्यासाठी हे प्रक्षेपण जास्त महत्त्वाचे ठरते. नकाशा प्रक्षेपणाची निवड ही हेतू, उद्देश, गरज, वितरण, आकार, क्षेत्रफळ या सर्व घटकांचा विचार करून होते. नकाशा प्रक्षेपणाची निवड करताना ख-मध्य, शंकू, मर्केटर, बॉन, सिन्युसॉईडल, मॉलविड इ. प्रक्षेपणाचा वापर केला जातो. योग्य घटकासाठी योग्य प्रक्षेपणाची निवड केली जाते.

### ३.६ सरावासाठी स्वाध्याय

#### □ खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

१. नकाशा प्रक्षेपणाची व्याख्या सांगून नकाशा प्रक्षेपणाची गरज स्पष्ट करा?
२. नकाशा प्रक्षेपणाचे वर्गीकरण करून त्याचा सविस्तर वृत्तांत द्या.
३. मर्केटरच्या प्रक्षेपणाचे गुणधर्म व उपयोग लिहा?
४. नकाशा प्रक्षेपणाची निवड थोडक्यात स्पष्ट करा?

#### □ प्रात्यक्षिक :-

खालील माहितीच्या आधारे मर्केटरचे प्रक्षेपण तयार करा.

- १) प्रक्षेपीय पृथ्वीची त्रिज्या : ३.०० सें.मी.
- २) अक्षांश अंतर : १५°
- ३) रेखांश अंतर : ३०°
- ४) विस्तार : ७५° उत्तर ते ७५° दक्षिण.

### ३.७ अधिक वाचनासाठी पुस्तके/संदर्भ ग्रंथ

१. डॉ. अर्जुन कुंभार : 'प्रात्यक्षिक भूगोल', सुमेरू प्रकाशन, डोंबिवली (पूर्व), मुंबई, जून-२००३.
२. डॉ. जयकुमार मगर : 'नकाशा वाचन व क्षेत्र अभ्यास', महाराष्ट्र भूगोल अध्यापक महामंडळ, पुणे, मे-१९९९.

३. **R. P. Mishra and A. Ramesh** : "*Fundamentals of Cartography*", Concept Publishing Company, New Delhi, 2000.
४. **L. R. Singh and R. Singh** : "*Map Work and Practical Geography*", Central Book Depot, Allahabad, March-1973.
५. **R. G. Woodcock and M. J. Bailey** : "*Quantitative Geography*", Macdonald and Evans limited, estover playmonth, 1978.
६. **David I. Maguire** : "*Computer in Geography*", published in the United States with John Wiley and Sons, Inc., New York, 1989.
७. **B. G. Tamaskar and V. M. Deshmukh** : "*Geographical Interpretation of Indian Topographical Maps*", Orient Longman Ltd., Bombay, 1974.

□□□

## पृथ्वीचा पृष्ठभाग दर्शविणे

### अनुक्रमणिका

४.० उद्दिष्ट्ये

४.१ प्रास्ताविक

४.२ विषय विवेचन

४.२.१ पृथ्वीगोल आणि अक्षवृत्त-रेखावृत्त संदर्भ पद्धती

४.२.२ नकाशा : व्याख्या, घटक आणि नकाशा प्रमाण व्यक्त करण्याच्या पद्धती

४.२.३ नकाशांचे प्रमाण आणि उद्देशानुसार प्रकार

४.२.४ चौरस पद्धतीने नकाशांचे लघुकरण व विस्तृतीकरण करणे

४.३ पारिभाषिक शब्द, शब्दार्थ

४.४ स्वयं-अध्ययन प्रश्नांची उत्तरे

४.५ सारांश

४.६ सरावासाठी स्वाध्याय

४.७ क्षेत्रीय कार्य

४.८ अधिक वाचनासाठी पुस्तके/संदर्भ ग्रंथ

### ४.० उद्दिष्ट्ये

पृथ्वीचा पृष्ठभाग दर्शविणे या घटकाचा अभ्यास केल्यावर आपणास पुढील बाबींचे ज्ञान होईल.

१. पृथ्वीचा पृष्ठभाग यासंबंधांची माहिती होईल.
२. पृथ्वीचा आकार व आकारमान यांच्या संबंधाची माहिती होईल.
३. पृथ्वीगोल व त्यावरील घटकांची माहिती होईल.
४. पृथ्वीगोलाचे गुण-दोष समजतील.
५. नकाशा व नकाशाचे घटक लक्षात येतील.
६. नकाशाचे वर्गीकरण समजेल.

## ४.१ प्रास्ताविक

पृथ्वीचा अभ्यास करण्यासाठी 'पृथ्वीगोल' किंवा 'नकाशा' तयार केला जातो. त्याच्यावरून पृथ्वीचा पृष्ठभाग अभ्यासला जातो. यासाठी पृथ्वीचा पृष्ठभाग दर्शविणे आवश्यक आहे, यात पृथ्वीचा आकार व आकारमान, पृथ्वीगोल व संदर्भ अक्ष पध्दती, हे घटक पृथ्वी गोलासाठी महत्वाचे असतात. नकाशाच्या अभ्यासासाठी नकाशाचे प्रमाण, नकाशावरील माहिती, सांकेतिक चिन्हे व खुणा हे घटक महत्वाचे असतात या सर्व घटकामुळे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा अभ्यास करता येतो. पृथ्वीचा अभ्यास करण्यासाठी नकाशा व पृथ्वीगोल ही महत्वाची साधने असतात.

## ४.२ विषय विवेचन

### ४.२.१ पृथ्वीगोल आणि अक्षवृत्त-रेखावृत्त संदर्भ पद्धती

#### □ पृथ्वीचा आकार व आकारमान

पृथ्वी हा सूर्यमालेतील एक महत्त्वाचा ग्रह आहे. पृथ्वीला नीलग्रह असेही म्हटले जाते. पृथ्वीवर ७१% पाण्याचे प्रमाण आहे, त्यामुळे पृथ्वीकडे दुरुन पाहिल्यास ती निळ्या रंगाची दिसते. आजपर्यंतच्या संशोधनानुसार पृथ्वी उत्तर व दक्षिण ध्रुव बाजूस थोडी चपटी असून विषुववृत्तीय भागात फुगीर आहे. पृथ्वीची सरासरी त्रिज्या ६३७१ कि.मी. इतकी असून तिची घनता ५.५ ग्रॅम/से.मी<sup>३</sup> इतकी आहे.

#### □ पृथ्वीचा आकार :-

पृथ्वी गोल आहे हे पूर्वीच्या लोकांना माहित नव्हते. प्राचीन काळापासून पृथ्वीचा आकार व आकारमान याविषयी लोकांमध्ये विविध संकल्पना होत्या. अशा कल्पनांमुळे पृथ्वीचा आकार व आकृतीसंबंधी खालीलप्रमाणे माहिती उपलब्ध होत गेली.

- १) पृथ्वी ही तबकडी सारखी गोल व सपाट असून ती पाण्याने वेढलेली आहे, असे प्राचीन ग्रीक लोकांचे मत होते.
- २) प्रसिध्द गणित तज्ञ पायथागोरस याने पृथ्वी ही गोलाकार असून ती स्थिर आहे असे मत मांडले.
- ३) सूर्योदय व सूर्यास्त यांचा आधार घेवून अॅरिस्टॉर्कस या शास्त्रज्ञाने पृथ्वी गोल असल्याचे मत मांडले.
- ४) पृथ्वीभोवती सतत एका निश्चित कक्षेत फिरणाऱ्या उपग्रहाचा अभ्यास करता पृथ्वी गोल असल्याचे निश्चित होते.

अशाप्रकारे पृथ्वीच्या आकरांविषयी निरनिराळी मते व्यक्त करण्यात आली. पुढील काळात विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीतून पृथ्वी गोल आहे हे सर्वमान्य झाले आहे.

#### □ पृथ्वीचे आकारमान :-

पृथ्वीच्या आकारमानाविषयी तिचा परीघ, लांबी, रुंदी, क्षेत्रफळ, व्यास याविषयी माहिती पाहणे क्रमप्राप्त ठरते.

#### १. पृथ्वीचा परीघ :-

पृथ्वीचा ध्रुवीय परीघ ४०,००८ कि.मी. आणि विषुववृत्तीय परीघ ४०,०७५ कि.मी. आहे. या दोन्ही परीघामध्ये ६७ कि.मी.चा फरक आहे.

#### २. पृथ्वीचा व्यास :-

पृथ्वीचा ध्रुवीय व्यास १२,७१३.६ कि.मी. आणि विषुववृत्तीय व्यास १२,७५६ कि.मी. आहे या व्यासामध्ये ४२.४ कि.मी.चा फरक आहे. पृथ्वीचा सरासरी व्यास १२,७४२ कि.मी. इतका आहे.

#### ३. पृथ्वीची त्रिज्या :-

पृथ्वीची ध्रुवीय त्रिज्या ६३५६ कि.मी. आणि विषुववृत्तीय त्रिज्या ६,३७८ कि.मी. आहे. पृथ्वीची सरासरी त्रिज्या ६३७१ कि.मी. इतकी आहे.

#### ४. पृथ्वीचे क्षेत्रफळ :-

पृथ्वीचे एकूण पृष्ठीय क्षेत्रफळ ५,१०,१००,५०० चौ.कि.मी. इतके आहे. हे सरासरी क्षेत्रफळ ५१ कोटी चौ. कि. मी. इतके मानले जाते. याचा ७१% भाग जलव्याप्त तर २९% भाग भूमीखंडांचा आहे.

अशाप्रकारे आधुनिक काळात पृथ्वीच्या आकार व आकारमानासंबंधीची वैज्ञानिक, सत्य व वस्तुनिष्ठ माहिती सिध्द झाल्याने पृथ्वीचा आकार चपटा गोलाभ (Oblate Spheroid) असल्याचे मानले जाते.

#### □ पृथ्वीगोल (Globe) :-

पृथ्वी गोलाच्या सहाय्याने पृथ्वीचे यथार्थ ज्ञान मिळते. पृथ्वीगोल हा आकाराने त्रिमितीय व वक्राकार असतो. पृथ्वीगोल हा विशिष्ट प्रमाणावर काढलेला असतो, त्यामुळे त्याच्या सहाय्याने पृथ्वीवरील अनेक घटकांची निश्चित स्थानबध्द माहिती मिळते. अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते यांची अचूक माहिती

पृथ्वीगोलावरून मिळते. तसेच प्रदेशाचे क्षेत्रफळ, दोन ठिकाणामधील अंतर व दिशा यांची योग्य माहिती मिळते. थोडक्यात पृथ्वीगोल संपूर्ण पृथ्वीचे यथार्थ दर्शन घडवितो.

□ **पृथ्वीगोलाच्या व्याख्या :-**

- १) “पृथ्वीच्या प्रमाणबद्ध प्रतिकृतीस पृथ्वीगोल असे म्हणतात.”
- २) “पृथ्वीचे यथार्थ दर्शन घडविणारी प्रमाणबद्ध प्रतिकृती म्हणजे पृथ्वीगोल होय.”

□ **पृथ्वी गोलाचे प्रकार :-**

पृथ्वीगोलाचे खालील चार प्रमुख प्रकार पडतात.

१. **राजकीय पृथ्वीगोल :-**

जगातील देशांच्या आंतरराष्ट्रीय सीमा, विविध देश व राजधानी, राजकीयदृष्ट्या महत्त्वाची नगरे, हवाई व सागरी मार्ग राजकीय पृथ्वीगोलावर दाखविले जातात.

२. **भूरूपकीय पृथ्वीगोल :-**

या पृथ्वीगोलावर भूपृष्ठीय प्राकृतिक रचना, खंड व महासागर, पर्वत, पठारे, मैदाने दर्शविली जातात. तसेच प्रदेशाची उंची समजण्यासाठी विविध रंगपद्धतीचा वापर करण्यात आलेला असतो.

३. **हवामान पृथ्वीगोल :-**

या प्रकारच्या पृथ्वीगोलावर पृथ्वीवरील हवामान विभाग, अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते यांचे वितरण, वायुभार, वारे, सागरी प्रवाह इ. माहिती दाखविली जाते.

४. **उपयोजित पृथ्वीगोल :-**

उपयोजित पृथ्वीगोलावर खंड व महासागर तसेच अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते दाखविलेली असतात. भूगोल अभ्यासक तसेच विद्यार्थ्यांना पृथ्वीवरील विविध वैशिष्ट्ये या प्रकारच्या पृथ्वीगोलावर दर्शवून सांगितली जातात, असे पृथ्वीगोल हातळण्यास सोपे असतात.

□ **पृथ्वीगोलाचे गुण व दोष :-**

⊙ **गुण :-**

- १) पृथ्वीगोलामुळे पृथ्वीचा वास्तविक आकार व पृथ्वीचे खरे चित्रण लक्षात येते.

- २) पृथ्वीगोलामुळे संपूर्ण पृथ्वीची कल्पना येते. पृथ्वीवरील निरनिराळ्या ठिकाणांची सापेक्ष स्थिती लक्षात येते.
- ३) पृथ्वीवरील कोणत्याही प्रदेशातील स्थानीय अंतर, दिशा, क्षेत्रफळ यांची यथार्थ माहिती मिळते.
- ४) पृथ्वीच्या आसाचे कलणे पृथ्वीगोलावरून सहज समजते.
- ५) पृथ्वीगोलामुळे पृथ्वीवर घडणाऱ्या क्रिया दाखविता येतात. उदा. दिवस-रात्र, ऋतू, ग्रहीय वारे इत्यादी.
- ६) पृथ्वीवरील विविध हवामान प्रदेश, समुद्र प्रवाह, सागरी व हवाई वाहतूक मार्ग दाखविणे पृथ्वी गोलामुळे सहज साध्य होते.
- ७) पृथ्वी गोलावर रंगपध्दतीचा वापर केला असल्याने त्यावरील माहिती सहजतेने समजते व चिरकाल स्मरणात राहते.

□ **दोष :-**

- १) पृथ्वीगोल हे विशिष्ट प्रमाणावर तयार केलेले असतात, लहान आकाराचे असतात. त्यामुळे विशिष्ट प्रादेशिक क्षेत्र दाखविण्यास पृथ्वीगोल उपयुक्त नाही.
- २) पृथ्वी गोलाचा आकार त्रिमितीय असल्याने त्याची घडी घालता येत नाही त्यामुळे तो वाहून नेणे अवघड होते.
- ३) पृथ्वीगोलाच्या वापरावर मर्यादा पडतात. सर्वच प्रकारची भौगोलिक माहिती पृथ्वीगोलावरून देता येत नाही.
- ४) एखादा लहान देश किंवा प्रदेश पृथ्वीगोलावर दाखविण्यास मर्यादा पडतात.
- ५) पृथ्वीगोलामुळे जरी संपूर्ण पृथ्वीचे यथार्थ दर्शन घडते असे म्हटले असले तरीही लांबून पाहिल्यास पृथ्वीचा फक्त समोरील अर्धाच भाग दृष्टिक्षेपात येतो.
- ६) पृथ्वी गोलावर भौगोलिक घटकांची विस्तृत माहिती दर्शविता येत नाही.
- ७) पृथ्वी गोलाच्या वक्राकार आकारामुळे प्रत्यक्ष अंतर मोजता येत नाहीत.

□ **अक्ष पध्दती/अक्षवृत्त-रेखावृत्त संदर्भ पद्धती (System of Co-ordinates) :-**

भूगोलामध्ये पृथ्वीवरील काही काल्पनिक रेषा निश्चित करून त्याचा आधाररेषा म्हणून वापर केला

जातो. नकाशावर अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते यांच्या आडव्या व उभ्या रेषा असतात यावरून नकाशावरील ठिकाणांचा संदर्भ सांगता येतो. यास वृत्तजाळी म्हणतात. कोणत्याही ठिकाणांचे स्थान सांगण्याच्या पध्दतीस जाळी संदर्भ किंवा संदर्भ अक्ष असे म्हणतात.

## अ) अक्षवृत्ते (Parallels of Latitude) :-

विषुववृत्ताच्या उत्तरेस व दक्षिणेस विषुववृत्तास समांतर एक-एक अंशाच्या अंतरावर असलेल्या काल्पनिक वर्तुळांना अक्षवृत्ते म्हणतात. अक्षवृत्ते म्हणजे पृथ्वीवरील विषुववृत्ताला समांतर असलेल्या वर्तुळाकार आडव्या काल्पनिक रेषा होय. विषुववृत्तापासून उत्तर ध्रुवापर्यंत ९० व दक्षिण ध्रुवापर्यंत ९० अक्षवृत्ते मानली जातात. विषुववृत्त हे एक अक्षवृत्तच आहे. पृथ्वीवर विषुववृत्तासह एकूण १८१ अक्षवृत्ते आहेत. सर्व अक्षवृत्तांची लांबी दोन्ही ध्रुवाकडे कमी-कमी होत जाते. दोन ध्रुवावरील अक्षवृत्ते बिंदूच्या स्वरूपात असतात. ही सर्व अक्षवृत्ते समान अंतरावर असून दोन अक्षवृत्तातील अंतर हे १११.०४ कि.मी. इतके असते. विषुववृत्त, कर्कवृत्त, मकरवृत्त, आर्क्टिकवृत्त, अटार्क्टिक वृत्त ही पृथ्वीवरील तापमान बदलावर आधारित काल्पनिक अक्षवृत्ते आहेत.

### १. विषुववृत्त (Equator) :-

दोन्ही ध्रुवापासून समान अंतरावरील व पृथ्वीच्या मध्यातून गेलेली काल्पनिक रेषा म्हणजे विषुववृत्त होय. हे ०° अक्षवृत्त आहे. विषुववृत्तामुळे पृथ्वीचे समान दोन भाग होतात. विषुववृत्ताच्या उत्तरेकडील पृथ्वीचा भाग हा उत्तर गोलार्ध होय तर विषुववृत्ताच्या दक्षिणेकडील पृथ्वीचा भाग हा दक्षिण गोलार्ध होय. विषुववृत्त हे उत्तर व दक्षिण ध्रुवापासून साधारणपणे १०,००० कि.मी. अंतरावर असून त्याची लांबी ४०,०७५ कि.मी. इतकी आहे. याला बृहद्वृत्त किंवा महावर्तुळ म्हणतात. २१ मार्च व २२ सप्टेंबर या दोन दिवसी सूर्य किरणे विषुववृत्तावर लंबरूप पडतात.

### २. कर्क वृत्त (Tropic of Cancer) :-

विषुववृत्ताच्या उत्तरेकडील २३.५ अंश अक्षवृत्तावरील काल्पनिक रेषा म्हणजे कर्कवृत्त होय. सूर्याची उत्तरेकडील कमाल भासमान भ्रमण मर्यादा ही कर्कवृत्तापर्यंत आढळते. २१ जून रोजी सूर्य किरणे कर्क वृत्तावर लंबरूप पडतात. कर्कवृत्ताचे अंशात्मक मूल्य २३°३०' उत्तर किंवा २३.१/२° असे लिहितात.

### ३. मकर वृत्त (Tropic of Capricorn) :-

विषुववृत्ताच्या दक्षिणेकडील २३.५ अंश अक्षवृत्तावरील काल्पनिक रेषा म्हणजे मकरवृत्त होय. सूर्याची दक्षिणेकडील कमाल भासमान भ्रमण मर्यादा मकर वृत्तापर्यंत आढळते. २२ डिसेंबर रोजी सूर्य किरणे मकर वृत्तावर लंबरूप पडतात. मकरवृत्ताचे अंशात्मक मूल्य २३°३०' दक्षिण किंवा २३.१/२° द.असे लिहितात.

#### ४. आर्क्टिक वृत्त (Arctic Circle) :-

विषुववृत्ताच्या उत्तरेकडील ६६.५ अंश अक्षवृत्तावरील काल्पनिक रेषा म्हणजे आर्क्टिकवृत्त होय. हे ६६° ३०' उत्तर किंवा ६६.१/२° उ. असे लिहिले जाते.

#### ५. अंटार्क्टिक वृत्त (Antarctic Circle) :-

विषुववृत्ताच्या दक्षिणेकडील ६६.५ अंश अक्षवृत्तावरील काल्पनिक रेषा म्हणजे अंटार्क्टिक वृत्त होय. हे ६६° ३०' दक्षिण किंवा ६६.१/२° द. असे लिहितात.

#### ब) रेखावृत्ते (Parallels of Longitude) :-

उत्तर ध्रुव व दक्षिण ध्रुव यांना जोडणाऱ्या पृथ्वीवरील उभ्या अर्धवर्तुळाकार काल्पनिक रेषांना रेखावृत्ते म्हणतात. पृथ्वीवरील सर्व रेखावृत्ताची लांबी पृथ्वीच्या परिघाच्या निम्मी म्हणजे २०,००० कि.मी. इतकी आहे. विषुववृत्तावर दोन रेखावृत्तातील अंतर १११.०४ कि.मी. असते, मात्र हे अंतर ध्रुवाकडे कमी-कमी होत जाते. लंडनजवळील ग्रीनिच शहराजवळून जाणाऱ्या काल्पनिक रेखावृत्तास मूळ रेखावृत्त (0° रेखावृत्त) म्हणतात, याच्या पूर्वेस १८० रेखावृत्ते व पश्चिमेस १८० रेखावृत्ते अशी पृथ्वीवर एकूण ३६० रेखावृत्ते आहेत. १८०° पूर्व व १८०° पश्चिम ही दोन्ही रेखावृत्ते म्हणजे एकच रेखावृत्त आहे. एकाद्या ठिकाणच्या वेळेबाबत अंदाज व्यक्त करण्यासाठी यांचा उपयोग होतो.

#### ४.२.२ नकाशा : व्याख्या, घटक आणि नकाशा प्रमाण व्यक्त करण्याच्या पद्धती

भूगोलशास्त्राच्या अभ्यासात नकाशा हे महत्त्वाचे साधन आहे. नकाशाशिवाय भूगोलाचा परिपूर्ण अभ्यास होत नाही. नकाशा हा भूगोलाचा एक अविभाज्य व प्रमुख घटक आहे. पृथ्वीवरील कोणत्याही प्रदेशाचा अभ्यास नकाशाशिवाय करता येत नाही. आपणास कोणत्याही प्रदेशाची लांबी व रुंदी नकाशामुळे समजू शकते. भूपृष्ठावरील नैसर्गिक व मानवनिर्मित घटक नकाशात सांकेतिक चिन्हे व खुणा यांच्या सहाय्याने दाखविले जातात. नकाशात जिल्हे, राज्ये व आंतरराष्ट्रीय सीमा दर्शविल्या जातात, त्यामुळे नकाशाचा भौगोलिक अभ्यासात अधिकाधिक वापर केला जातो.

#### □ नकाशाची व्याख्या :-

१. “नकाशा म्हणजे संपूर्ण जगाचा किंवा पृथ्वीवरील एखाद्या विशिष्ट भागाचा प्रमाण प्रक्षेपण, सांकेतिक चिन्हे व खुणा यांच्या सहाय्याने सपाट पृष्ठाभागावर तयार केलेली आकृती होय.”

२. “संपूर्ण पृथ्वीचे किंवा पृथ्वीवरील एखाद्या भागाचे सपाट पृष्ठभागावर केलेले सांकेतिक चित्रण म्हणजे नकाशा होय.”
३. “संपूर्ण पृथ्वीची किंवा तिच्या काही विशिष्ट भागांची सपाट पृष्ठभागावर किंवा कागदावर तयार केलेली प्रमाणबद्ध आकृती म्हणजे नकाशा होय.”

#### □ नकाशाचे घटक :-

नकाशा तयार करताना पुढील काही मुलभूत घटकांचा विचार करावा लागतो.

#### १. नकाशाचे शीर्षक व उपशीर्षक (Title and Sub-title of Map) :-

नकाशास शीर्षक व उपशीर्षक देणे गरजेचे असते. नकाशाच्या शीर्षक व उपशीर्षकावरून नकाशा कोणत्या प्रदेशाचा व कोणत्या घटकासाठी तयार केला आहे ते समजते. उदा. महाराष्ट्र : जलप्रणाली, महाराष्ट्र : मृदा इ.

#### २. नकाशाचे प्रमाण (Scale of Map) :-

नकाशावरील कोणत्याही दोन बिंदूमधील अंतर व त्याच दोन बिंदूमधील प्रत्यक्ष जमिनीवरील अंतर यांचे गुणोत्तर म्हणजे नकाशाचे प्रमाण होय. नकाशा प्रमाणामुळे प्रदेशाचे क्षेत्रफळ व दोन ठिकाणातील अंतर समजते. प्रत्यक्ष जमिनीवरील मोठे क्षेत्र नकाशावरील अगदी छोट्या जागेत दर्शविता येते. नकाशा प्रमाण व्यक्त करण्याच्या तीन पध्दती आहेत.

- i) शब्द प्रमाण.
- ii) संख्या किंवा अंकप्रमाण.
- iii) रेषा किंवा आलेख प्रमाण.

#### ३. नकाशा प्रक्षेपण (Projection) :-

पृथ्वीवरील काल्पनिक अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते यांची वृत्तजाळी सपाट पृष्ठभागावर किंवा कागदावर उमटविणे म्हणजे प्रक्षेपण होय. प्रक्षेपणामुळे प्रदेशाचे स्थान, आकार, क्षेत्रफळ यांची माहिती होते. योग्य प्रक्षेपणाच्या आधारे भौगोलिक घटकांचे वितरण दर्शविता येते.

#### ४. नकाशाची उत्तर दिशा (Direction of Map) :-

प्रत्येक नकाशामध्ये उत्तर दिशा बाणाच्या सहाय्याने दर्शविली जाते. नकाशावरील घटकांची स्थाननिश्चिती समजण्यासाठी दिशेची आवश्यकता असते.

#### ५. सांकेतिक चिन्हे व खुणा (Conventional Signs and Symbols) :-

नकाशात नैसर्गिक व मानवनिर्मित घटक दर्शविण्यासाठी विविध सांकेतिक चिन्हे व खुणा यांचा वापर केला जातो. सांकेतिक चिन्हे व खुणा यांच्या वापरामुळे नकाशा तयार करणे व त्याचे वाचन करणे सुलभ होते, तसेच नकाशावरील मर्यादित जागेत अधिकाधिक माहिती दर्शविण्यास मदत होते.

#### □ नकाशा प्रमाण व्यक्त करण्याच्या पद्धती (Methods of Expression of Scale of Map) (नकाशा प्रमाणाचे प्रकार) :-

नकाशा प्रमाण वेगवेगळ्या पद्धतीने व्यक्त करता येते. नकाशा प्रमाणाचे पुढील प्रकार पडतात.

अ) शब्द प्रमाण किंवा विधानात्मक प्रमाण (Verbal or Statement of Scale).

ब) संख्या प्रमाण किंवा अंक प्रमाण (Numerical Scale).

क) रेषा प्रमाण किंवा आलेखात्मक प्रमाण (Graphical Scale).

#### अ) शब्द प्रमाण किंवा विधानात्मक प्रमाण :-

“नकाशाचे प्रमाण शब्दात किंवा विधानात किंवा वाक्यात सांगितले जाते, त्याला शब्द प्रमाण किंवा विधानात्मक प्रमाण म्हणतात.” उदा. ‘१ सें.मी.ला १०० मीटर’, ‘१ सें.मी.ला ५ कि.मी.’, ‘१ इंचास २५० यार्ड’, ‘१ इंचास ४ मैल’. या प्रमाणात नकाशावरील व जमिनीवरील अंतर दाखविण्यासाठी शब्दांचा म्हणजेच परिमाणांचा उपयोग केलेला आहे. शब्द प्रमाण पूर्ण वाक्यात म्हणजेच विधानाने दिले असेल तर त्यास साधे विधानात्मक प्रमाण असेही म्हणतात. वेगवेगळ्या देशात वेगवेगळ्या मापन पद्धतीचा उपयोग केला जातो. समजा, एकच मापन पद्धती सर्वत्र वापरली तर जगातील सर्व देशात त्याचा उपयोग करता येणार नाही. म्हणून ज्या-त्या देशात त्यांचीच प्रमाणित परिमाणे वापरता येतील. म्हणूनच या प्रमाणाचा उपयोग मर्यादित स्वरूपातच करता येईल. शब्द प्रमाण मेट्रिक तसेच ब्रिटिश मापन पद्धतीत व्यक्त करता येते. या पद्धतीतील परिमाणे पुढील प्रमाणे आहेत. उदा.

ब्रिटिश मापन पद्धती : १२ इंच बरोबर १ फूट, ३ फूट बरोबर १ यार्ड इ.

मेट्रिक मापन पद्धती : १० मिली मीटर म्हणजे १ सेंटी मीटर, १० सेंटीमीटर म्हणजे १ डेसी मीटर, १० डेसी मीटर म्हणजे १ मीटर इत्यादी.

#### ब) संख्या प्रमाण किंवा अंक प्रमाण :-

“नकाशाचे प्रमाण संख्येत किंवा अंकात सांगितले जाते, त्यास संख्या प्रमाण किंवा अंकप्रमाण म्हणतात.” उदा. १ : १००, १ : ५०,०००, १ : ६३,३६०, १ : १,००,००० हे प्रमाण व्यक्त करताना कोणत्याच परिमाणाचा उल्लेख केला जात नाही. या प्रमाणामुळे जमिनीवरील दोन ठिकाणांमधील अंतर

नकाशावरील त्याच दोन ठिकाणांमधील अंतराच्या किती पटीने मोठे आहे हे समजते. हे प्रमाण अपूर्णाकातही व्यक्त केले जाते. म्हणून त्याला प्रतिनिधीक अपूर्णाक असेही म्हणतात. उदा. १/१००, १/१०,०००, १/६३,३६०, १/१,००,०००.

हे प्रमाण आपल्याला मेट्रिक तसेच ब्रिटिश पद्धतीतील परिमाणात व्यक्त करता येते. उदा. १:१,००,००० हे प्रमाण १ सें.मी.ला १,००,००० सें.मी. तसेच १ इंचास १,००,००० इंच असे व्यक्त करता येईल. हव्या त्या मापन पद्धतीत रूपांतर करता येत नसल्याने अंक प्रमाण जागतिक पातळीवर वापरणे सोयीचे होते.

### क) रेषा प्रमाण किंवा आलेखात्मक प्रमाण :-

“नकाशा प्रमाण रेषेच्या सहाय्याने दाखविले जाते, त्याला रेषा प्रमाण म्हणतात.” ती रेषा मेट्रिक तसेच ब्रिटिश पद्धतीत तयार करता येते. तिची लांबी अनुक्रमे १० ते १२ सें.मी. किंवा ५ ते ७ इंच असावी. या प्रमाणात मुख्य विभाग व उपविभाग दाखविता येतात.

#### □ रेषा प्रमाणाचे प्रकार :-

रेषा प्रमाणाचे त्यांच्या हेतुनुसार पुढील प्रकार पडतात.

- १) साधे रेषा प्रमाण.
- २) तुलनात्मक रेषा प्रमाण.
- ३) वेळ व अंतर दर्शक रेषा प्रमाण.
- ४) कर्ण रेषा प्रमाण.

#### १. साधे रेषा प्रमाण :-

साधे रेषा प्रमाण पुढील प्रमाणे काढता येते. उदा. ‘१ सें.मी. ला १५ कि.मी.’ प्रमाण असलेल्या नकाशासाठी कि.मी. मध्ये अंतर मोजता येईल, असे रेषा प्रमाण किंवा प्रमाणपट्टी तयार करा.

वरील उदाहरणात नकाशाचे प्रमाण १ सें.मी.ला १५ कि.मी. आहे. त्याची खालीलप्रमाणे कृती करून प्रमाण रेषा किंवा प्रमाणपट्टी तयार करता येईल.

१ सें. मी. ला १५ कि.मी.

∴ १ सें. मी. ला १५ कि.मी.

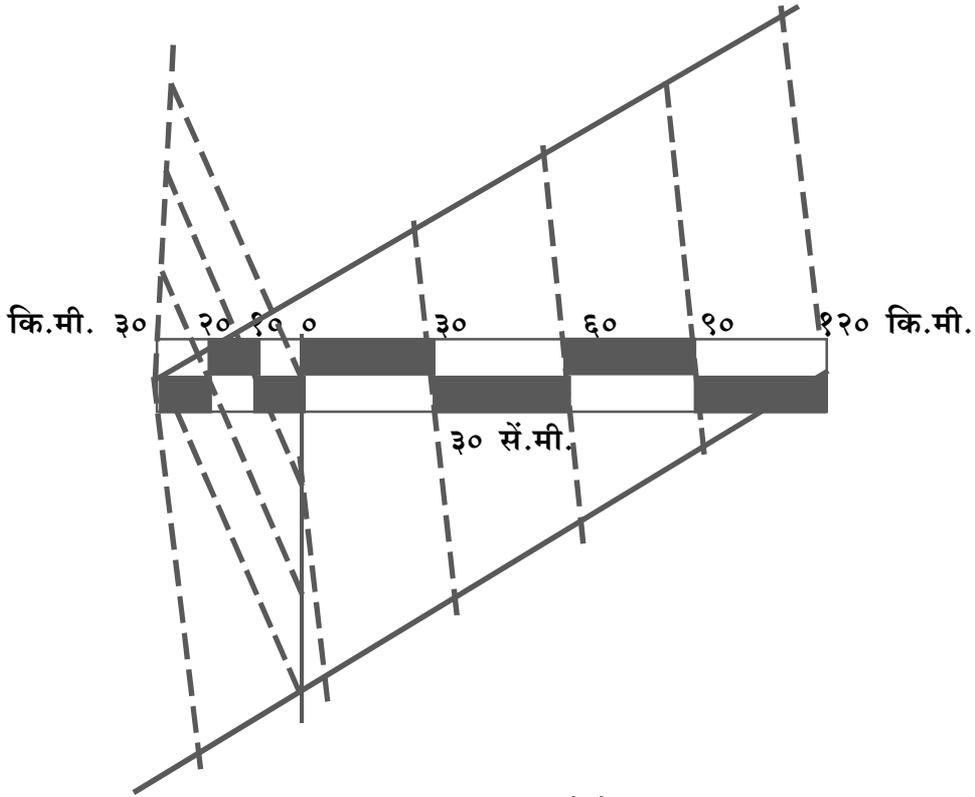
∴ १० सें. मी. ला १५ × १० कि.मी.

∴ १० सें. मी. ला १५० कि.मी.

आता कागदावर १० सें.मी. लांबीची रेषा काढा. तिचे किती भाग करावयाचे ते ठरवा. समजा, तिचे ५ समान भाग करावयाचे आहेत. ते करण्यासाठी रेषेच्या एका टोकाजवळ वरच्या बाजूने  $25^\circ$  चा व दुसऱ्या टोकाजवळ खालच्या बाजूने  $25^\circ$  चा कोन करा. त्याच्यातून वरच्या व खालच्या बाजूने रेषा काढा.

कंपासमध्ये विशिष्ट अंतर घेऊन त्या रेषांचे सुरुवातीपासून समान ५ भाग करा. प्रमाण रेषेवरील सुरुवातीचा बिंदू व खालच्या बाजूने  $25^\circ$  मधून काढलेल्या रेषेच्या पाचव्या भागाचा बिंदू असे क्रमवार बिंदू तुटक रेषेने जोडा. प्रमाण रेषेचे जाडी देवून समान भाग करा. प्रमाण रेषेवर प्रत्येक विभाग ३० कि.मी. अंतर दाखवेल.

हे प्राथमिक किंवा मुख्य विभाग येतील. प्रमाण रेषेवर पहिल्या विभागाच्या शेवटी शून्य हा अंक लिहा. दुसऱ्या विभागाच्या शेवटी ३०, तिसऱ्या विभागाच्या शेवटी ६०, पाचव्या विभागाच्या शेवटी १२० कि.मी. अशी अंतरे लिहा.



आकृती क्र. ४.१ : साधे रेषा प्रमाण

पहिल्या विभागाचे दुय्यम विभाग करण्यासाठी सुरुवातीच्या टोकावर वरच्या बाजूने  $90^\circ$  चा व शेवटच्या टोकावर खालच्या बाजूने  $90^\circ$  चा कोन करा. त्याच्यातून वरच्या व खालच्या बाजूने रेषा

काढा. त्याचे कंपासमध्ये विशिष्ट अंतर घेऊन त्या रेषांचे समान तीन भाग करा व प्रथम विभागातील सुरुवातीच्या बिंदू व खालच्या बाजूने ९०° तून काढलेल्या रेषेचा शेवटचा तीसरा छेद असे क्रमवार बिंदू जोडा.

याप्रमाणे त्या रेषेवरील सर्व बिंदू जोडा. म्हणजे प्रथम विभागाचे समान ३ विभाग येतील. प्रत्येक विभाग १० कि.मी. अंतर दाखवेल. उजवीकडून डावीकडे क्रमाने १०, २०, ३० कि.मी. लिहा. हे विभाग दुय्यम विभाग म्हणून ओळखले जातील.

प्रमाण रेषेच्या दोन्ही टोकांजवळ कि.मी. अशी परिमाणे लिहावीत. प्रमाण रेषेला जाडी देऊन एकानंतर दुसरा. याप्रमाणे त्या विभागांना आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे छायांकित करा. प्राथमिक विभाग ३० कि.मी. आणि दुय्यम विभाग १० कि.मी. अंतराचे दिसतील.

#### ४.२.३ नकाशांचे प्रमाण आणि उद्देशानुसार प्रकार (Types of Maps on Scale and Purpose) :-

नकाशांचे विविध प्रकार आहेत. मात्र नकाशा प्रमाणावर व हेतुवर आधारित नकाशांचे वर्गीकरण केले जाते.

##### □ अ) नकाशा प्रमाणावरून नकाशांचे वर्गीकरण :-

##### i) लघु प्रमाणावरील नकाशे (Small Scale Maps) :-

पृथ्वीवरील मोठे क्षेत्र किंवा क्षेत्रफळाने विस्तीर्ण असणाऱ्या प्रदेशाचे चित्रण लघु प्रमाणावरील नकाशात केले जाते. यात विस्तृत भू-प्रदेशासंबंधी महत्त्वाची व आवश्यक माहिती अगदी मर्यादित जागेत दाखविली जाते. लघु प्रमाणावरील नकाशात दोन स्थळामधील अंतर कमी असते. संपूर्ण जगाचा, खंडाचा नकाशा लघुप्रमाणाचा असतो. नकाशा संग्रहातील नकाशे लघु प्रमाणाचे होत. यांचे नकाशा प्रमाण १ सें.मी.ला १०० कि.मी., १ सें.मी.ला ५०० कि.मी. असे असते. म्हणजे जमिनीवरील अंतर दर्शविणारा अंक मोठा असतो.

##### ii) मध्यम प्रमाणावरील नकाशे (Medium Scale Maps) :-

क्षेत्रफळाचा आकार मध्यम असणाऱ्या प्रदेशाची माहिती मध्यम प्रमाणावरील नकाशात दर्शविली जाते. साधारणतः मध्यम प्रमाणावरील नकाशे क्षेत्रफळाने लहान देश, राज्ये, जिल्हे, तालुके दर्शक असतात. भिंतीवरील नकाशे मुख्यतः मध्यम प्रमाणावरील नकाशे होत.

##### iii) बृहद् प्रमाणावरील नकाशे (Large Scale Maps) :-

जर एखाद्या प्रदेशाचे क्षेत्रफळ कमी असेल तर अशा प्रदेशातील प्राकृतिक व सांस्कृतिक घटकांची

विस्तृत माहिती दर्शविण्यासाठी नकाशे मोठ्या प्रमाणावर बनवले जातात. स्थल निर्देशक नकाशे, खाजगी मालमत्तेचे नकाशे या प्रमाणावर काढलेले असतात. उदा. कॅडस्ट्रल किंवा महसूल खात्याचे नकाशे यांचे प्रमाण १:५००, १:१००० असे असते.

#### □ ब) नकाशांचे हेतूवरून वर्गीकरण :-

नकाशांचे हेतू किंवा उद्देश या मूलभूत घटकाच्या आधारे प्रमुख दोन प्रकारांत वर्गीकरण केले जाते.

##### i) प्राकृतिक किंवा नैसर्गिक नकाशे (Physical or Natural Maps) :-

या प्रकारच्या नकाशात नैसर्गिक किंवा प्राकृतिक घटकांची माहिती दर्शविलेली असते. सामान्यतः प्राकृतिक किंवा नैसर्गिक प्रकारचे नकाशे यात येतात. उदा. भूरचना दर्शक नकाशा, खगोलीय नकाशा, हवामानदर्शक नकाशा, हवेची स्थिती दर्शक नकाशे व नैसर्गिक विभागदर्शक नकाशा.

##### ii) सांस्कृतिक नकाशे (Cultural Maps) :-

मानवनिर्मित विविध घटकांची माहिती सांस्कृतिक नकाशात दिलेली असते. सांस्कृतिक नकाशात विविध प्रकारे नकाशे तयार केले जातात. उदा. ऐतिहासिक नकाशे, राजकीय नकाशे, आर्थिक व संख्यात्मक वितरणाचे नकाशे, लष्करी नकाशे, वितरणात्मक नकाशे व वाहतूक दळणवळण विषयक नकाशे इत्यादी. उदा. भारत : राजकीय, जग : जलमार्ग इत्यादी.

#### ४.२.४ चौरस पद्धतीने नकाशांचे लघुकरण व विस्तृतीकरण करणे

##### □ नकाशाचे विस्तृतीकरण (Enlargement) :-

कधी कधी नकाशाच्या मूळ आकारापेक्षा त्याच्या आकारात वाढ करून त्याच्याच जास्तीत जास्त माहिती लिहणे गरजेचे असते. अधिक माहिती लिहिण्यासाठी नकाशात जास्तीत जास्त जागा लागते, त्यामुळे नकाशाचे विस्तृतीकरण करणे आवश्यक आहे. कधी दिलेल्या प्रमाणानुसार काढलेला नकाशा सोयीस्कर नसतो. म्हणून नकाशाचे विस्तृतीकरण करावे लागते. लहान नकाशाचे प्रमाण बदलून तो मोठा केला जातो. त्याला नकाशाचे विस्तृतीकरण म्हणतात.

##### □ नकाशाचे लघुकरण (Reduction) :-

कधी-कधी सर्वसाधारण गोष्टी दाखविण्यासाठी किंवा अगदीच कमी माहिती दाखविण्यासाठी फारच मोठा नकाशा उपयोगी नसतो. उदा. राज्याच्या सीमा, देशाच्या सीमा इ. त्यामुळे नकाशाचा व्यवस्थित उपयोग होण्यासाठी त्याचे लघुकरण करावे लागते. म्हणून नकाशाचे प्रमाण बदलून त्याचा आकार लहान केल्यास त्यास नकाशाचे लघुकरण म्हणतात.

□ नकाशा विशालीकरण व लघुकरणाच्या पध्दती (Methods of Enlargement and Reduction of Map) :-

नकाशाचे विशालीकरण व लघुकरण पुढील दोन पद्धतीने करता येते.

१) आलेख पध्दत (Graphical Method).

२) यांत्रिक पध्दत (Mechanical Method).

१. आलेख पध्दत (Graphical Method) :-

आलेख पध्दतीने नकाशाचे विशालीकरण व लघुकरण करण्यासाठी पुढील पध्दतींचा उपयोग केला जातो.

अ) चौरस पध्दत (Square Method) :-

नकाशाचे विशालीकरण व लघुकरण करण्याची ही अगदी सोपी व अत्यंत उपयुक्त पध्दत आहे. ज्या नकाशाचा आकार मोठा किंवा लहान करावयाचा आहे, त्या-त्या नकाशावर प्रथम चौरसाची जाळी तयार करून तो नकाशा चौरसांच्या सहाय्याने विभागला जातो. दुसऱ्या कागदावर चौरसांची संख्या तीच ठेवून नवीन प्रमाणानुसार नकाशा लहान करावयाचा असेल तर त्यासाठी लहान चौरस व नकाशा मोठा करावयाचा असेल तर त्यासाठी मोठे चौरस काढतात. नंतर एक नकाशावरील चौरसात नकाशा सीमा अशी आहे तशी नवीन चौरसात काढतात. यासाठी मूळ नकाशाच्या चौरसांना व नवीन नकाशाच्या चौरसांना नंबर दिल्यास नकाशाच्या सीमा काढताना चुका होणार नाहीत. मूळ चौरसाची बाजू आपल्याला माहित असते. आपल्याला पाहिजे असलेल्या नवीन प्रमाणानुसार काढलेल्या रूपांतरित चौरसांची बाजू किती घ्यावयाची यासाठी खालील सूत्राचा उपयोग केला जातो.

सूत्र :-

$$\text{नवीन चौकोनाच्या एका बाजूची लांबी} = \frac{\text{पहिल्या नकाशाच्या चौकोनाची एक बाजू} \times \text{पहिल्या नकाशाचे संख्या प्रमाण}}{\text{दुसऱ्या नकाशाचे संख्या प्रमाण}}$$

हे उदाहरणाच्या साहाय्याने अधिक स्पष्ट होईल.

उदा. एका नकाशाचे प्रमाण १ : १००००००० आहे, त्यावरून त्याचे १:७५,००,००० या प्रमाणात विशालीकरण व १:२,००,००,००० या प्रमाणावर लघुकरण करा. १:१,००,००,००० प्रमाण

असलेल्या नकाशातील चौरसाची बाजू १ सें.मी. असून नवीन चौरसाची बाजू आपण सूत्राच्या सहाय्याने काढू.

☼ नकाशाचे विशालीकरण करण्यासाठी :-

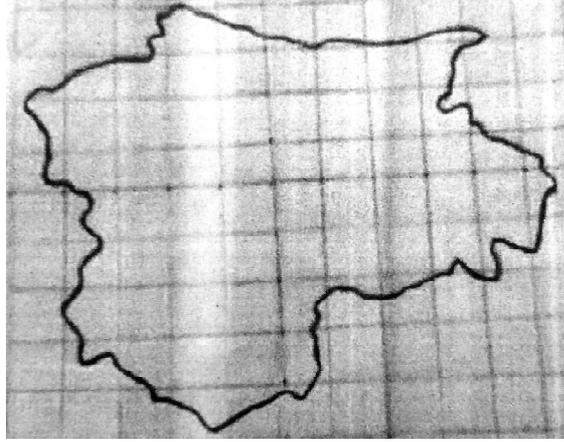
$$\begin{aligned} \text{नवीन चौकोनाच्या एका बाजूची लांबी} &= \frac{\text{पहिल्या नकाशाच्या चौकोनाची एक बाजू} \times \text{पहिल्या नकाशाचे संख्या प्रमाण}}{\text{दुसऱ्या नकाशाचे संख्या प्रमाण}} \\ \text{नवीन चौकोनाच्या एका बाजूची लांबी} &= \frac{१ \text{ सें.मी.} \times १००,००,०००}{७५,००,०००} = १.३३ \text{ सें.मी.} \end{aligned}$$

यामध्ये जुन्या नकाशावर एका चौकोनाची लांबी १ सें.मी. होती व नवीन नकाशासाठी एका चौकोनाची लांबी १.३३ सें.मी. घेऊन चौकोन तयार करा व पहिल्या नकाशावरून दुसरा नकाशा योग्य प्रकारे तयार करावा. आता तयार होणारा नकाशा हा मूळ नकाशापेक्षा मोठा असेल.

☼ नकाशाचे लघुकरण करण्यासाठी :-

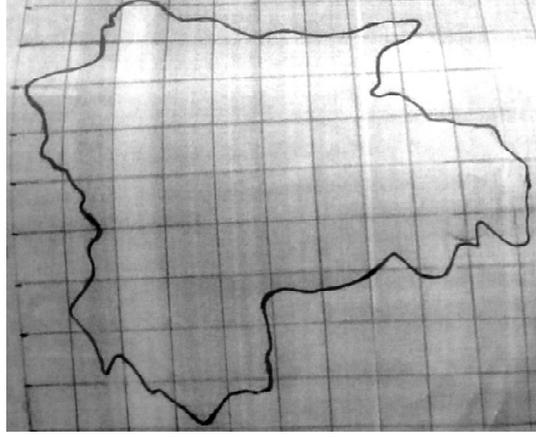
$$\begin{aligned} \text{नवीन चौकोनाच्या एका बाजूची लांबी} &= \frac{१ \text{ सें.मी.} \times १००,००,०००}{२००,००,०००} \\ &= ०.५ \text{ सें.मी.} \end{aligned}$$

यामध्ये जुन्या नकाशावर एका चौकोनाची लांबी १ सें.मी. होती व नवीन नकाशा तयार करताना एका चौकोनाची लांबी ०.५ सें.मी. घेऊन चौकोन तयार करा व पहिल्या नकाशावरून दुसरा नकाशा योग्य प्रकारे तयार करावा. नवीन नकाशा हा मूळ नकाशापेक्षा लहान असेल.



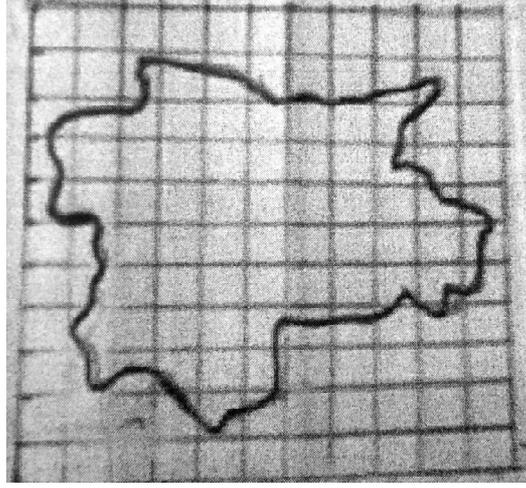
प्रमाण १ : १००,००,०००

आकृती क्र. ४.१ : मूळ नकाशा



प्रमाण १ : ७५,००,०००

आकृती क्र. ४.२ : मूळ नकाशावरून विशालीकरण



प्रमाण १ : २००,००,०००

आकृती क्र. ४.३ : मूळ नकाशावरून लघूकरण

## २. यांत्रिक पध्दत (Mechanical Method) :-

यामध्ये खालील उपकरणे वापरून नकाशाचे लघूकरण किंवा विस्तृतीकरण (बृहदकरण) करता येते.

१. **पॅटोग्राफ** : या उपकरणाने नकाशाचे बृहदकरण किंवा लघूकरण करता येते. जास्तीत जास्त चार ते पाच पट बृहदकरण करणे योग्य असते.

२. **कॅमेरा** : कॅमेऱ्याच्या सहाय्याने जसा आपला फोटो लहान-मोठा करता येतो तसे नकाशाचेही लघूकरण किंवा विस्तृतीकरण करता येते. येथे स्कॅनर आणि संगणकीय तंत्र उपयोगी पडते.

३. **झेरोक्स मशीन** : सध्या झेरोक्स मशीनवर नकाशांचे प्रमाणबद्ध बृहदकरण व लघूकरण जलद गतीने होऊ लागले आहे.

### ४.३ पारिभाषिक शब्द, शब्दार्थ

१. पृथ्वीगोल (Globe) : पृथ्वीची प्रमाणबद्ध प्रतिकृती.
२. नकाशा (Map) : संपूर्ण पृथ्वीचे किंवा तिच्या काही भागाचे सपाट पृष्ठभागावर तयार केलेले प्रमाणाबद्ध सांकेतिक चित्रण म्हणजे नकाशा होय.

### ४.४ स्वयं-अध्ययन प्रश्न व उत्तरे

□ खालीलपैकी योग्य पर्याय निवडून उत्तरे लिहा.

१. पृथ्वीच्या प्रमाणबद्ध प्रतिकृतीला काय म्हणतात.  
अ) पृथ्वीगोल      ब) प्रमाण      क) पृथ्वीचा आकार      ड) पृथ्वीचा परीघ.
२. विषुववृत्ताला समांतर असलेल्या वर्तुळाकार आडव्या काल्पनिक रेषा म्हणजे काय?  
अ) रेखावृत्त      ब) अक्षवृत्त      क) मूळरेखावृत्त      ड) विषुववृत्त.
३. नकाशावरील दोन बिंदूंमधील अंतर व त्याच दोन बिंदूतील जमिनीवरील प्रत्यक्ष अंतर याचे गुणोत्तर म्हणजे काय?  
अ) शीर्षक      ब) प्रक्षेपण      क) प्रमाण      ड) दिशा.

□ उत्तरे :-

(१) अ) पृथ्वीगोल, (२) ब) अक्षवृत्त, (३) क) प्रमाण.

### ४.५ सारांश

पृथ्वीचा पृष्ठभाग अभ्यासण्यासाठी विविध साधनांची तज्ञांना आवश्यकता असते. हा अभ्यास करण्यासाठी पृथ्वीगोल व नकाशा ही महत्त्वाची साधने आहेत. पृथ्वीगोल म्हणजे पृथ्वीची प्रमाणबद्ध प्रतिकृती आणि नकाशा म्हणजे संपूर्ण पृथ्वीचे किंवा पृथ्वीवरील एखाद्या भागाचे सपाट पृष्ठभागावर केलेले प्रमाणाबद्ध सांकेतिक चित्रण. या दोन साधनांद्वारे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा अभ्यास करतात. या घटकात या दोन साधनांचा विशेष अभ्यास केला आहे, त्यामुळे विविध अभ्यासकांना पृथ्वीगोल व नकाशा यांची सविस्तर माहिती होईल.

### ४.६ सरावासाठी स्वाध्याय

□ खालील प्रश्नांची संक्षिप्त उत्तरे लिहा.

१. पृथ्वीगोल.

२. पृथ्वीगोलाचे गुण-दोष.
३. नकाशाचे घटक.

□ खालील प्रश्नांची दीर्घोत्तरी उत्तरे लिहा.

१. पृथ्वी गोल म्हणजे काय ते सांगून पृथ्वी गोलाचे प्रकार लिहा.
२. नकाशा म्हणजे काय ते सांगून नकाशाचे प्रकार लिहा.

### ४.७ क्षेत्रीय कार्य

१. शाळेस, महाविद्यालयास भेट देवून तेथे उपलब्ध असलेला पृथ्वीगोल पहा, निरीक्षण करा.
२. पुस्तकालयातून स्वतःच्या वापरासाठी एखादा 'नकाशासंग्रह' (Atlas) विकत घेवू शकता. त्यातील विविध नकाशांचे निरीक्षण करा. ते कोणत्या प्रमाणावर तयार केले आहेत ते पहा.
३. नकाशा संग्रहातील काही नकाशांची निवड करून ते ट्रेसिंग पेपरने ट्रेस करून घ्या. त्यांचे चौरस पध्दतीने लघूकरण किंवा विस्तृतीकरण करा.

### ४.८ अधिक वाचनासाठी पुस्तके/संदर्भ ग्रंथ

१. **Bygott, John** (1955) : '*Map Work and Practical Geography*', 5th Edition.
२. **Crone, G. R.** (1966) : '*Map and their Markers*'.
३. **Garnier, B. J.** (1966) : '*Practical Work in Geography*'.
४. **Mishra, R. P. and Ramesh, A.** (1989) : '*Fundamentals of Cartography*'.
५. **Singh, R. L. and Dutt, P. K.** (1979) : '*Element of Practical Geography*'.
६. **Singh, R. L. and Singh, L. R** (1969) : '*Map Work and Practical Geography*'.
७. **जयकुमार मगर** (१९९९) : 'नकाशा वाचन व क्षेत्र अभ्यास', महाराष्ट्र भूगोल अध्यापक महामंडळ, पुणे.
८. **अर्जुन कुंभार** (२००३) : 'प्रात्यक्षिक भूगोल', सुमेरू प्रकाशन, डोंबिवली, मुंबई.
९. **बी. वाय. आहिरराव आणि ई. के. करंजखेले** (२०१०) : 'प्रात्यक्षिक भूगोल', श्रीराम एंटरप्रायझेस प्रिंटेर्स, नाशिक.

□□□