(B.A/B.Sc – 5th semester)

GEO-75P-302- Practical-I

(Geography)

Code of Course	Title of the Course	Level of the Course	Credits of the Course
GEO-75P-302	Practical-I	7	2
Types of the Course	Delivery type of the Course		
Major	60 contact hrs- Laboratory lectures and field study including diagnostic and formative assessments during lecture hours		
Prerequisites	Central Board of Secondary Education or Equivalent		
Objectives of the Course	To make the students understand about the relief features through scale and relief representation techniques.		

*** Note: - 1. Each practical batch of 30 students will be allotted a teaching of 4 hours per week for practical.**

2. It is compulsory for the Non-collegiate students to attend 48 hours practical training camp. One batch of practical training camp will comprise of maximum 30 students per batch.

Duration- 4 Hours | **Max. Marks- 10+40**

Min. Marks- 4+16

Pattern of Examination	Bifurcation of Marks	Time
Written Test	20	2 Hours
Field Survey and Viva-Voce	7+3	2 Hours
Record Work and Viva-Voce	7+3	

Note-

1. *The students will have to prepare A3 Size Record Book which will be simultaneously checked by the Teacher in the class after teaching and evaluated during the*

अतिरिक्त कुलसचिव
राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर

examinations.

2. *There will be 6 questions (3 questions from each unit) in written paper out of which student have to compulsorily attempt 2 questions from each unit.*
3. *The student will have to prepare Survey Sheet INDIVIDUALLY during the examination.*
4. *Simple Calculator is permitted in practical examination.*

Unit –I

Projection- Definition, Importance, Earth's Grid System and Scale of Projection, Classification-Conical Projection (One Standard, Two Standard, Bonne's, Polyconic), Cylindrical (Equal Area, Equidistant, Gall's, Mercator's)

प्रक्षेपण- परिभाषा, महत्व, पृथ्वी की ग्रिड प्रणाली और प्रक्षेपण का पैमाना, वर्गीकरण- शंक्वाकार प्रक्षेपण (एक मानक, दो मानक, वोन्स, पॉलीकोनिक), वेलनाकार (समान क्षेत्र, समदूरस्थ, गैल्स, मर्केटर)

Unit –II

Plane Table Survey- Introduction and Instruments, Process of Surveying, Methods of Surveying (Radiation and Intersection), Traversing (Open and Closed).

समतल तालिका सर्वेक्षण- परिचय और उपकरण, सर्वेक्षण की प्रक्रिया, सर्वेक्षण के तरीके (विकिरण और प्रतिच्छेदन), ट्रैवर्सिंग (खुला और वंद)।

Recommended Readings:

- Monkhouse, F. J. and Wilkinson, H. R. (1973). Maps and Diagrams. London: Methuen.
- Rhind, D. W. and Taylor, D. R. F. (2000). Cartography: Past, Present and Future. International Cartographic Association.
- Robinson, A. H., (2009). Elements of Cartography. New York: John Wiley and Sons.
- Robinson, A.H. (2000). Elements of Cartography. U.S.A.: John Wiley& Sons.
- Sarkar, A. K. (2005). Practical Geography: A Systematic Approach. Calcutta: Oriental Longman.
- Sharma, J. P. (2010). Prayogik Bhugol. Meerut: Rastogi Publishers.
- Singh, R.L. and Dutt, P.K. (2010). Elements of Practical Geography. New Delhi: Kalyani Publishers.

Course Learning Outcomes:

By the end of the course, students should be able to the importance of projections for various countries and the importance of survey.

B.A./B.sc-5th Sem.

Geography

Practical Examination

M.M 20. P-A Time 2:00 Hours

प्रत्येक इकाई में से दो दो प्रश्न का चयन करते हुए कुल चार प्रश्न हल करें।

(Four questions are to be solved selecting two questions from each unit)

Unit-1

प्रश्न 1 प्रक्षेप की परिभाषा देते हुए, पृथ्वी की ग्रिड प्रणाली को समझाइए !

(Define of projections definition, Explain Earth gird system)

प्रश्न 2 निम्नलिखित विवरण के आधार पर एक मानक अक्षांश वाला साधारण शंकु प्रक्षेप बनाइये

मापनी 1:125,000,000 मानक अक्षांश 45 ' उत्तर क्षेत्र का विस्तार 0' से 75' उत्तरी अक्षांश तथा 60' पश्चिम से 60पूर्वी देशान्तर, अंतराल 15'

(Conical projection construction-One standard parallel)

प्रश्न 3 1:350,000,000 मापनी एवं 30' अंतराल पर संसार का मानचित्र बनाने के लिए एक बेलनाकार समक्षेत्र प्रक्षेप की रचना किजिए।

(Cylindrical projection Construction: equal are)

Unit -2

प्रश्न 4 प्लेन टेबल सर्वेक्षण के उपकरणों का सचित्र वर्णन कीजिए!

(Plane table survey Explain Req. instruments with diagram)

प्रश्न 5 प्लेन टेबल सर्वे की विकिरण या अरीय विधि को समझांइए !

(Plane table survey Explain Radiation method)

प्रश्न 6 प्लेन टेबुल सर्वेक्षण की प्रक्रिया का वर्णन किजिए?

(Plane table survey Explain Survey operation)

B.A/B.sc- Semister 5th

Geography

Practical Examination

M:20 | P-B | Time 2:00 H

प्रत्येक इकाई में से 2-2 प्रश्न का चयन करते हुए, कुल 4 प्रश्न हल करने है

Choose any 4Question from each unit ,Choose any 2 Question from each unit

Unit -1

प्रश्न 1 प्रक्षेपो के वर्गीकरण को रेखाचित्र द्वारा समझाइए।

(Classification of projection)

प्रश्न 2. 20' उत्तरी से 80' उत्तरी अक्षांश तथा 60'पश्चिम से पूर्वी देशांतर के मध्य स्थित क्षेत्र का 10 अंतराल तथा 1:125,000,000 मापनी पर मानचित्र बनाने के लिए दो मानक अक्षांश वाले शंकु प्रक्षेप की रचना कीजिए।

- प्रक्षेप में 40' उत्तरी तथा 60' उत्तरी अक्षांश वत्तोंको मानक अक्षाश मानिये

(Conical projection Construction: two standard parallel)

प्रश्न 3, 1:300,000,000 मापनी एवं 15 डिग्री अंतराल पर संसार का मानचित्र बनाने के लिए एक बेलनाकार समदूरस्थ प्रक्षेप की रचना किजिए।

(Cylindrical equidistant projection Construction)

Unit- 2

प्रश्न 4 प्लेन टेबल सर्वेक्षण के उपकरणों का सचित्र वर्णन कीजिए

(Plane table survey Explain Instruments with diagram)

प्रश्न 5. प्लेन टेबल सर्वे की प्रतिच्छेदन विधि का वर्णन कीजिए

(Explain plane table survey Intersection method)

प्रश्न 6 प्लेन टेबुल सर्वेक्षण चक्रमण विधि का वर्णन कीजिए!

(Explain plane table survey traverse method)

B.A. / B.sc Semester- 5th

Geography

Practical Examination

M. M 20 p-c Time - 2:00 H

प्रत्येक इकाई में से दो दो प्रश्न का चयन करते हुए कुल चार प्रश्न हल करने हैं

Unit -1

प्रश्न 1 1:125,000,000 मापनीएवं 15'अंतराल। मानक अक्षांश 45' उ; क्षेत्र विस्तार 15' से 75'उतरी अक्षांश तथा 15सी पूर्व से 165सी पूर्वी देशान्तर पर संसार का मानचित्र बनाने के लिए एक बोनप्रक्षेप की रचना कीजिए।

प्रश्न 2, 1:25,000,000 मापनीएवंअन्तराल 15' क्षेत्र का विस्तार 30' से 75' तथा 0,' से 180'पर संसार का मानचित्र बनाने के लिएबहु शकु प्रक्षेप की रचना किजिए!

प्रश्न 3 गॉल का प्रक्षेप के गुणधर्म, और उपयोग लिखिए

(Writes Gall's projection properties and uses)

Unit -2

प्रश्न 4 प्लेन टेबल सर्वेक्षण की विकिरण या अरीय रेखा विधिका वर्णन किजिए

(Explain plane table Surveying Radiation method)

प्रश्न 5 प्लेन टेबल सर्वेक्षण के उपकरणों का सचित्र वर्णन कीजिए

(Explain plane table Surveying Instruments)

प्रश्न 6 प्लेन टेबल सर्वेक्षण की प्रक्रिया का वर्णन कीजिए

(Explain Plane table Surveying: Survey operation)

B.A/B.Sc-V th Semester

Geography Practical

DATE / /
PAGE NO.:

Unit - I

1. प्रक्षेप :- परिभाषा, वर्गीकरण, महत्व ⇒ 03-09, 04-09-2025
(Projection Definition. Classification. Importance)
2. पृथ्वी की ग्रिड प्रणाली, प्रक्षेप पैमाना ⇒ 10-09-2025
(Earth's Grid System), (Scale of Projection) ⇒ 17-09-2025
3. मानचित्र - प्रक्षेप रचना :- (Construction of Map-Projections)
(A) शंक्वाकार प्रक्षेप (Conical Projection)
(i) एक मानक शंक्वाकार प्रक्षेप (One Standard) - 24-09-2025
(ii) दो मानक शंक्वाकार प्रक्षेप (Two Standard) - 03-10-2025
(iii) बोन प्रक्षेप (Bonne's Projection) - 10-10-2025
(iv) बहुशंकुक प्रक्षेप (Polyconic Projection) - 25-10-2025
(B) बेलनाकार प्रक्षेप (Cylindrical Projection) -
(i) समक्षेत्र बेलनाकार प्रक्षेप (Equal area) - 06-11-2025
(ii) समदूरस्थ बेलनाकार प्रक्षेप (Equidistant) - 11-11-2025
(iii) मर्केटर बेलनाकार प्रक्षेप (Mercator) - 19-11-2025
(iv) गॉल का त्रिविम बेलनाकार प्रक्षेप (Gall's) - 26-11-2025

Unit - II

(1) प्लेन टेबुल सर्वेक्षण - परिचय और उपकरण - 03-12-2025
(Plane Table Survey - Introduction and Instruments)
(2) प्लेन टेबुल सर्वे की प्रक्रिया :- — 09-12-2025
(Process of Surveying)
(3) प्लेन टेबुल सर्वे की विधियाँ - (Methods of Surveying)
(i) अरीय या विकिरण विधि - (Radiation Methods)
(ii) प्रतिच्छेदन विधि - (Intersection Methods) - 10-12-2025
(iii) चंक्रमण या मालारेखा विधि - (Traverse) - 17-12-2025
(i) खुला (Open) - 18-12-2025
(ii) बन्द (Closed)

Teacher's Signature..............

Unit-I

मानचित्र-प्रक्षेप

(Map-Projection)

प्रश्न-1. प्रक्षेप की परिभाषा देते हुए, पृथ्वी की ग्रिड प्रणाली को समझाइए।

मानचित्र-प्रक्षेप की परिभाषा

(Definition of a Map-Projection)

गोलाकार पृथ्वी (spherical earth) अथवा किसी बड़े भू-भाग का समतल सतह पर मानचित्र बनाने के लिये प्रकाश अथवा ज्यामितीय विधियों के द्वारा निर्मित अक्षांश-देशान्तर रेखाओं के जाल या भू-ग्रिड को **मानचित्र-प्रक्षेप** की संज्ञा दी जाती है। 'प्रक्षेप' का शाब्दिक अर्थ किसी पारदर्शी फिल्म या कागज़ पर बनी आकृति को प्रकाश की सहायता से दीवार अथवा कपड़े के परदे पर दिखलाना होता है। यद्यपि समस्त मानचित्र-प्रक्षेप उपरोक्त विधि से नहीं बनाये जाते परन्तु 'प्रक्षेप' शब्द इतना प्रचलित हो गया है कि ज्यामितीय विधियों के द्वारा बनाये गये पूर्णतया संशोधित रेखाजालों को भी मानचित्र-प्रक्षेप कहा जाता है। भिन्न-भिन्न विद्वानों ने भिन्न-भिन्न शब्दों में मानचित्र-प्रक्षेप को परिभाषित किया है परन्तु सभी परिभाषाओं का अर्थ लगभग एक-समान है। नीचे लिखी गईं कुछ परिभाषाओं के अध्ययन से यह बात भली-भाँति स्पष्ट हो जाती है।

इरविन रेज़ (Erwin Raisz)[1] के अनुसार, 'अक्षांश वृत्तों तथा याम्योत्तरों का कोई ऐसा व्यवस्थित क्रम, जिस पर मानचित्र बनाया जा सके, प्रक्षेप कहा जा सकता है।'

> A Projection can be defined as . . . any orderly system of parallels and meridians on which a map can be drawn.'

जॉन बीगॉट (John Bygott)[2] ने ग्लोब की अक्षांश व देशान्तर रेखाओं को कागज़ पर प्रदर्शित करने की किसी विधि को मानचित्र-प्रक्षेप कहा है।

> 'A map-projection is some method of representing on a sheet of paper the lines of latitude and longitude of the globe.'

एफ. जे. मॉंकहाउस (F. J. Monkhouse)[3] के अनुसार 'पृथ्वी के अक्षांश वृत्तों तथा याम्योत्तरों का जाल या रेखाजाल के रूप में समतल सतह पर प्रदर्शन' मानचित्र-प्रक्षेप कहलाता है।

> 'A map projection is 'the representation of the earth's parallels and meridians as a net or graticule on a plane surface.'

जे. ए. स्टीयर्स (J.A. Steers)[4] के अनुसार 'मानचित्र-प्रक्षेप ग्लोब की अक्षांश व देशान्तर रेखाओं को सपाट क़ागज़ पर प्रदर्शित करने की एक विधि है।'

> 'A map projection is a means of representing the lines of latitude and longitude of the globe on a flat sheet of paper.'

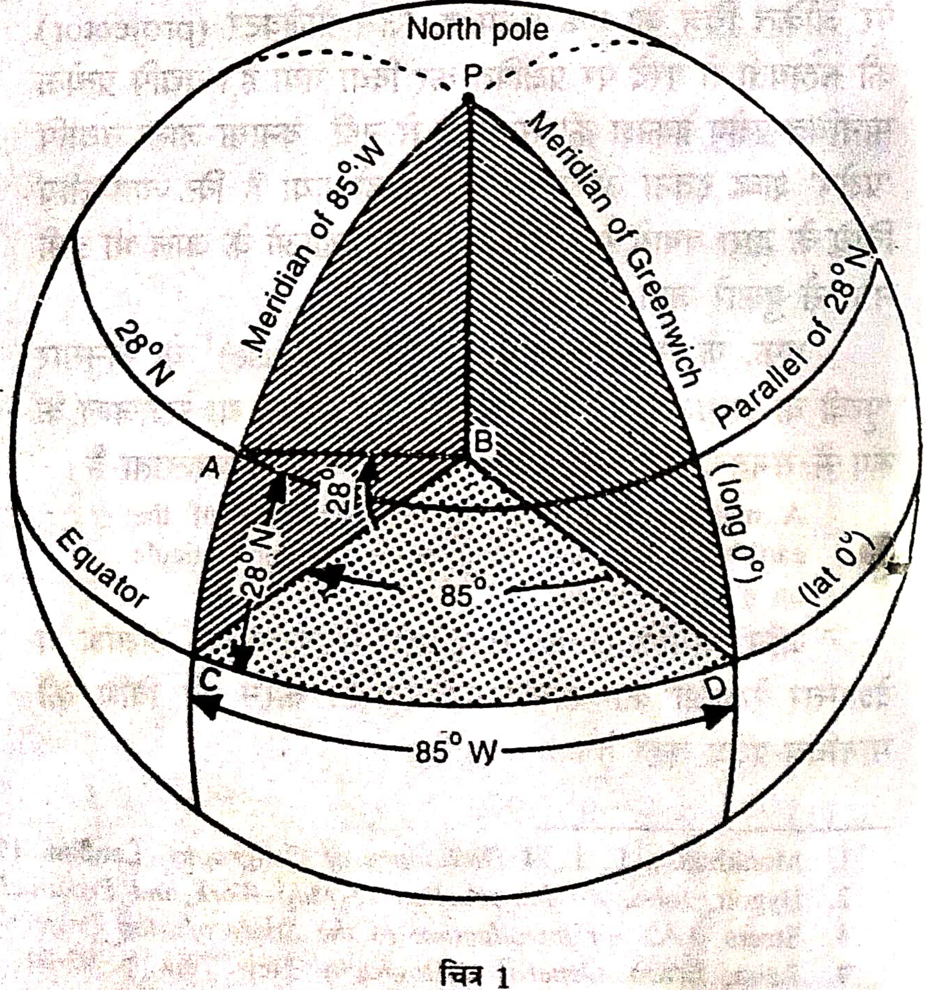
भू-ग्रिड
(The Earth Grid)

प्रक्षेपों की रचना में दी गई मापनी के अनुसार किसी समतल सतह पर ग्लोब की अक्षांश-देशान्तर रेखाओं का जाल या भू-ग्रिड खींचा जाता है अतः प्रक्षेपों की रचना-विधि पढ़ने से पूर्व ग्लोब पर अंकित अक्षांश-देशान्तर रेखाजाल को भली प्रकार समझ लेना आवश्यक है।

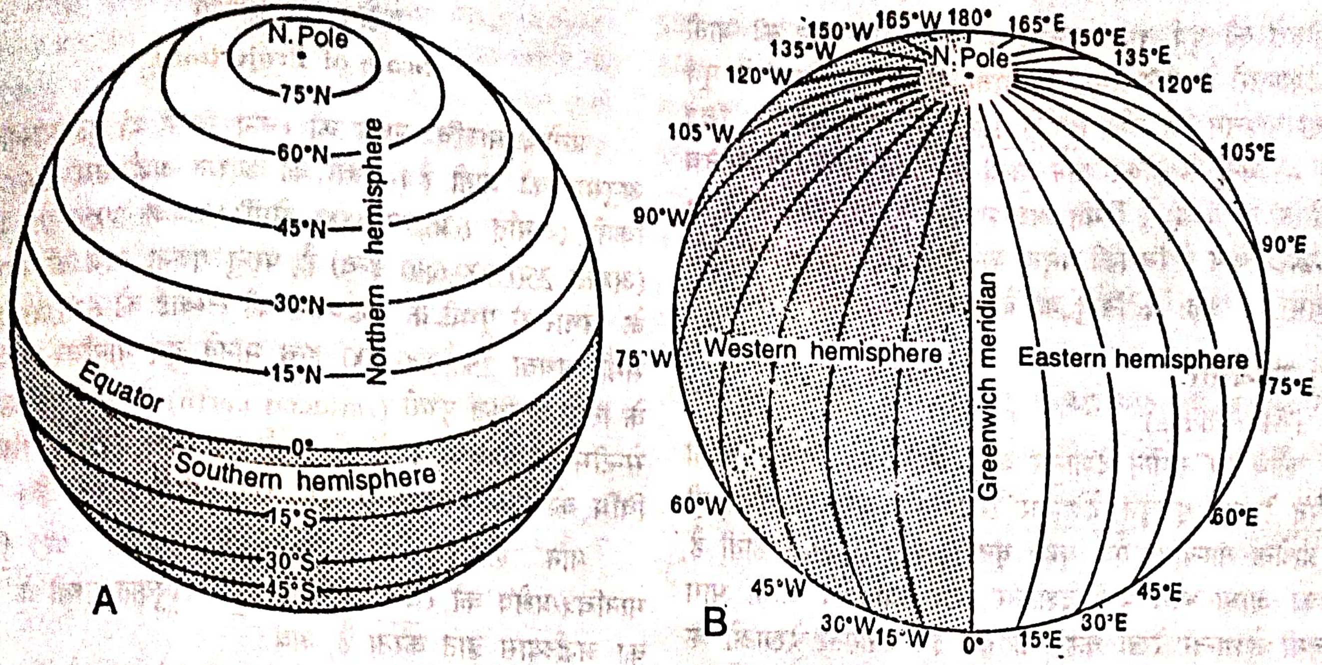
[I] अक्षांश

(Latitude)

ग्लोब पर किसी स्थान तथा भूमध्यरेखा के मध्य याम्योत्तर या ध्रुववृत्त (meridian) के चाप की अंशों में मापी गई कोणीय दूरी (angular distance) को उस स्थान का अक्षांश कहते हैं। उदाहरणार्थ, चित्र 1 में A बिन्दु तथा भूमध्यरेखा के मध्य 85° पश्चिमी ध्रुववृत्त के AC चाप की कोणीय दूरी 28° है। चूँकि A बिन्दु भूमध्यरेखा के उत्तर में स्थित है, अतः इसके अक्षांश का मान 28° उ० हुआ। भूमध्यरेखा का अक्षांश 0°, उत्तरी ध्रुव का अक्षांश 90° उत्तर तथा दक्षिणी ध्रुव का अक्षांश 90° दक्षिण होता है।



चित्र 1



चित्र 2 A. अक्षांश वृत्त, B. याम्योत्तर।

[II] अक्षांश वृत्त

(Parallel of latitude)

ग्लोब पर समस्त याम्योत्तरों या ध्रुववृत्तों (meridians) के भूमध्यरेखा से समदूरस्थ (equidistant) बिन्दुओं को मिलाने वाली रेखा को अक्षांश रेखा या अक्षांश वृत्त कहते हैं। दूसरे शब्दों में, ग्लोब पर समान अक्षांश वाले बिन्दुओं को प्रकट करने वाले वृत्तों को अक्षांश वृत्त कहा जाता है। भूमध्यरेखा के उत्तर या दक्षिण में 0° से 90° के मध्य किसी भी मान का अक्षांश वृत्त बनाया जा सकता है किन्तु सरलता के विचार से ग्लोब पर समस्त सम्भावित अक्षांश वृत्तों को नहीं बनाया जाता अपितु आवश्यकतानुसार किसी ऐसी संख्या (अंश) के अन्तराल पर अक्षांश वृत्त बनाते हैं जो 90° को पूरा-पूरा विभाजित कर दे, जैसे 5, 10 तथा 15 आदि। भूमध्यरेखा के उत्तर में स्थित अक्षांश वृत्तों को **उत्तरी अक्षांश वृत्त** तथा दक्षिण में स्थित अक्षांश वृत्तों को **दक्षिणी अक्षांश वृत्त** कहते हैं। इस प्रकार अक्षांश वृत्त ग्लोब पर किसी बिन्दु की भूमध्यरेखा के उत्तर या दक्षिण में स्थिति बतलाते हैं। अक्षांश वृत्तों के निम्नलिखित प्रमुख लक्षण होते हैं :

(1) समस्त अक्षांश वृत्त एक दूसरे के समान्तर तथा परस्पर समान दूरी पर बने होते हैं।

(2) ध्रुवों को छोड़कर ग्लोब के शेष सभी स्थानों पर अक्षांश वृत्त ध्रुववृत्तों या याम्यात्तरों को समकोण पर काटते हैं।

(3) अक्षांश वृत्त सदैव यथार्थ पूर्व-पश्चिम रेखाओं के रूप में होते हैं।

(4) भूमध्यरेखा पूर्ण बृहत् वृत्त (great circle) होती है तथा शेष सभी अक्षांश वृत्त लघु वृत्त (small circle) होते हैं।

(5) अक्षांश वृत्तों की किलोमीटरों में वास्तविक लम्बाई भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर कम होने लगती है।

(6) ध्रुवों के 'अक्षांश वृत्त' बिन्दुओं के रूप में होते हैं।

(7) ध्रुवों के अतिरिक्त ग्लोब का प्रत्येक बिन्दु किसी न किसी अक्षांश वृत्त पर स्थित होता है।

(8) भूमध्यरेखा, जो एक अक्षांश वृत्त है, दोनों ध्रुवों से समान दूरी पर स्थित होती है। भूमध्यरेखा तथा उत्तरी ध्रुव के मध्य ग्लोब का ऊपरी आधा भाग **उत्तरी गोलार्ध** (northern hemisphere) तथा भूमध्यरेखा के दक्षिण में स्थित ग्लोब का दूसरा आधा भाग **दक्षिणी गोलार्ध** (southern hemisphere) कहलाता है (चित्र 2A)।

[III] देशान्तर

(Longitude)

ग्लोब पर प्रमुख याम्योत्तर (prime meridian) तथा किसी दिये गये स्थान के मध्य स्थित अक्षांश वृत्त के छोटे चाप की अंशों में मापी गई दूरी को उस स्थान का देशान्तर कहते हैं। 1884 में हुई एक अन्तर्राष्ट्रीय गोष्ठी के अनुसार संसार के लगभग सभी देशों ने लन्दन के समीप स्थित ग्रिनिच रॉयल प्रेक्षणशाला (Greenwich Royal Observatory) से होकर जाने वाले याम्योत्तर या ध्रुववृत्त को प्रमुख याम्योत्तर मान लिया है। इस याम्योत्तर का मान 0° देशान्तर मानते हुए अन्य

याम्योत्तरों की पूर्व तथा पश्चिम की ओर को गणना की जाती है। देशान्तरों के मान प्रमुख याम्योत्तर (ग्रिनिच याम्योत्तर) के पूर्व अथवा पश्चिम की ओर 0° से 180° के मध्य होते हैं। चित्र 1 में A बिन्दु से होकर जाने वाली PC याम्योत्तर तथा ग्रिनिच याम्योत्तर के मध्य में स्थित अक्षांश वृत्त (भूमध्यरेखा) पर CD एक छोटा चाप है जिसकी प्रमुख याम्योत्तर से अंशों में दूरी 85° पश्चिम है। अतः A बिन्दु का देशान्तर 85° पश्चिम हुआ।

[IV] याम्योत्तर
(Meridians)

ग्लोब पर समान देशान्तर वाले स्थानों को मिलाने वाली कल्पित रेखाएँ ध्रुववृत्त, देशान्तर रेखाएँ या याम्योत्तर कहलाती हैं। प्रत्येक याम्योत्तर एक बृहत् वृत्त (great circle) होती है, जिसका आधा भाग पूर्वी देशान्तर रेखा तथा शेष आधा भाग पश्चिमी देशान्तर रेखा कहलाता है। इन देशान्तर रेखाओं के सिरे उत्तरी व दक्षिणी ध्रुवों पर मिलते हैं। इस प्रकार विपरीत ओर की आमने-सामने स्थित कोई दो देशान्तर रेखाएँ परस्पर मिलकर एक पूर्ण बृहत् वृत्त बनाती हैं। चूँकि वृत्त में 360° होते हैं अतः 1° देशान्तर के अन्तराल पर देशान्तर रेखाओं की कुल संख्या 360 होती है। इनमें से 180 देशान्तर रेखाएँ प्रमुख याम्योत्तर के पूर्व में तथा 180 देशान्तर रेखाएँ प्रमुख याम्योत्तर के पश्चिम में होती हैं। पूर्व की ओर स्थित देशान्तर रेखाओं को **पूर्वी देशान्तर** तथा पश्चिम की ओर की देशान्तर रेखाओं को **पश्चिमी देशान्तर** कहते हैं। 180° पूर्व तथा 180° पश्चिम एक ही देशान्तर रेखा होती है। प्रमुख याम्योत्तर तथा 180° पू० देशान्तर के मध्य का भाग **पूर्वी गोलार्ध** (eastern hemisphere) तथा प्रमुख याम्योत्तर तथा 180° प० देशान्तर के बीच का भाग **पश्चिमी गोलार्ध** (western hemisphere) कहलाता है (चित्र 2B)। देशान्तर रेखाओं के कुछ अन्य लक्षण निम्नलिखित हैं :

(1) सभी देशान्तर रेखाएँ यथार्थ उत्तर-दक्षिण दिशा में होती हैं तथा इनकी लम्बाइयाँ समान होती हैं।

(2) भूमध्यरेखा पर दो देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी सबसे अधिक होती है जो ध्रुवों पर घटकर शून्य हो जाती है।

(3) ग्लोब पर अनेक देशान्तर रेखाएँ खींची जा सकती हैं किन्तु सरलता के विचार से किसी ऐसी संख्या (अंश) के अन्तराल पर देशान्तर रेखाएँ खींचते हैं, जो 180° को पूरा-पूरा विभाजित कर दे।

(4) देशान्तर रेखा के द्वारा किसी स्थान की प्रमुख याम्योत्तर से पूर्व अथवा पश्चिम में स्थिति का बोध होता है।

(5) ध्रुवों को छोड़कर ग्लोब पर स्थित प्रत्येक बिन्दु की कोई न कोई देशान्तर रेखा अवश्य होती है।

Topic-2

प्रक्षेप की मापनी
(Scale of Projection)

प्रत्येक मानचित्र-प्रक्षेप की रचना किसी दी हुई मापनी के अनुसार की जाती है। पृथ्वी का औसत अर्द्धव्यास 6367·75 किमी (अर्थात् 636,775,000 सेमी) अथवा 3956·75 मील (अर्थात् 250,699,680 इन्च) है, परन्तु गणना कार्य की सरलता के विचार से पृथ्वी के अर्द्धव्यास की लम्बाई को 635,000,000 सेमी अथवा 250,000,000 इन्च मानते हुए मानचित्र-प्रक्षेप के के लिये लघुकृत पृथ्वी (reduced earth) के गोले का क्रमशः सेन्टीमीटरों अथवा इन्चों में अर्द्धव्यास ज्ञात करते हैं जिसकी विधि को एक उदाहरण के द्वारा नीचे समझाया गया है।

मान लीजिये 1/125,000,000 मापनी पर किसी मानचित्र-प्रक्षेप की रचना करने के लिये लघुकृत पृथ्वी के गोले का अर्द्धव्यास ज्ञात करना है, अब

∵ 125,000,000 सेमी प्रकट होते हैं = 1 सेमी से

∴ 635,000,000 सेमी (पृथ्वी का अर्द्धव्यास)

$$\text{प्रकट होंगे} = \frac{1 \times 635,000,000}{125,000,000}$$

$$= 5 \cdot 08 \text{ सेमी}$$

यदि इन्चों में गणना करनी है तो उपरोक्त मापनी पर लघुकृत पृथ्वी के गोले का अर्द्धव्यास = 250,000,000/125,000,000 = 2 इन्च होगा। इस प्रकार उपरोक्त उदाहरण से स्पष्ट है कि मानचित्र-प्रक्षेप के लिये लघुकृत पृथ्वी के गोले का अर्द्धव्यास ज्ञात करने के लिये दी गई मापनी की निरूपक भिन्न (R. F.) के हर (denominator) से पृथ्वी के वास्तविक अर्द्धव्यास (250,000,000 इन्च अथवा 635,000,000 सेमी) में भाग दिया जाता है।

प्रश्न-2 P-B

मानचित्र-प्रक्षेपों का वर्गीकरण
(Classification of Map-Projections)

मानचित्र-प्रक्षेपों को तीन आधारों के अनुसार विभाजित किया जाता है—(i) प्रकाश के प्रयोग के अनुसार, (ii) रचना-विधि के अनुसार तथा (iii) गुण के अनुसार।

[I] प्रकाश के प्रयोग के अनुसार प्रक्षेपों का वर्गीकरण
(Classification of projections according to use of light)

प्रकाश के आधार पर मानचित्र-प्रक्षेपों को निम्नलिखित दो भागों में विभाजित किया जाता है :

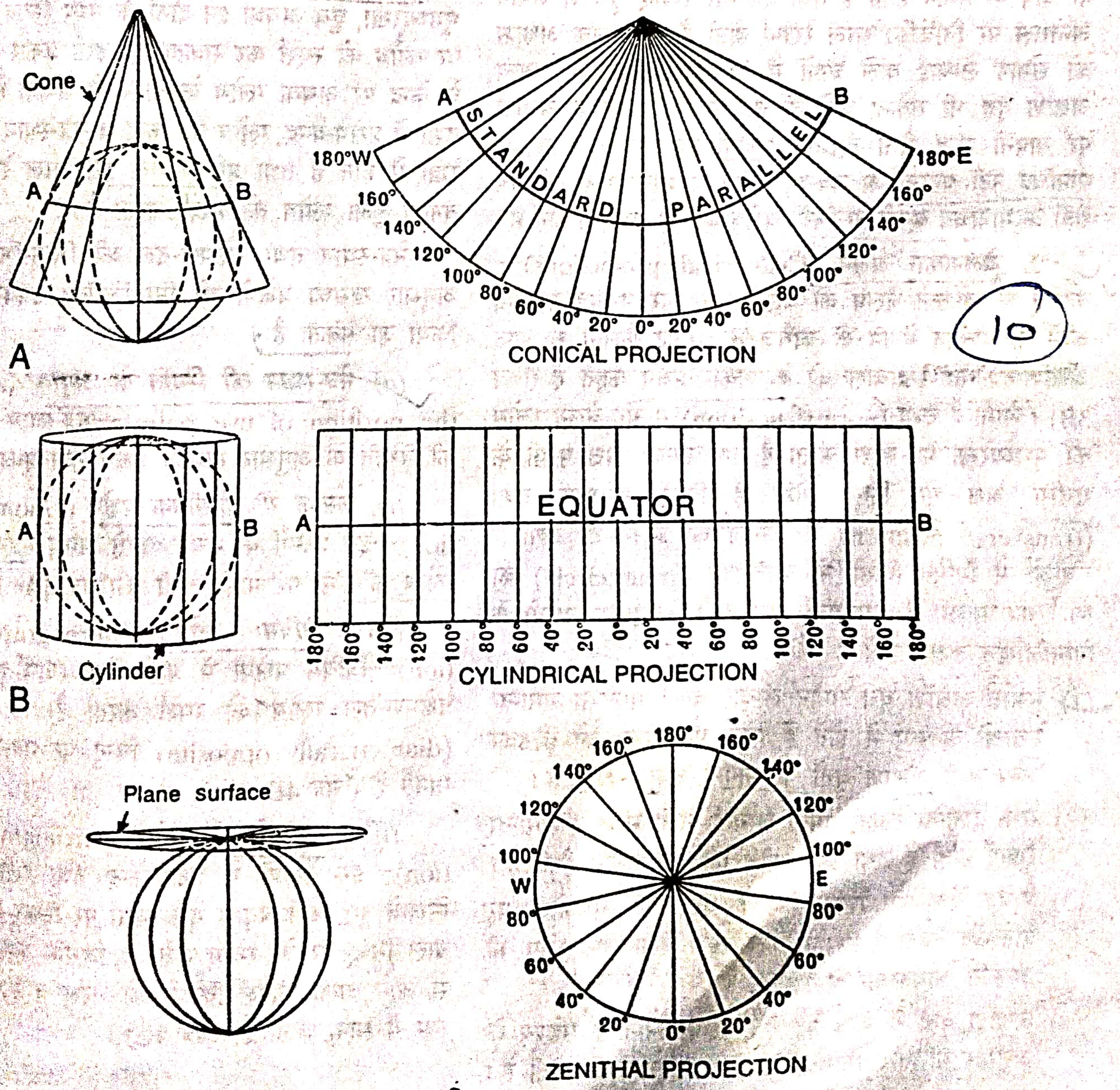
1. सन्दर्श मानचित्र-प्रक्षेप (Perspective map-projections)—प्रकाश की सहायता से बनाये गये मानचित्र-प्रक्षेपों को सन्दर्श प्रक्षेप कहते हैं। इन प्रक्षेपों की रचना में अक्षांश वृत्तों यथा याम्योत्तरों के जाल पर किसी निश्चित बिन्दु से प्रकाश डालकर उसकी छाया को किसी समतल सतह पर स्थानान्तरित करते हैं। इसके पश्चात् पेन्सिल अथवा फ़ोटोग्राफ के द्वारा अक्षांश वृत्तों तथा याम्योत्तरों की इन छायाओं का स्थायी चित्र प्राप्त कर लिया जाता है। इस प्रकार सामान्य बोलचाल की भाषा में 'प्रक्षेप' शब्द का जो अर्थ होता है, सन्दर्श मानचित्र-प्रक्षेप उसी अर्थ के वाचक होते हैं। इन प्रक्षेपों को **ज्यामितीय प्रक्षेप** (geometrical projection) भी कहते हैं।

2. असन्दर्श मानचित्र-प्रक्षेप (Non-perspective map-projections)—सन्दर्श मानचित्र-प्रक्षेपों में गणितीय विधियों के द्वारा आवश्यक संशोधन करके बनाये गये मानचित्र-प्रक्षेप असन्दर्श प्रकार के कहे जाते हैं। इन प्रक्षेपों की रचना में संशोधन की विधि तथा सीमा मानचित्र-प्रक्षेप बनाने के उद्देश्य पर निर्भर करती है। चूँकि असन्दर्श मानचित्र-प्रक्षेपों को आवश्यकतानुसार यथाकृतिक, समक्षेत्र अथवा शुद्ध दिशा प्रदर्शित करने वाला बनाया जा सकता है, अतः ये प्रक्षेप सन्दर्श मानचित्र-प्रक्षेपों की अपेक्षा अधिक महत्वपूर्ण एवं उपयोगी होते हैं।

[II] रचना-विधि के अनुसार प्रक्षेपों का वर्गीकरण

(Classification of projections according to the method of construction)

रचना-विधि के आधार पर मानचित्र-प्रक्षेपों को निम्नलिखित चार वर्गों में बाँटा जा सकता है :



चित्र 3

1. **शंकु-प्रक्षेप** (Conical projections)—शंकु-प्रक्षेप ग्लोब पर अंकित भू-ग्रिड को कागज़ के शंकु पर स्थानान्तरित करने एवं स्थानान्तरण के पश्चात् शंकु के कागज़ को समतल फैलाने के सिद्धान्त पर आधारित होते हैं (चित्र 3A)। इन प्रक्षेपों की रचना में यह मान लिया जाता है कि कागज़ का शंकु ग्लोब को किसी चुने गये अक्षांश वृत्त (भूमध्यरेखा व ध्रुव को छोड़कर) पर स्पर्श करता है तथा शंकु का शीर्ष ध्रुव के ठीक ऊपर की ओर, पृथ्वी के बढ़ाये गये ध्रुवीय अक्ष के किसी बिन्दु पर स्थित होता है। दूसरे शब्दों में, पृथ्वी का केन्द्र, ध्रुव तथा शंकु का शीर्ष, तीनों एक सरल रेखा में होते हैं। जिस अक्षांश वृत्त पर कागज़ का शंकु ग्लोब को स्पर्श करता है उसे **मानक अक्षांश** (standard parallel) कहते हैं। शंकु की विकसित सतह अर्थात् मानचित्र-प्रक्षेप में इस मानक अक्षांश की आकृति वृत्त के चाप के समान होती है तथा देशान्तर रेखाएँ ध्रुव से समान अन्तराल पर विकिरित सरल रेखाएँ होती हैं, जो मानक अक्षांश को समान लम्बाई वाले चापों में विभाजित करती हैं। अन्य अक्षांश वृत्त भी संकेन्द्र वृत्तों के चाप होते हैं। मानक अक्षांश पर मापनी शुद्ध होती है। इन प्रक्षेपों पर समस्त संसार का मानचित्र नहीं बनाया जा सकता, अपितु ये शीतोष्ण कटिबन्धीय क्षेत्रों के मानचित्र बनाने के लिये विशेष रूप से उपयोगी होते हैं।

2. **बेलनाकार प्रक्षेप** (Cylindrical projections)—कागज़ के खोखले बेलन की बाहरी सतह पर भू-ग्रिड प्रक्षेपित करने के पश्चात् बेलन के कागज़ को सपाट फैलाने से प्राप्त अक्षांश-देशान्तर रेखाजाल को बेलनाकार प्रक्षेप कहते हैं (चित्र 3B)। सामान्य दशा (normal position) में यह बेलन ग्लोब को भूमध्यरेखा पर स्पर्श करता है तथा इसका अक्ष पृथ्वी के ध्रुवीय अक्ष पर स्थित होता है किन्तु अनुप्रस्थ दशा (transverse position) में कागज़ का बेलन दो देशान्तर रेखाओं से निर्मित किसी भी बृहत् वृत्त (great circle) को स्पर्श कर सकता है। सामान्य दशा वाले बेलनाकार प्रक्षेपों के निम्नलिखित लक्षण होते हैं :

(1) समस्त अक्षांश वृत्त समान लम्बाई वाली सरल व समान्तर रेखाओं के रूप में होते हैं, अतः भूमध्यरेखा को छोड़कर अन्य सभी अक्षांश वृत्तों पर मापनी अशुद्ध होती है।

(2) सभी देशान्तर रेखाएँ समान लम्बाई वाली सरल व समान्तर रेखाएँ होती हैं तथा इनके बीच की दूरी समान होती है।

(3) प्रत्येक देशान्तर रेखा अक्षांश वृत्तों को समकोण पर प्रतिच्छेद करती है जिसके फलस्वरूप बेलनाकार प्रक्षेप की आकृति आयताकार होती है।

(4) अक्षांश वृत्तों के बीच की दूरी प्रक्षेप बनाने के उद्देश्य के अनुसार गणितीय विधियों के द्वारा निश्चित की जाती है।

भूमध्यरेखा पर मापनी शुद्ध होने के कारण विषुवतीय प्रदेशों के मानचित्र बनाने के लिये बेलनाकार प्रक्षेप विशेष उपयोगी होते हैं। इसके अतिरिक्त संसार का शुद्ध-दिशा व शुद्ध-आकृति मानचित्र बनाने के लिये मर्केटर प्रक्षेप बहुत उपयोगी रहता है।

3. **खमध्य प्रक्षेप** (Zenithal projections)—ग्लोब को किसी एक बिन्दु पर स्पर्श करती हुई मानी गई किसी समतल सतह (plane surface) पर प्रक्षेपित अक्षांश-देशान्तर रेखाजाल खमध्य प्रक्षेप कहलाता है (चित्र 3C)। खमध्य प्रक्षेप के उस बिन्दु को, जहाँ प्रक्षेपण-तल ग्लोब को स्पर्श करता है, **प्रक्षेप-केन्द्र** (centre of projection) कहा जाता है तथा जिस बिन्दु पर प्रकाश की कल्पना की जाती है उसे **नेत्र-स्थान** (eye point) या **उत्पत्ति-बिन्दु** (point of origin) कहते हैं। प्रक्षेप का तल भूमध्यरेखा, ध्रुव अथवा इन दोनों के मध्य स्थित किसी भी बिन्दु पर ग्लोब को स्पर्श कर सकता है। इसी प्रकार नेत्र-स्थान ग्लोब के केन्द्र पर अथवा ग्लोब के बाहर हो सकता है। परन्तु प्रत्येक दशा में प्रक्षेप-केन्द्र, ग्लोब का केन्द्र व नेत्र-स्थान तीनों एक सरल रेखा में होते हैं तथा प्रक्षेपण-तल इस सरल रेखा से समकोण बनाता हुआ ग्लोब को स्पर्श करता है।

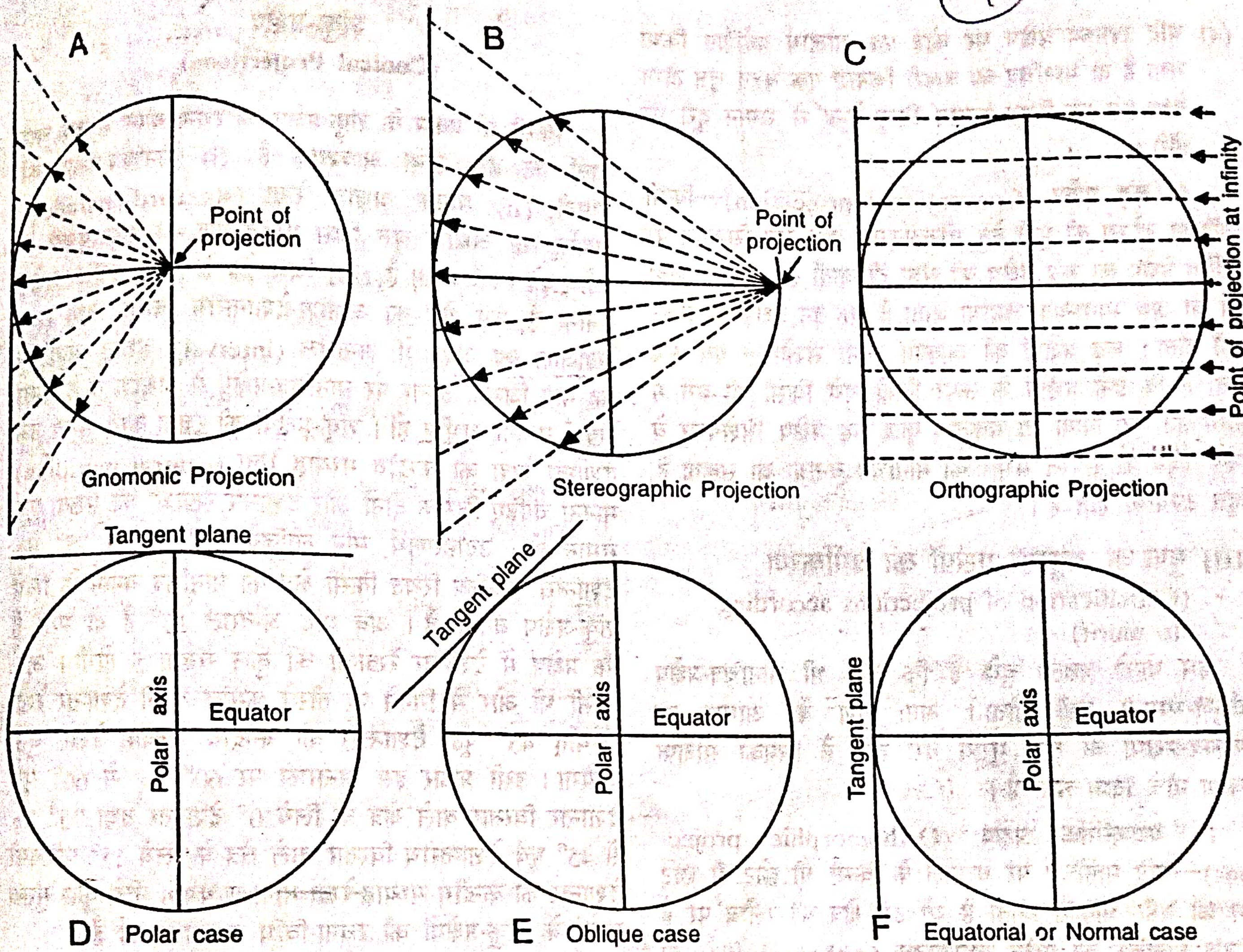
नेत्र-स्थान तथा प्रक्षेपण-तल की भिन्न-भिन्न स्थितियों के अनुसार खमध्य प्रक्षेपों को निम्नलिखित उपवर्गों में विभाजित किया जा सकता है :

(a) नेत्र-स्थान की स्थिति के अनुसार (According to the position of eye point)—नेत्र-स्थान या प्रकाश-स्रोत की स्थिति के अनुसार खमध्य प्रक्षेप तीन प्रकार के होते हैं :

(i) केन्द्रक या नोमॉनिक प्रक्षेप (Gnomonic projection)—इन प्रक्षेपों की रचना करते समय नेत्र-स्थान की स्थिति ग्लोब के केन्द्र पर मानी जाती है (चित्र 4A)।

(ii) त्रिविम प्रक्षेप (Stereographic projection)—त्रिविम प्रक्षेपों में प्रक्षेप-केन्द्र (अर्थात् जिस बिन्दु पर प्रक्षेपण-तल ग्लोब को स्पर्श करता है) के व्यासतः सम्मुख (diametrically opposite) बिन्दु पर नेत्र-स्थान की स्थिति मानते हैं (चित्र 4B)।

(iii) लम्बकोणीय प्रक्षेप (Orthographic projection)—इन प्रक्षेपों में प्रक्षेप-केन्द्र तथा ग्लोब के केन्द्र को मिलाते हुए आगे बढ़ाये गये व्यास पर स्थित किसी अनन्त दूरी वाले बिन्दु पर नेत्र-स्थान होता है, जिसके फलस्वरूप नेत्र-स्थान से आने वाली प्रकाश किरणों को सरल व समान्तर रेखाओं के रूप में माना जाता है (चित्र 4C)।



चित्र 4. खमध्य प्रक्षेपों के भेद।

(b) प्रक्षेपण-तल की स्थिति के अनुसार (According to the position of tangent plane) – प्रक्षेपण-तल की स्थिति के अनुसार भी खमध्य प्रक्षेपों के तीन वर्ग होते हैं :

(i) ध्रुवीय खमध्य प्रक्षेप (Polar zenithal projection)—इन प्रक्षेपों में प्रक्षेपण-तल ग्लोब को ध्रुव पर स्पर्श करता है (चित्र 4D)।

(ii) तिर्यक् खमध्य प्रक्षेप (Oblique zenithal projection)—इन प्रक्षेपों में भूमध्यरेखा तथा ध्रुव के मध्य स्थित किसी भी बिन्दु पर प्रक्षेपण-तल ग्लोब को स्पर्श कर सकता है (चित्र 4E)।

(iii) विषुवतीय खमध्य प्रक्षेप (Equatorial zenithal projection)—इन प्रक्षेपों में भूमध्यरेखा के किसी बिन्दु पर प्रक्षेपण-तल ग्लोब को स्पर्श करता है (चित्र 4F)।

सभी प्रकार के खमध्य प्रक्षेपों में निम्नलिखित लक्षण होते हैं :

(1) खमध्य प्रक्षेप के केन्द्र से होकर जाने वाले समस्त बृहत् वृत्त मानचित्र में सरल रेखाओं के द्वारा प्रदर्शित होते हैं। दूसरे शब्दों में, मानचित्र में प्रक्षेप-केन्द्र से खींची गई प्रत्येक सरल रेखा एक बृहत् वृत्त होती है तथा इनके दिक्मान (bearing) या दिगंश (azimuth) शुद्ध होते हैं। इन दिक्मानों को प्रक्षेप में केन्द्रीय मध्याह्न रेखा से मापा जा सकता है।

(2) प्रक्षेप-केन्द्र से समान दूरी पर स्थित समस्त बिन्दु मानचित्र पर भी समदूरस्थ होते हैं। इन समदूरस्थ बिन्दुओं को मिलाने वाले वृत्त को **क्षितिज वृत्त** (horizon circle) कहते हैं। मानचित्र पर समस्त क्षितिज वृत्तों की आकृति वृत्ताकार बनी रहती है।

(3) मानचित्र के केन्द्र से समान दूरी पर स्थित स्थानों पर मापनी के परिवर्तन तथा आकृति की विकृति (distortion of shape) की मात्राएँ भी समान होती हैं।

(4) यदि खमध्य प्रक्षेप पर कोई एक गोलार्ध प्रदर्शित किया गया है तो मानचित्र का बाहरी किनारा एक बृहत् वृत्त होगा तथा इस पर स्थित समस्त बिन्दु केन्द्र से समान दूरी पर होंगे।

4. **रूढ़ प्रक्षेप** (Conventional projection)—किसी निश्चित उद्देश्य की पूर्ति हेतु स्वेच्छानुसार छाँटे गये सिद्धान्त पर निर्मित प्रक्षेप को रूढ़ प्रक्षेप की संज्ञा दी जाती है। 'प्रक्षेप' शब्द का जो अर्थ सामान्यतः लगाया जाता है, वह इन प्रक्षेपों से प्रकट नहीं होता। रूढ़ प्रक्षेपों की आकृति इतनी संशोधित एवं रूढ़ होती है कि इन्हें प्रक्षेपों के ऊपर लिखे गये किसी भी वर्ग में सम्मिलित नहीं किया जा सकता। कुछ रूढ़ प्रक्षेप, विशेषकर वे प्रक्षेप, जिन पर समस्त संसार का मानचित्र बनाया जा सकता है, बहुत उपयोगी होते हैं।

[III] गुण के अनुसार प्रक्षेपों का वर्गीकरण (Classification of projections according to merit)

हम पहले बतला चुके हैं कि कोई भी मानचित्र-प्रक्षेप सर्वगुण-सम्पन्न नहीं होता। अतः गुण के आधार पर मानचित्र-प्रक्षेपों के तीन मुख्य वर्ग होते हैं जिनका संक्षिप्त विवरण नीचे दिया गया है।

1. **यथाकृतिक प्रक्षेप** (Orthomorphic projections)—यदि मानचित्र पर धरातल के किसी भी छोटे से छोटे भाग की वही आकृति आती है जो उस क्षेत्र की ग्लोब पर है तो उस मानचित्र का प्रक्षेप यथाकृतिक (orthomorphic) या **अनुरूप** (conformal) कहा जायेगा। मर्केटर प्रक्षेप यथाकृतिक प्रक्षेप का सबसे अच्छा उदाहरण है।

2. **समक्षेत्र प्रक्षेप** (Homolographic projections)—समक्षेत्र प्रक्षेपों पर बने मानचित्रों में सर्वत्र क्षेत्रफल शुद्ध रहता है। इन प्रक्षेपों में एक दिशा में मापनी बढ़ी हुई तथा दूसरी दिशा में मापनी घटी हुई होती है जिसके फलस्वरूप मानचित्र में किसी प्रदेश का क्षेत्रफल तो शुद्ध रहता है किन्तु उसकी वास्तविक आकृति में परिवर्तन हो जाता है। मॉलवीड प्रक्षेप तथा सैन्सन-फ्लैम्स्टीड सिनुसॉयडल प्रक्षेप समक्षेत्र प्रक्षेपों के उदाहरण हैं।

3. **शुद्ध-दिशा प्रक्षेप** (Azimuthal projections)—मर्केटर प्रक्षेप तथा खमध्य प्रक्षेपों पर बने मानचित्रों में दिशा शुद्ध रहती है। शुद्ध दिशा से हमारा तात्पर्य यह है कि मानचित्र पर किन्हीं दो बिन्दुओं को मिलाने वाली सरल रेखा की वही दिशा होती है जो ग्लोब पर उन बिन्दुओं को मिलाने वाले बृहत् वृत्त की होती है।

[प्रक्षेप-रचना]

शंकु-प्रक्षेप
(Conical Projections)

किसी भी प्रकार के शंकु-प्रक्षेप की रचना करने से पूर्व चार बातों का ज्ञान होना आवश्यक है—(i) मानचित्र-प्रक्षेप की मापनी, (ii) मानक अक्षांश रेखा (standard parallel), अर्थात् वह अक्षांश वृत्त जिस पर कागज़ का शंकु पृथ्वी के ग्लोब को स्पर्श करता है, (iii) जिस क्षेत्र के लिये मानचित्र-प्रक्षेप बनाना है, उस क्षेत्र का अक्षांश-देशान्तरीय विस्तार तथा (iv) रेखाजाल का अंशों में अन्तराल (interval) अर्थात् अंशों में वह मान जिसके अन्तर पर मानचित्र-प्रक्षेप में अक्षांश व देशान्तर रेखाएँ बनानी अभीष्ट हों। शंकु-प्रक्षेपों की रचना करते समय उस देशान्तर रेखा को केन्द्रीय मध्याह्न रेखा (central meridian) मानना चाहिए जिसके दोनों ओर देशान्तर रेखाओं की संख्या एक समान हो। उदाहरणार्थ, मान लीजिये 15° पू० से 75° पू० देशान्तरों के मध्य स्थित किसी क्षेत्र का मानचित्र बनाने के लिये शंकु-प्रक्षेप बनाना है। अब यदि अन्तराल 15° है तो स्पष्ट है कि प्रक्षेप में देशान्तर रेखाओं की कुल संख्या 5 होगी। अतः किसी भी ओर से गिनने पर तीसरे क्रमांक वाली देशान्तर रेखा (अर्थात् 45° पू० देशान्तर) को केन्द्रीय मध्याह्न रेखा चुना जायेगा। इसी प्रकार इस अन्तराल पर 60° प० से 60° पूर्व देशान्तर विस्तार वाले क्षेत्र के लिये 0° देशान्तर तथा 75° प० से 45° पूर्व देशान्तरीय विस्तार वाले क्षेत्र के लिये 15° पश्चिमी देशान्तर को केन्द्रीय मध्याह्न रेखा माना जायेगा। नीचे कुछ मुख्य प्रकार के शंकु-प्रक्षेपों की रचना-विधि समझायी गई है।

[I] एक मानक अक्षांश वाला साधारण शंकु-प्रक्षेप
(Simple conical projection with one standard parallel)

इस प्रक्षेप में कागज़ का शंकु ग्लोब को किसी एक अक्षांश वृत्त (मानक अक्षांश) पर स्पर्श करता है। भूमध्यरेखा तथा ध्रुव को छोड़कर आवश्यकतानुसार किसी भी अक्षांश वृत्त को मानक अक्षांश चुनकर इस प्रक्षेप की रचना की जा सकती है। अन्य शंकु-प्रक्षेपों की तुलना में इस प्रक्षेप की रचना बहुत सरल है जिसे निम्नलिखित उदाहरण द्वारा समझाया गया है :

(1) प्रश्न [redacted] निम्नलिखित विवरण के आधार पर एक मानक अक्षांश वाला साधारण शंकु-प्रक्षेप बनाइये :

मापनी, 1 : 125,000,000 ; मानक अक्षांश, 45° उत्तर ; क्षेत्र का विस्तार, 0° से 75° उत्तरी अक्षांश तथा 60° प० से 60° पूर्वी देशान्तर ; अन्तराल, 15°।

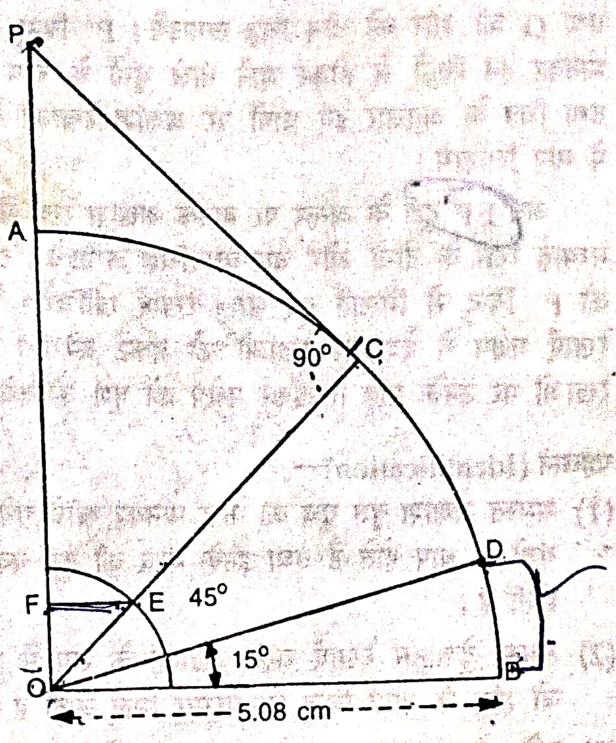
रचना-विधि—दी गई मापनी के अनुसार लघुकृत पृथ्वी के गोले का अर्द्धव्यास अर्थात्

$$R = \frac{\text{पृथ्वी का वास्तविक अर्द्धव्यास}}{\text{निरूपक भिन्न का हर}}$$

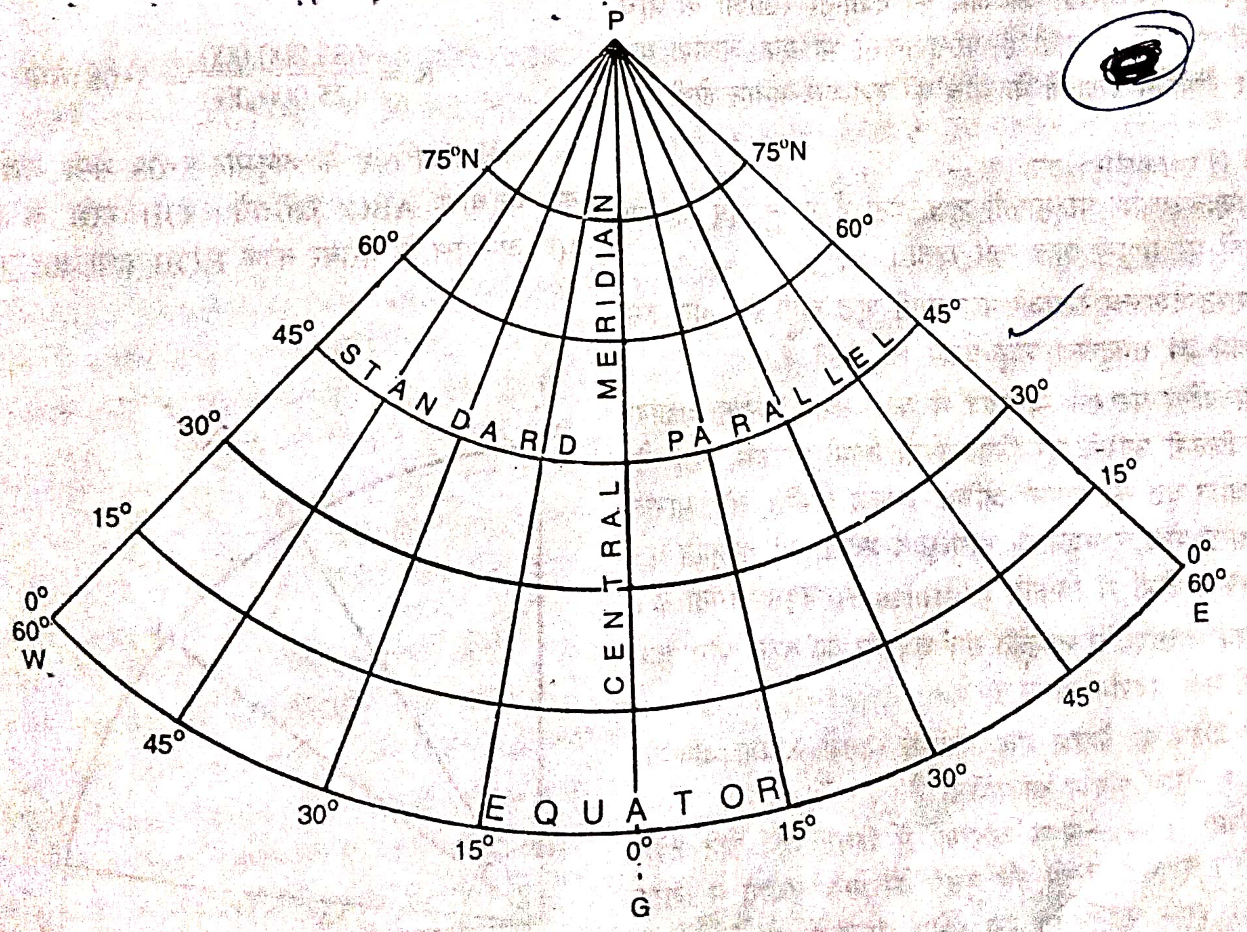
$$= \frac{635,000,000}{125,000,000} = 5\cdot08 \text{ सेमी}$$

रचना — अब चित्र 5A के अनुसार 5·08 सेमी अर्द्धव्यास लेकर वृत्त का चतुर्थांश ABO खींचिये। OB रेखा के O बिन्दु पर 15° अन्तराल के बराबर कोण DOB तथा मानक अक्षांश के बराबर कोण COB बनाइये। C बिन्दु पर लम्ब उठाइये जो बढ़ाई गई OA रेखा को P बिन्दु पर काटता है। अब O को केन्द्र मानकर BD अर्द्धव्यास से वृत्तांश खींचिये जो OC रेखा को E बिन्दु पर काटता है। E बिन्दु से OA रेखा पर EF लम्ब खींचिये।

प्रक्षेप बनाने के लिये एक लम्बवत् सरल रेखा P′G खींचिये, जो प्रक्षेप में केन्द्रीय मध्याह्न रेखा होगी तथा प्रश्न के अनुसार इसका मान 0° देशान्तर होगा (चित्र 5B)। अब PC के बराबर दूरी लेकर P′ बिन्दु से एक वृत्तांश खींचिये जो प्रक्षेप में 45° उत्तर की मानक अक्षांश रेखा को प्रकट करेगा। अन्य अक्षांश वृत्त बनाने के लिये केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर BD दूरी के अन्तर पर मानक अक्षांश रेखा से P′ की ओर को दो चिह्न



[redacted] (5·A)



SCALE 1 : 125,000,000

[redacted]. एक मानक अक्षांश वाला साधारण शंकु-प्रक्षेप।

तथा G की ओर को तीन चिह्न लगाइये। P' बिन्दु को केन्द्र मानकर इन चिह्नों से होकर जाने वाले वृत्तों के चाप खींचिये तथा चित्र के अनुसार इन चापों पर अक्षांश रेखाओं के अंशों में मान लिखिये।

अब EF दूरी के अन्तर पर मानक अक्षांश रेखा में केन्द्रीय मध्याह्न रेखा के दोनों ओर चार-चार चिह्न लगाइये। इन चिह्नों को P' बिन्दु से मिलाते हुए सरल रेखाएँ खींचिये। ये सरल रेखाएँ प्रक्षेप में देशान्तर रेखाओं को प्रकट करेंगी। देशान्तर रेखाओं पर उनके मान लिखकर प्रक्षेप को पूर्ण कीजिये।

पहचान (Identification)—

(1) समस्त अक्षांश वृत्त ध्रुव को केन्द्र मानकर खींचे गये संकेन्द्र वृत्तों के चाप होते हैं तथा इनके बीच की दूरी एक-समान होती है।

(2) समस्त देशान्तर रेखाएँ सरल रेखाओं के रूप में होती हैं, जो शंकु के शीर्ष बिन्दु पर परस्पर मिल जाती हैं।

(3) प्रक्षेप में ध्रुव एक चाप के द्वारा प्रकट होता है।

(4) अक्षांश वृत्त तथा देशान्तर रेखाएँ एक-दूसरे को समकोण पर काटते हैं।

(5) ध्रुव से भूमध्यरेखा की ओर को देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी बढ़ती जाती है, परन्तु किसी भी एक अक्षांश वृत्त पर देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी एक-समान होती है।

गुणधर्म (Properties)—

(1) मानक अक्षांश पर मापनी शुद्ध होती है, परन्तु शेष अक्षांश वृत्तों पर मापनी शुद्ध नहीं रहती।

(2) समस्त देशान्तर रेखाओं पर मापनी शुद्ध होती है। अतः इस प्रक्षेप को **समदूरस्थ शंकु-प्रक्षेप** भी कहते हैं।

(3) इस प्रक्षेप पर बने मानचित्र में कोई स्थान मानक अक्षांश से जितनी अधिक दूर स्थित होगा उतनी ही उस स्थान के अक्षांश वृत्त की मापनी अधिक अशुद्ध होगी। अतः मानक अक्षांश से दूरी बढ़ने के साथ-साथ प्रदेशों की आकृति एवं क्षेत्रफल दोनों में विकृति (distortion) बढ़ने लगती है।

(4) मानक अक्षांश पर आकृति एवं क्षेत्रफल का बहुत सीमा तक सही-सही प्रदर्शन हो जाता है।

(5) इस प्रक्षेप पर केवल एक गोलार्ध (उत्तरी अथवा दक्षिणी) का मानचित्र बनाया जा सकता है।

उपयोग (Use)—मध्य अक्षांशों में स्थित छोटे-छोटे देशों के मानचित्र बनाने के लिये इस प्रक्षेप को प्रायः प्रयोग में लाया जाता है। इसके अतिरिक्त इस प्रक्षेप पर ऐसे प्रदेशों के भी मानचित्र बनाये जाते हैं जिनका अक्षांशीय विस्तार कम होता है।

[II] दो मानक अक्षांशों वाला शंकु-प्रक्षेप (Conical projection with two standard parallels)

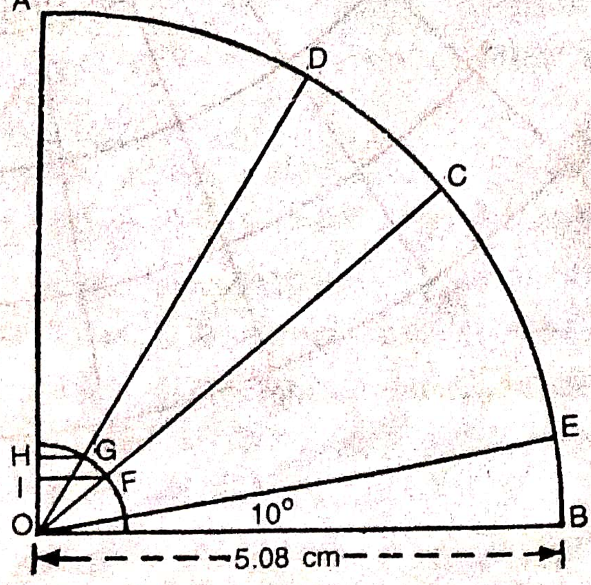
यह प्रक्षेप एक मानक अक्षांश वाले साधारण शंकु-प्रक्षेप का संशोधित रूप है। इस प्रक्षेप की रचना इस कल्पना पर आधारित है कि कागज़ का शंकु ग्लोब में प्रवेश करके, ग्लोब की सतह को दो अक्षांश वृत्तों के सहारे काटता या स्पर्श करता है। इन दोनों अक्षांश वृत्तों को मानक अक्षांश मान लिया जाता है। यदि प्रश्न में मानक अक्षांश न दिये हों तो प्रक्षेप बनाते समय उन अक्षांश वृत्तों को मानक अक्षांश चुनना चाहिए जिनके मध्य दिये गये क्षेत्र का लगभग 2/3 भाग स्थित हो।

[redacted] (2) 20° उ० से 80° उत्तरी अक्षांश तथा 60° प० से 60° पूर्वी देशान्तर के मध्य स्थित क्षेत्र का 10° अन्तराल तथा 1 : 125,000,000 मापनी पर मानचित्र बनाने के लिये दो मानक अक्षांश वाले शंकु-प्रक्षेप की रचना कीजिये। प्रक्षेप में 40° उ० तथा 60° उत्तरी अक्षांश वृत्तों को मानक अक्षांश मानिये।

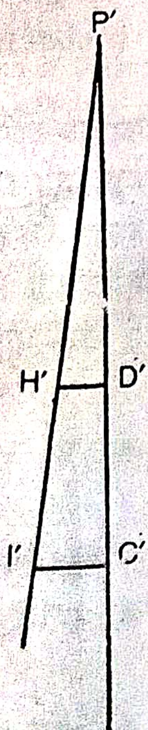
रचना-विधि—दी गई मापनी के अनुसार, लघुकृत पृथ्वी के गोले का अर्द्धव्यास अर्थात्

$$R = \frac{635,000,000}{125,000,000} = 5 \cdot 08 \text{ सेमी}$$

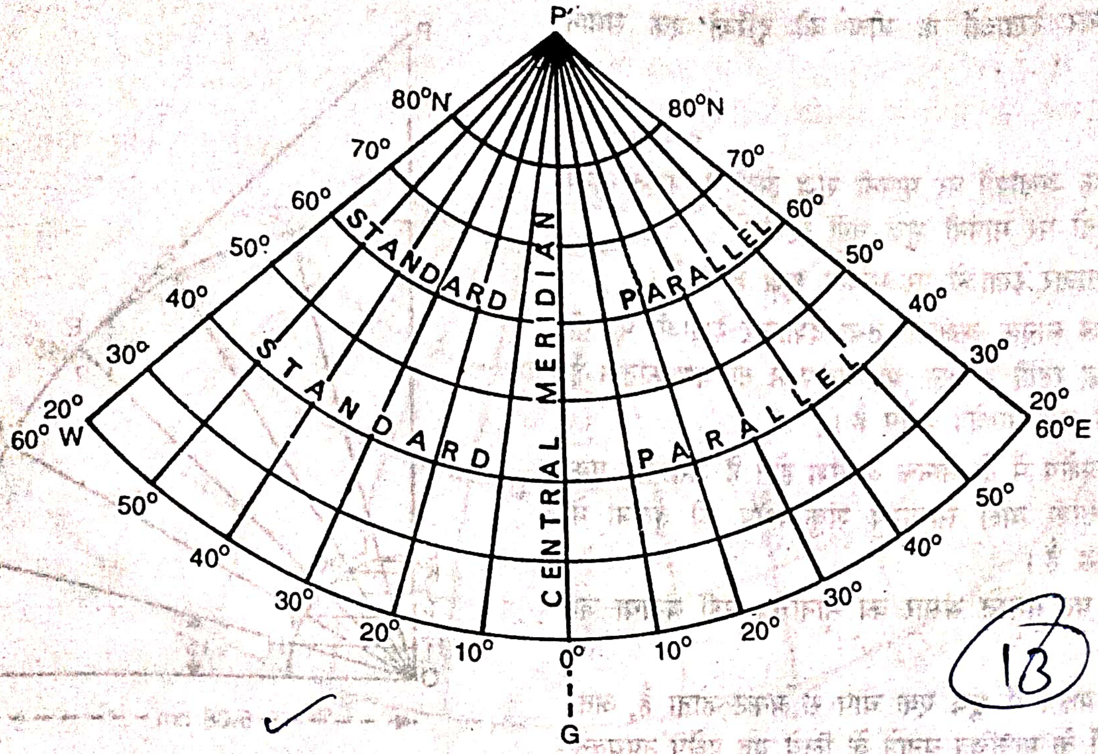
अब चित्र 6A के अनुसार 5·08 सेमी अर्द्धव्यास से वृत्त का चतुर्थांश ABO खींचिये। OB रेखा के O बिन्दु पर 10° अन्तराल के बराबर कोण EOB तथा 40° व 60° उ० के



[redacted] 6 A



चित्र 6 B



SCALE 1 : 125,000,000

[redacted] 6 C. दो मानक अक्षांशों वाला शंकु-प्रक्षेप।

मानक अक्षांशों के बराबर क्रमशः कोण COB तथा कोण DOB बनाइये। EB चापीय दूरी से O बिन्दु पर वृत्त का चतुर्थांश खींचिये जो OC तथा OD रेखाओं को क्रमशः F तथा G बिन्दुओं पर काटता है। F तथा G बिन्दुओं से OA रेखा पर क्रमशः FI तथा GH लम्ब गिराइये।

चित्र 6B के अनुसार एक लम्बवत् सरल रेखा खींचिये तथा इस रेखा में CD के बराबर C'D' दूरी काटिये। C' तथा D' बिन्दुओं पर FI तथा GH के बराबर क्रमशः C'I' तथा D'H' लम्ब बनाइये। I' तथा H' बिन्दुओं को मिलाते हुए एक सरल रेखा खींचिये जो बढ़ाई गई C'D' रेखा को P बिन्दु पर काटती है। प्रक्षेप में P' को केन्द्र मानकर PC' तथा PD' अर्द्धव्यासों से खींचे गये वृत्तों के चाप क्रमशः 40° उत्तरी तथा 60° उत्तरी मानक अक्षांशों को प्रकट करेंगे।

प्रक्षेप बनाने के लिये P'G एक लम्बवत् सरल रेखा खींचिये (चित्र 6C)। P' को केन्द्र मानकर PC' तथा PD' अर्द्धव्यासों से क्रमशः 40° व 60° उत्तरी मानक अक्षांश खींचिये। केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर दोनों मानक अक्षांशों का मध्यवर्ती बिन्दु ज्ञात कीजिए। किसी भी मानक अक्षांश से इस बिन्दु की दूरी EB के बराबर होगी तथा इससे होकर जाने वाले संकेन्द्र वृत्त का चाप 50° उत्तरी अक्षांश वृत्त को प्रकट करेगा। अन्य अक्षांश वृत्त बनाने के लिये EB दूरी के अन्तर पर उदाहरण 1 की तरह आवश्यक संख्या में केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर चिह्न लगाइये तथा P' को केन्द्र मानकर इन चिह्नों से होते हुए वृत्तों के चाप खींचिये। 60° उत्तरी की मानक अक्षांश पर GH लम्ब दूरी के अन्तर पर केन्द्रीय मध्याह्न रेखा के दोनों ओर छः-छः चिह्न लगाइये तथा इन चिह्नों को P' से मिलाते हुए सरल रेखाएँ खींचिये जो प्रक्षेप में देशान्तर रेखाओं को प्रकट करेंगी। स्मरण रहे, यदि देशान्तर रेखाएँ बनाने के लिये 40° उत्तरी मानक अक्षांश पर चिह्न लगाने हों तो GH के स्थान पर FI दूरी ली जायेगी। अक्षांश वृत्तों तथा देशान्तर रेखाओं पर उनके मान लिखकर प्रक्षेप को पूर्ण कीजिये।

पहचान—

(1) समस्त अक्षांश वृत्त संकेन्द्र वृत्तों के समान दूरी के अन्तर पर खींचे गये चाप होते हैं।

(2) सभी देशान्तर रेखाएँ शंकु के शीर्ष से खींची गई सरल रेखाओं के रूप में होती हैं।

(3) प्रक्षेप में ध्रुव एक चाप द्वारा प्रकट होता है।

(4) अक्षांश वृत्त तथा देशान्तर रेखाएँ एक-दूसरे को समकोण पर काटते हैं।

(5) अक्षांश वृत्तों पर देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी ध्रुवों की ओर को घटती जाती है परन्तु किसी एक अक्षांश वृत्त

पर देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरियाँ एक समान होती हैं।

गुणधर्म–

(1) दोनों मानक अक्षांशों पर मापनी शुद्ध होती है, परन्तु अन्य अक्षांश वृत्तों पर मापनी शुद्ध नहीं रहती।

(2) समस्त देशान्तर रेखाओं पर मापनी शुद्ध होती है।

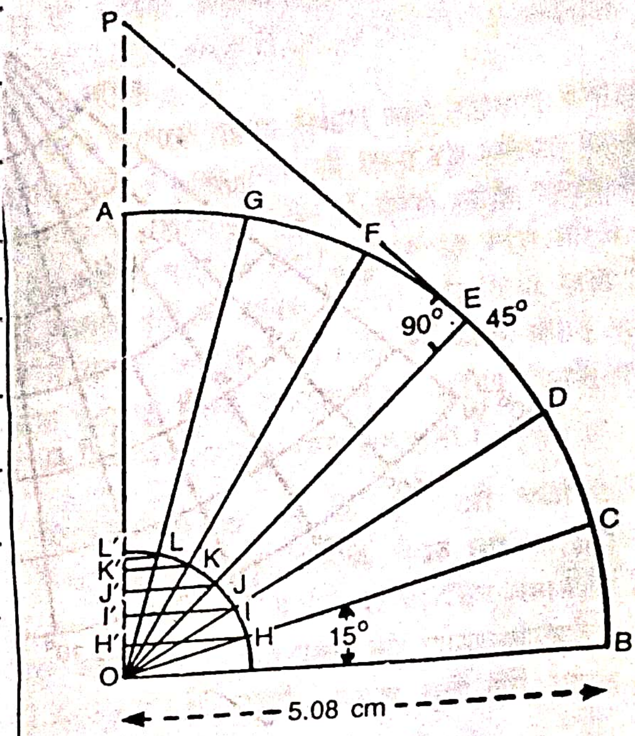
(3) चूँकि केवल मानक अक्षांशों तथा देशान्तर रेखाओं पर ही मापनी शुद्ध रहती है अतः यह प्रक्षेप न तो यथाकृतिक है और न ही यह समक्षेत्र प्रक्षेप है।

(4) चूँकि इस प्रक्षेप में दो मानक अक्षांश होते हैं अतः यह एक मानक अक्षांश वाले साधारण शंकु-प्रक्षेप की तुलना में अधिक शुद्ध है।

(5) इस प्रक्षेप पर समस्त संसार का मानचित्र नहीं बनाया जा सकता।

(6) चूँकि इस प्रक्षेप में ध्रुव एक चाप से प्रकट होता है, अतः ध्रुवीय क्षेत्रों के मानचित्र बनाने के लिये यह प्रक्षेप उपयुक्त नहीं होता।

उपयोग—इस प्रक्षेप पर बने मानचित्रों में मानक अक्षांशों से दूरी बढ़ने के साथ-साथ क्षेत्रों की आकृति तथा क्षेत्रफल में विकृति बढ़ने लगती है, अतः अधिक अक्षांशीय विस्तार वाले देशों के मानचित्र इस प्रक्षेप पर नहीं बनाये जाते। यूरोप तथा आस्ट्रेलिया की मानचित्रावलियों में अलग-अलग देशों अथवा राज्यों के मानचित्र बनाने के लिये इस प्रक्षेप को बहुत उपयोग में लाया जाता है।



चित्र 7 A

मापनी, 1 : 125,000,000 ; रेखान्तराल, 15° ; मानक अक्षांश, 45° उ० ; क्षेत्र का विस्तार, 15° उ० से 75° उत्तरी अक्षांश तथा 15° पूर्व से 165° पूर्वी देशान्तर।

रचना-विधि—दी गयी मापनी के अनुसार लघुकृत पृथ्वी के गोले का अर्द्धव्यास, अर्थात्

$$R = \frac{635,000,000}{125,000,000} = 5 \cdot 08 \text{ सेमी}$$

चित्र 7A के अनुसार, 5·08 सेमी अर्द्धव्यास से वृत्त का चतुर्थांश ABO खींचिये। OB रेखा के O बिन्दु पर 15-15 अंश के अन्तर पर कोण बनाती हुई OC, OD, OE, OF तथा OG रेखाएँ खींचिये। E बिन्दु पर एक स्पर्श रेखा बनाइये जो बढ़ाई गयी OA रेखा को P बिन्दु पर काटती है। अब CB अर्द्धव्यास से O बिन्दु को केन्द्र मानकर एक चाप घुमाइये जो OC, OD, OE, OF तथा OG रेखाओं को क्रमशः H, I, J, K तथा L बिन्दुओं पर काटता है। इन प्रतिच्छेदन बिन्दुओं से OA रेखा पर क्रमशः HH', II', JJ', KK' तथा LL' लम्ब गिराइये।

अब चित्र 7B के अनुसार एक लम्बवत् सरल रेखा P'M खींचिये, जो प्रक्षेप में केन्द्रीय मध्याह्न रेखा होगी। P' को केन्द्र मानकर PE अर्द्धव्यास से एक चाप खींचिये जो केन्द्रीय मध्याह्न रेखा को N बिन्दु पर काटता है। यह चाप 45° उत्तर की मानक अक्षांश को प्रकट करेगा। BC दूरी परकार में भरकर केन्द्रीय

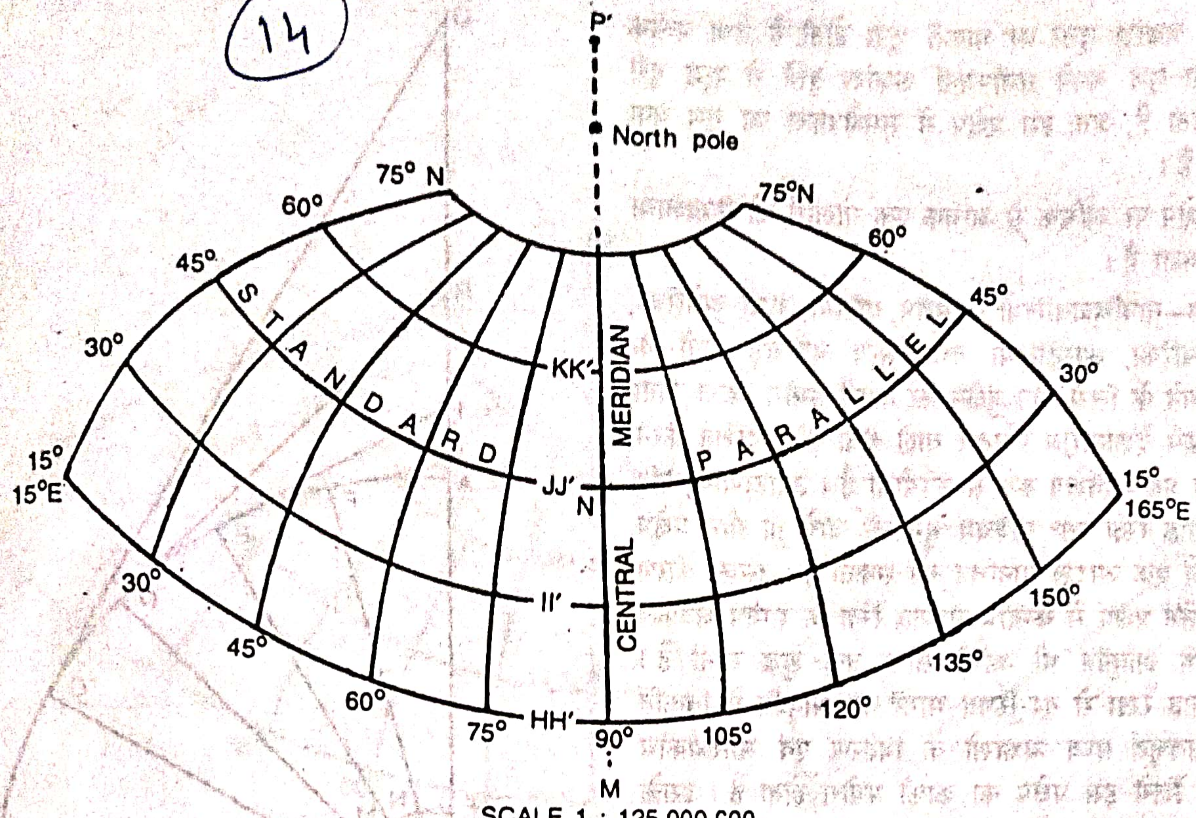
Teacher's Signature...............

[III] बोन प्रक्षेप

(Bonne's projection)

यह एक संशोधित शंकु-प्रक्षेप है, जिसको सर्वप्रथम **रिगोबर्ट बोन** (Rigobert Bonne) ने बनाया था। समक्षेत्र-प्रक्षेप होने के कारण इसे **बोन का समक्षेत्र शांकव प्रक्षेप** भी कहते हैं। इस प्रक्षेप की रचना-विधि एक मानक अक्षांश वाले साधारण शंकु-प्रक्षेप से काफी मिलती-जुलती है। अन्तर केवल इतना है कि एक मानक अक्षांश वाले शंकु-प्रक्षेप में देशान्तर रेखाएँ बनाने के लिये केवल मानक अक्षांश रेखा का विभाजन किया जाता है जबकि बोन प्रक्षेप में देशान्तर रेखाएँ बनाने के लिये समस्त अक्षांश वृत्तों को विभाजित करना आवश्यक है। बोन प्रक्षेप के रेखाजाल की तुलना सैन्सन-फ्लैम्स्टीड के समक्षेत्र प्रक्षेप से की जा सकती है।

प्रश्न [redacted] (3) निम्नलिखित विवरण की सहायता से बोन प्रक्षेप का रेखाजाल खींचिये :



चित्र 7B. बोन प्रक्षेप।

मध्याह्न रेखा पर दो चिह्न N बिन्दु से M बिन्दु की ओर को तथा दो चिह्न N बिन्दु से P′ बिन्दु की ओर को अंकित कीजिये। P′ को केन्द्र मानकर इन चिह्नों से होते हुए संकेन्द्र चाप खींचिये तथा इन पर चित्र की भाँति 15°, 30°, 45°, 60° तथा 75° उत्तर लिखिये। स्मरण रहे P′ बिन्दु ध्रुव नहीं होगा। वस्तुतः यदि हम केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर 75° उत्तरी अक्षांश वृत्त से आगे P′ की ओर को BC के बराबर दूरी पर एक और चिह्न अंकित कर दें तो यह चिह्न प्रक्षेप में उत्तरी ध्रुव को प्रकट करेगा।

देशान्तर रेखाएँ बनाने के लिये 15° अक्षांश वृत्त पर HH′ के अन्तर पर, 30° के अक्षांश वृत्त पर II′ के अन्तर पर, 45° के मानक अक्षांश पर JJ′ के अन्तर पर, 60° के अक्षांश वृत्त पर KK′ के अन्तर पर तथा 75° के अक्षांश वृत्त पर LL′ के अन्तर पर चिह्न लगाइये। प्रत्येक अक्षांश वृत्त पर केन्द्रीय मध्याह्न रेखा के दोनों ओर पाँच-पाँच चिह्न लगाये जायेंगे। अक्षांश वृत्तों के समान क्रमांक वाले चिह्नों को मिलाते हुए देशान्तर रेखाएँ पूर्ण कीजिये तथा प्रत्येक देशान्तर रेखा पर उसका अंशों में मान लिखिये।

पहचान—

(1) समस्त अक्षांश वृत्त शंकु के शीर्ष को केन्द्र मानकर खींचे गये संकेन्द्र वृत्तों के चाप हैं तथा इनके बीच की दूरी समान होती है।

(2) केन्द्रीय मध्याह्न रेखा एक सरल रेखा होती है तथा शेष सभी देशान्तर रेखाओं की आकृति वक्राकार होती है।

(3) समस्त अक्षांश वृत्त केन्द्रीय मध्याह्न रेखा को समकोण पर काटते हैं, परन्तु केन्द्रीय मध्याह्न रेखा से पूर्व अथवा पश्चिम की ओर को दूरी बढ़ने के साथ-साथ अक्षांश वृत्तों तथा देशान्तर रेखाओं के प्रतिच्छेदन (intersections) अधिकाधिक तिरछे होने लगते हैं।

(4) चूँकि इस प्रक्षेप में समस्त अक्षांश वृत्तों की लम्बाई शुद्ध होती है अतः एक या दो मानक अक्षांश वाले शंकु प्रक्षेपों के विपरीत बोन प्रक्षेप में ध्रुव एक बिन्दु द्वारा प्रदर्शित होता है।

(5) अलग-अलग अक्षांश वृत्तों पर देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी समान होती है।

गुणधर्म—

(1) समस्त अक्षांश वृत्तों तथा केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर मापनी शुद्ध होती है।

(2) केन्द्रीय मध्याह्न रेखा से दूरी बढ़ने के साथ-साथ देशान्तर रेखाओं की मापनी भी बढ़ती जाती है, जिसके फलस्वरूप किनारों के समीप स्थित क्षेत्रों की आकृति बहुत विकृत हो जाती है।

(3) चूँकि अक्षांश वृत्तों पर मापनी शुद्ध होती है तथा प्रत्येक अक्षांश वृत्त अपने समीपवर्ती अक्षांश वृत्तों से शुद्ध दूरी पर होता है, अतः इस प्रक्षेप में समक्षेत्रफल का गुण बना रहता है।

(4) इस प्रक्षेप पर अधिक से अधिक एक गोलार्ध को दिखलाया जा सकता है।

उपयोग—मानचित्रावलियों में यूरोप, एशिया, उत्तरी अमेरिका, दक्षिणी अमेरिका, आस्ट्रेलिया तथा अन्य बड़े-बड़े क्षेत्रों के मानचित्र बनाने के लिये बोन प्रक्षेप का काफी प्रयोग किया जाता है। परन्तु कम देशान्तरीय विस्तार वाले क्षेत्रों को प्रदर्शित करने के लिये यह प्रक्षेप विशेष रूप से उपयोगी है। उदाहरणार्थ, यदि केन्द्रीय मध्याह्न रेखा 70° पश्चिम चुन ली जाये तो बोन प्रक्षेप पर चिली का एक आदर्श मानचित्र बन सकता है। इसका कारण यह है कि बोन प्रक्षेप में केन्द्रीय मध्याह्न रेखा के समीप क्षेत्रफल के साथ-साथ आकृति भी काफी सीमा तक शुद्ध रहती है। केन्द्रीय मध्याह्न रेखा से दूर स्थित भागों की आकृति में विकृति बढ़ने के बावजूद मध्य अक्षांशों के वितरण एवं सांख्यिकीय मानचित्रों के लिये इस प्रक्षेप का काफी प्रयोग होता है। इसके अतिरिक्त फ्रांस, स्विट्ज़रलैंड तथा बेल्जियम आदि देशों में इस प्रक्षेप पर स्थलाकृतिक मानचित्र भी बनाये जाते हैं।

Teacher's Signature................

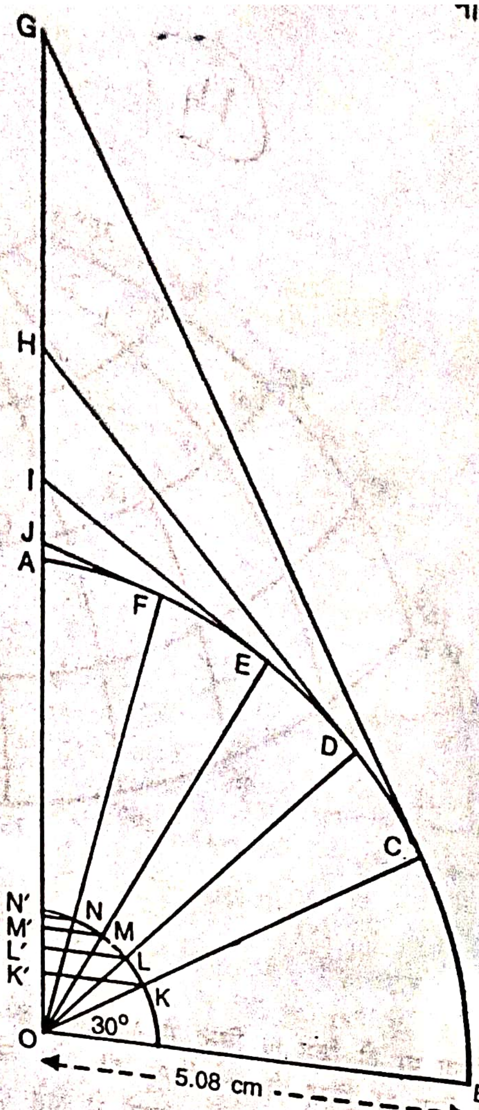
[IV] बहुशंकुक प्रक्षेप
(Polyconic projection)

यह एक संशोधित शंकु-प्रक्षेप है, जिसमें प्रत्येक अक्षांश वृत्त एक मानक अक्षांश होता है। इस प्रक्षेप की रचना करते समय यह कल्पना कर ली जाती है कि प्रक्षेप में प्रदर्शित किये जाने वाले अक्षांश वृत्तों पर अलग-अलग कागज़ के शंकु रखे गये हैं। इसी कारण इस प्रक्षेप को बहुशंकुक प्रक्षेप कहा जाता है। चूँकि इन शंकुओं के शीर्ष एक बिन्दु पर नहीं होते, अतः प्रक्षेप में अक्षांश वृत्त संकेन्द्र वृत्तों के चाप नहीं होते तथा देशान्तर रेखाओं की आकृति वक्राकार होती है। संक्षेप में, बहुशंकुक प्रक्षेप में प्रत्येक अक्षांश वृत्त को उसी प्रकार बनाया जाता है जिस प्रकार एक मानक अक्षांश वाले साधारण शंकु-प्रक्षेप में मानक अक्षांश को बनाते हैं तथा देशान्तर रेखाएँ बनाने की विधि बोन प्रक्षेप के समान है।

प्रश्न:- [redacted] (4) निम्नलिखित विवरण के आधार पर एक बहुशंकुक प्रक्षेप की रचना कीजिये :

मापनी, 1 : 125,000,000 ; अन्तराल, 15°; क्षेत्र का विस्तार, 30° से 75° उत्तर तथा 0° से 180° पूर्व।

रचना-विधि—दी गई मापनी के अनुसार लघुकृत पृथ्वी के गोले का अर्द्धव्यास, अर्थात्

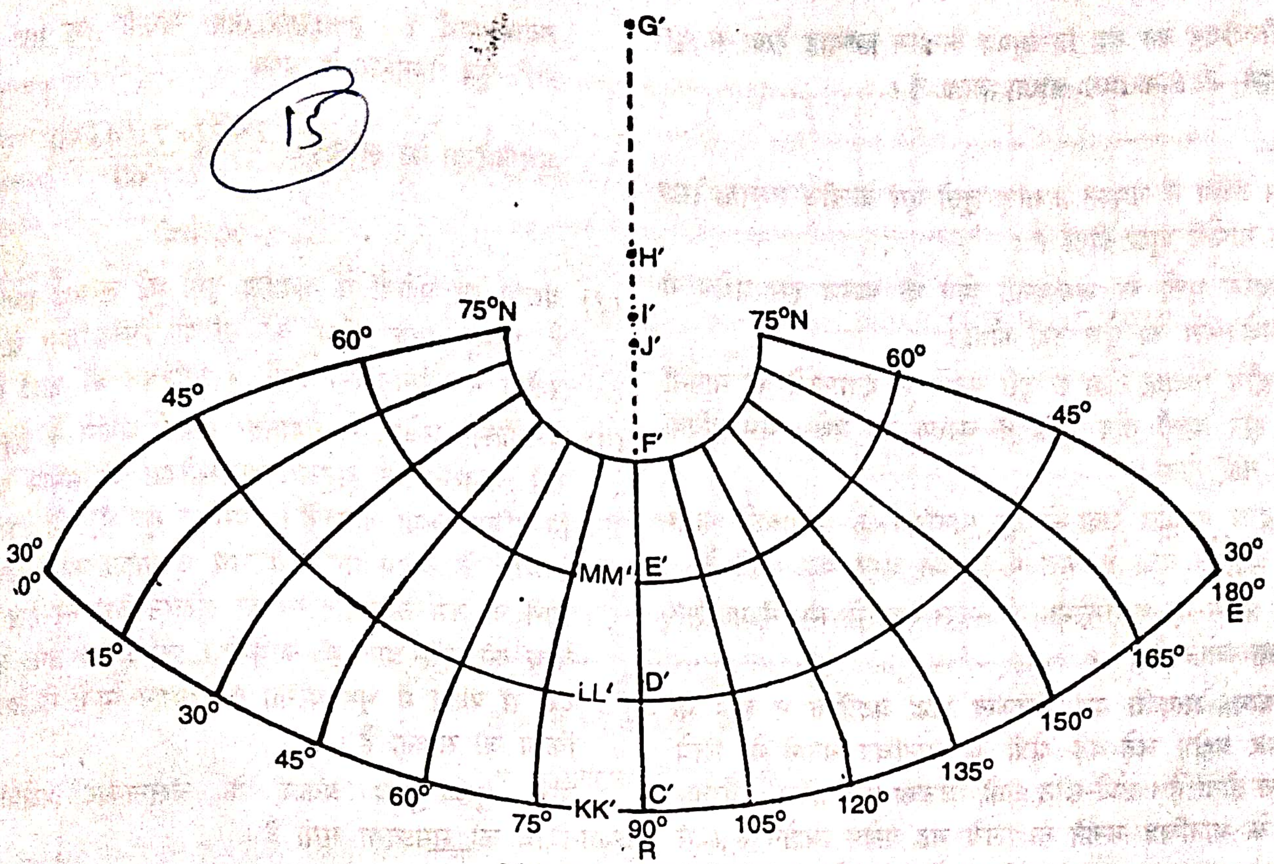


चित्र 8 A

$$R = \frac{635,000,000}{125,000,000} = 5 \cdot 08 \text{ सेमी}$$

चित्र 8A के अनुसार 5·08 सेमी अर्द्धव्यास से वृत्त का चतुर्थांश ABO खींचिये। OB रेखा के O बिन्दु पर 30° का कोण बनाती हुई OC रेखा खींचिये तथा उसके पश्चात् पन्द्रह-पन्द्रह अंश के अन्तर पर OD, OE तथा OF रेखाएँ खींचिये। C, D, E तथा F बिन्दुओं पर स्पर्श रेखाएँ खींचिये जो बढ़ाई गई OA रेखा को क्रमशः G, H, I तथा J बिन्दुओं पर काटती हैं। अब O बिन्दु को केन्द्र मानकर CD अर्द्धव्यास से एक चाप घुमाइये जो OC, OD, OE तथा OF रेखाओं को क्रमशः K, L, M तथा N बिन्दुओं पर काटता है। इन प्रतिच्छेदन बिन्दुओं से OA रेखा पर KK′, LL′, MM′ तथा NN′ लम्ब गिराइये।

अब चित्र 8B के अनुसार एक लम्बवत् सरल रेखा G′R खींचिये। यह सरल रेखा प्रक्षेप में केन्द्रीय मध्याह्न रेखा होगी। 0° से 180° पूर्व देशान्तर तक फैले क्षेत्र को 15° के अन्तराल



चित्र 8 B. बहुशंकुक प्रक्षेप।

पर दिखलाने के लिये कुल 13 देशान्तर रेखाएँ बनाने की आवश्यकता पड़ेगी। चूँकि केन्द्रीय मध्याह्न रेखा के दोनों ओर समान संख्या में देशान्तर रेखाएँ बनाई जाती हैं, अतः स्पष्ट है कि इस प्रक्षेप की केन्द्रीय मध्याह्न रेखा का मान 90° पूर्व देशान्तर होगा। G′ केन्द्र से CG के बराबर अर्द्धव्यास लेकर एक चाप खींचिये, जो केन्द्रीय मध्याह्न रेखा को C′ पर काटता है। यह चाप 30° उत्तर का अक्षांश वृत्त होगा। अब केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर C′ से G′ की ओर को CD दूरी के अन्तर से D′, E′ तथा F′ बिन्दुओं की स्थितियाँ ज्ञात कीजिये। D′, E′ तथा F′ बिन्दुओं से होकर जाने वाले ऐसे वृत्तों के चाप खींचिये जिनके अर्द्धव्यास क्रमशः DH, EI तथा FJ के समान हों। ये चाप क्रमशः 45°, 60° तथा 75° उत्तर के अक्षांश वृत्त होंगे। इस प्रकार स्पष्ट है कि इस प्रक्षेप में भिन्न-भिन्न अक्षांश वृत्त भिन्न-भिन्न केन्द्रों (चित्र में G′, H′, I′ तथा J′) से खींचे जाते हैं।

देशान्तर रेखाएँ बनाने के लिये प्रत्येक अक्षांश वृत्त पर केन्द्रीय मध्याह्न रेखा के दोनों ओर छः-छः चिह्न लगाये जायेंगे। स्मरण रहे 30° के अक्षांश वृत्त पर दो समीपस्थ चिह्नों का अन्तर KK′ के बराबर, 45° के अक्षांश वृत्त पर LL′ के बराबर, 60° के अक्षांश वृत्त पर MM′ के बराबर तथा 75° के अक्षांश वृत्त पर NN′ के बराबर होगा। चित्र के अनुसार अक्षांश वृत्तों पर इस प्रकार अंकित समान क्रमांक वाले चिह्नों को मिलाते हुए देशान्तर रेखाएँ खींचिये तथा प्रत्येक देशान्तर रेखा पर उसका अंशों में मान लिखिये।

पहचान—

(1) भिन्न-भिन्न बिन्दुओं को केन्द्र मान कर खींचे गये वृत्तों के भाग होने के कारण अक्षांश वृत्त असंकेन्द्री चाप होते हैं किन्तु प्रक्षेप में भूमध्यरेखा सरल रेखा होती है।

(2) केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर अक्षांश वृत्तों के बीच की दूरी समान होती है परन्तु इस रेखा के पूर्व अथवा पश्चिम की ओर अक्षांश वृत्तों के बीच का अन्तर निरन्तर बढ़ता जाता है।

(3) केन्द्रीय मध्याह्न रेखा सरल रेखा होती है तथा शेष देशान्तर रेखाओं की आकृति वक्राकार होती है।

(4) केन्द्रीय मध्याह्न रेखा अक्षांश वृत्तों को समकोण पर काटती है जबकि शेष देशान्तर रेखाएँ अक्षांश वृत्तों को तिरछा काटती हैं। अक्षांश वृत्तों तथा देशान्तर रेखाओं के

प्रतिच्छेदन का यह तिरछापन केन्द्रीय मध्याह्न रेखा से दूरी बढ़ने के साथ-साथ बढ़ता जाता है।

गुणधर्म—

(1) इस प्रक्षेप में समस्त अक्षांश वृत्तों एवं केन्द्रीय मध्याह्न रेखा पर मापनी शुद्ध होती है।

(2) अक्षांश वृत्तों के असंकेन्द्री होने के कारण इस प्रक्षेप में समक्षेत्रफल का गुण नहीं होता।

(3) केन्द्रीय मध्याह्न रेखा से दूरी बढ़ने पर देशान्तरों की मापनी में होने वाली तीव्र वृद्धि के कारण यह प्रक्षेप यथाकृतिक भी नहीं होता।

(4) केन्द्रीय मध्याह्न रेखा से दूर मानचित्र के सीमावर्ती भागों में आकृति तथा क्षेत्रफल में विकृति बहुत बढ़ जाती है।

(5) इस प्रक्षेप पर भूमध्यरेखा को सरल रेखा के रूप में प्रदर्शित किया जाता है।

उपयोग—आकृति एवं क्षेत्रफल शुद्ध प्रदर्शित न होने के कारण यह प्रक्षेप बड़े-बड़े क्षेत्रों के मानचित्र बनाने के लिये अनुपयुक्त होता है। छोटे-छोटे क्षेत्रों, जिनका पूर्व-पश्चिम विस्तार कम हो, के मानचित्र बनाने के लिये यह प्रक्षेप विशेष रूप से उपयोगी है। संयुक्त राज्य अमेरिका में इस प्रक्षेप पर विभिन्न प्रकार के स्थलाकृतिक मानचित्र बनाये जाते हैं।

Teacher's Signature..............

बेलनाकार प्रक्षेप
(Cylindrical Projections)

बेलनाकार प्रक्षेपों की रचना के सम्बन्ध में निम्नलिखित बातें विशेष उल्लेखनीय हैं :

(1) बेलनाकार प्रक्षेपों में भूमध्यरेखा सहित समस्त अक्षांश वृत्तों की लम्बाई एक समान होती है अतः भूमध्यरेखा की लम्बाई को निम्नलिखित सूत्र की सहायता से ज्ञात करके, अन्य अक्षांश वृत्तों को उसके बराबर लम्बाई वाले बना देते हैं :

भूमध्यरेखा की लम्बाई $= 2\pi R$

इस सूत्र में π का अर्थ 22/7 तथा R का अर्थ दी गई मापनी पर लघुकृत पृथ्वी के गोले का अर्द्धव्यास है। इस सूत्र को हल करने पर भूमध्यरेखा की पूरी लम्बाई ज्ञात होती है। यदि दो दिये गये देशान्तरों के मध्य भूमध्यरेखा की लम्बाई ज्ञात करनी हो तो उपरोक्त सूत्र को निम्नलिखित ढंग से लिखा जाता है :

दो देशान्तरों के मध्य भूमध्यरेखा की लम्बाई

$$= 2\pi R \times \frac{\text{देशान्तरीय विस्तार (अंशों में)}}{\text{पृथ्वी की परिधि (अंशों में)}}$$

उदाहरणार्थ, 1 : 250,000,000 मापनी पर 10° प० से 80° पूर्व देशान्तर के मध्य,

$$\text{भूमध्यरेखा की लम्बाई} = \frac{2\times 22\times 2\cdot 54\times 90}{7\times 360}$$

$$= 3\cdot 99 \text{ सेमी}$$

(2) यद्यपि इन प्रक्षेपों में अक्षांश वृत्तों की लम्बाई समान होती है, परन्तु उनके बीच की दूरियाँ भिन्न-भिन्न बेलनाकार प्रक्षेपों में भिन्न-भिन्न ढंगों से निश्चित की जाती हैं।

(3) बेलनाकार प्रक्षेपों में देशान्तर रेखाएँ बनाने के लिये दिये गये अन्तराल के अनुसार भूमध्यरेखा को समान भागों में विभाजित किया जाता है। उपरोक्त सूत्र में, यदि देशान्तरीय विस्तार के स्थान पर दिये गये अन्तराल को लिख दिया जाये तो उस अन्तराल पर दो संलग्न देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी ज्ञात हो जायेगी। इस प्रकार ज्ञात की गई दूरी से प्रक्षेप में भूमध्यरेखा को समान भागों में विभाजित किया जा सकता है।

नीचे मुख्य-मुख्य प्रकार के बेलनाकार प्रक्षेपों की रचना-विधि को समझाया गया है।

[I] सामान्य अथवा समदूरस्थ बेलनाकार प्रक्षेप
(Simple or cylindrical equidistant projection)

इस प्रक्षेप में अक्षांश वृत्त एवं देशान्तर रेखाएँ परस्पर समान दूरी के अन्तर पर बनायी जाती हैं। अतः इसे समदूरस्थ बेलनाकार या **प्लेट कैरी** (Plate Carree) प्रक्षेप नाम से पुकारा जाता है। इस प्रक्षेप की रचना-विधि अत्यन्त सरल है।

प्रश्न (5) 1 : 300,000,000 मापनी एवं 15° अन्तराल पर संसार का मानचित्र बनाने के लिये एक समदूरस्थ बेलनाकार प्रक्षेप बनाइये।

रचना-विधि—प्रश्न के अनुसार,

(i) पृथ्वी के लघुकृत गोले का अर्द्धव्यास, अर्थात्

$$R = \frac{635,000,000}{300,000,000} = 2\cdot 1 \text{ सेमी}$$

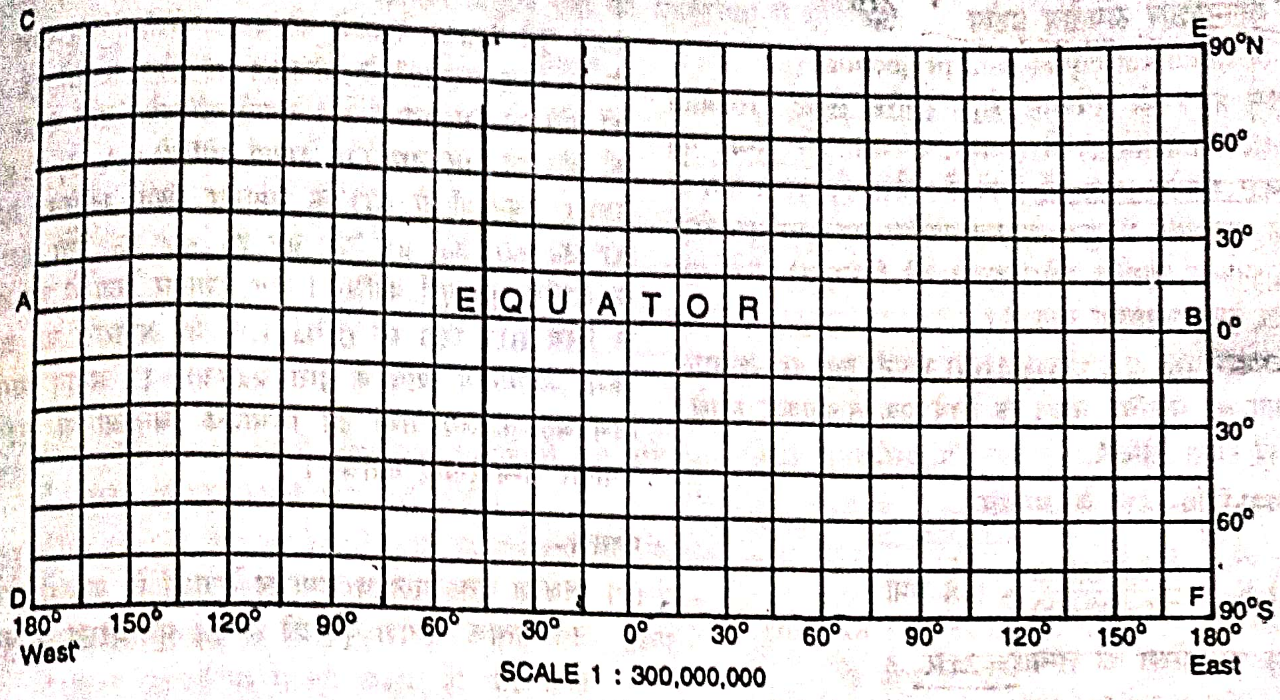
(ii) भूमध्यरेखा की लम्बाई $= 2\pi R$

$$= \frac{2\times 22\times 2\cdot 1}{7} = 13\cdot 2 \text{ सेमी}$$

(iii) दो देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी

$$= \frac{2\pi R\times \text{अन्तराल (अंश)}}{360}$$

$$= \frac{13\cdot 2\times 15}{360} = 0\cdot 55 \text{ सेमी}$$



चित्र 9. समदूरस्थ बेलनाकार प्रक्षेप।

उपरोक्त गणना कार्य पूर्ण करने के पश्चात् 13·2 सेमी लम्बी AB सरल रेखा खींचिये (चित्र 9)। यह रेखा प्रक्षेप में भूमध्यरेखा होगी। इस रेखा के A बिन्दु पर CD तथा B बिन्दु पर EF लम्ब उठाइये। अब ज्यामितीय विधि से अथवा 0·55 सेमी की दूरी परकार में भर कर AB रेखा को 24 समान भागों में विभाजित कीजिये तथा इन विभाजक बिन्दुओं से CD की तरह भूमध्यरेखा के दोनों ओर लम्ब रेखाएँ खींचिये। ये लम्ब रेखाएँ प्रक्षेप में देशान्तरों को प्रकट करेंगी। A बिन्दु के दोनों ओर CD रेखा पर 0·55 सेमी के अन्तर पर छः-छः चिह्न लगाइये तथा इन चिह्नों से भूमध्यरेखा के समान्तर रेखाएँ खींचकर अक्षांश वृत्त पूर्ण कीजिये।

पहचान—

(1) अक्षांश वृत्त एवं देशान्तर रेखाएँ एक समान दूरी पर बनी होने के कारण यह प्रक्षेप वर्गों के द्वारा निर्मित एक रेखाजाल के समान होता है।

(2) प्रत्येक अक्षांश वृत्त की लम्बाई भूमध्यरेखा के बराबर होती है। समस्त अक्षांश वृत्त सरल एवं समान्तर रेखाओं की तरह होते हैं।

(3) देशान्तर रेखाएँ भी सरल एवं समान्तर होती हैं तथा ये अक्षांश वृत्तों को समकोण पर काटती हैं।

(4) प्रक्षेप में प्रत्येक देशान्तर रेखा की लम्बाई भूमध्यरेखा की आधी होती है।

गुणधर्म—

(1) प्रक्षेप में समस्त अक्षांश वृत्त भूमध्यरेखा से सही दूरी पर बने होते हैं, अतः प्रत्येक देशान्तर पर मापनी शुद्ध होती है।

(2) भूमध्यरेखा, जहाँ कागज़ का बेलन ग्लोब को स्पर्श करता है, पर मापनी शुद्ध होती है।

(3) भूमध्यरेखा को छोड़कर शेष सभी अक्षांश वृत्त अपनी वास्तविक लम्बाई से बड़े होते हैं अतः उन पर मापनी अशुद्ध होती है। अक्षांश वृत्तों पर मापनी की अशुद्धता भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर को बढ़ती जाती है अर्थात् निम्न अक्षांशों की तुलना में उच्च अक्षांशों पर मापनी अधिक अशुद्ध होती है।

(4) प्रक्षेप में ध्रुवों को भूमध्यरेखा के बराबर लम्बी रेखाओं के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है, जिससे अक्षांश वृत्तों पर मापनी अशुद्ध होने का सहज अनुमान लगाया जा सकता है।

उपयोग—यह प्रक्षेप न तो यथाकृतिक है और न ही इसमें समक्षेत्र का गुण है। प्रक्षेप में भूमध्यरेखा के समीप आकृति एवं क्षेत्रफल कुछ-कुछ सही प्रदर्शित हो जाते हैं अतः भूमध्यरेखीय क्षेत्रों के मानचित्र बनाने के लिये इस प्रक्षेप का सीमित प्रयोग होता है। उच्च अक्षांशों में स्थित क्षेत्रों अथवा संसार के मानचित्र बनाने के लिये यह प्रक्षेप उपयोगी नहीं है।

(4) बेलनाकार समक्षेत्र प्रक्षेप
(Cylindrical equal-area projection)

इस प्रक्षेप को सर्वप्रथम जोहन हेनरिच लैम्बर्ट (Johann Heinrich Lambert) ने बनाया था अतः इसे लैम्बर्ट का बेलनाकार समक्षेत्र प्रक्षेप भी कहते हैं। जैसा कि इसके नाम से स्पष्ट है, इस प्रक्षेप में शुद्ध क्षेत्रफल प्रदर्शित करने का गुण होता है। बेलनाकार समक्षेत्र प्रक्षेप बनाने की विधि को नीचे एक उदाहरण देकर समझाया गया है।

प्रश्न (6) 1 : 350,000,000 मापनी एवं 30° अन्तराल पर संसार का मानचित्र बनाने के लिये एक बेलनाकार समक्षेत्र प्रक्षेप की रचना कीजिये।

रचना-विधि—प्रश्न के अनुसार,

(i) $R = \frac{635,000,000}{350,000,000} = 1 \cdot 8$ सेमी

(ii) भूमध्यरेखा की लम्बाई $= 2\pi R$

$$= \frac{2 \times 22 \times 1 \cdot 8}{7} = 11 \cdot 3 \text{ सेमी तथा}$$

(iii) दो संलग्न देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी

$$= 11 \cdot 3 \times \frac{30}{360} = 0 \cdot 94 \text{ सेमी।}$$

प्रक्षेप बनाने के लिये किसी बिन्दु O को केन्द्र मानकर 1·8 सेमी अर्द्धव्यास से वृत्त का आधा भाग ABC बनाइये जिसमें AC रेखा वृत्त का ध्रुवीय व्यास है (चित्र 10)। O तथा B बिन्दुओं को मिलाते हुए आगे बढ़ाइये तथा इस बढ़ाई गई रेखा में 11·3 सेमी (अर्थात् भूमध्यरेखा) के बराबर BD रेखा काटिये। B बिन्दु पर EF तथा D बिन्दु पर GH लम्ब खींचिये। ये लम्ब रेखाएँ प्रक्षेप में क्रमशः 180° पश्चिम तथा 180° पूर्व देशान्तर रेखाओं को प्रकट करेंगी। अब OB रेखा के O बिन्दु पर 30° के अन्तराल पर कोण बनाती हुई ऊपर की ओर को OI तथा OJ रेखाएँ खींचिये। इसी प्रकार नीचे की ओर को OK तथा OL रेखाएँ खींचिये। A, J, I, K, L तथा C बिन्दुओं से BD के समान्तर रेखाएँ खींचकर क्रमशः 90° उ०, 60° उ०, 30° उ०, 30° द०, 60° द० तथा 90° द० के अक्षांश वृत्त पूर्ण कीजिये। शेष देशान्तर रेखाओं को बनाने के लिये BD रेखा को 0·94 सेमी के अन्तराल पर अथवा किसी ज्यामितीय विधि के द्वारा 360/30 = 12 समान भागों में विभाजित कीजिये तथा इन विभाजक बिन्दुओं से EF के समान्तर लम्ब रेखाएँ खींचिये।

पहचान—

(1) अक्षांश वृत्त सरल व समान्तर रेखाओं के रूप में होते हैं तथा प्रत्येक अक्षांश वृत्त की लम्बाई भूमध्यरेखा के बराबर होती है।

(2) अक्षांश वृत्तों के बीच की दूरी भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर को कम होती जाती है।

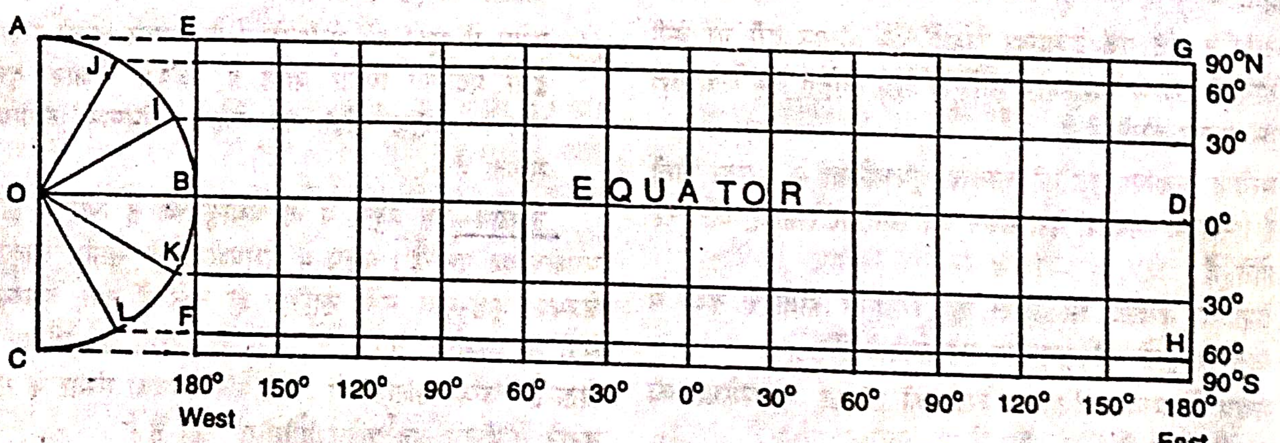
(3) देशान्तर रेखाएँ भी सरल एवं परस्पर समान्तर होती हैं, परन्तु इनके बीच की दूरी एक समान होती है।

(4) अक्षांश वृत्त तथा देशान्तर रेखाएँ एक दूसरे को समकोण पर काटती हैं।

(5) ध्रुव, जो ग्लोब पर एक बिन्दु होता है, इस प्रक्षेप में भूमध्यरेखा के बराबर लम्बी सरल रेखा के द्वारा प्रदर्शित होता है।

गुणधर्म—

(1) भूमध्यरेखा अपनी वास्तविक लम्बाई के बराबर होती है। अतः भूमध्यरेखा पर मापनी शुद्ध रहती है।



चित्र 10. बेलनाकार समक्षेत्र प्रक्षेप।

(17)

सारणी 1

विभिन्न अक्षांश वृत्तों की भूमध्यरेखा से दूरी

अक्षांश	दूरी	अक्षांश	दूरी	अक्षांश	दूरी
5°	0·087×R	35°	0·652×R	65°	1·505×R
10°	0·175×R	40°	0·763×R	70°	1·735×R
15°	0·265×R	45°	0·880×R	75°	2·025×R
20°	0·356×R	50°	1·010×R	80°	2·436×R
25°	0·450×R	55°	1·154×R	85°	3·131×R
30°	0·549×R	60°	1·317×R	90°	अनन्त

(R=दी गई मापनी पर पृथ्वी के लघुकृत गोले का अर्द्धव्यास)

(2) अन्य अक्षांश वृत्त अपनी वास्तविक लम्बाई से बड़े होते हैं। अतः उन पर मापनी शुद्ध नहीं होती।

(3) चूँकि प्रक्षेप में देशान्तर रेखाएँ पृथ्वी के लघुकृत गोले के ध्रुवीय व्यास के बराबर बनायी जाती हैं अतः वे अपनी वास्तविक लम्बाई से छोटी होती हैं। इसके फलस्वरूप देशान्तर रेखाओं पर मापनी अशुद्ध हो जाती है।

(4) यह एक समक्षेत्र प्रक्षेप है, परन्तु भूमध्यरेखा से दूर जाने पर क्षेत्रों की आकृति बहुत विकृत हो जाती है।

उपयोग—यद्यपि इस प्रक्षेप पर कभी-कभी संसार के वितरण मानचित्र बनाये जाते हैं, परन्तु भूमध्यरेखा के निकटवर्ती क्षेत्रों के वितरण मानचित्रों के लिये यह प्रक्षेप विशेष रूप से उपयोगी है।

[III] मर्केटर अथवा बेलनाकार यथाकृतिक प्रक्षेप
(Mercator's or cylindrical orthomorphic projection)

इस प्रक्षेप को सर्वप्रथम 1559 में गिरारडस मर्केटर (Gerardus Mercator) नामक एक डच मानचित्रकार ने बनाया था जिसकी वजह से यह मर्केटर प्रक्षेप नाम से पुकारा जाता है। यह एक यथाकृतिक प्रक्षेप है, जिसका नौसंचालन चार्टों (navigation charts) की रचना में सर्वाधिक प्रयोग होता है।

मर्केटर प्रक्षेप में विभिन्न अक्षांश वृत्तों की भूमध्यरेखा से दूरियों को सारणी 1 की सहायता से ज्ञात करते हैं तथा प्रक्षेप में देशान्तर रेखाएँ बनाने की विधि अन्य बेलनाकार प्रक्षेपों में प्रयुक्त विधि के समान होती है।

[redacted] (7) 1 : 300,000,000 मापनी पर संसार का मानचित्र बनाने के लिये बेलनाकार यथाकृतिक अथवा मर्केटर प्रक्षेप की रचना कीजिये। प्रक्षेप में अन्तराल 20° है।

रचना-विधि—प्रश्न के अनुसार,

(i) $R = \frac{635,000,000}{300,000,000} = 2\cdot1$ सेमी

(ii) भूमध्यरेखा की लम्बाई $= 2\pi R$

$= \frac{2\times22\times2\cdot1}{7} = 13\cdot2$ सेमी

(iii) दिये गये अन्तराल पर दो संलग्न देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी,

$= \frac{2\pi R \times 20}{360} = \frac{13\cdot2\times20}{360}$

$= 0\cdot73$ सेमी।

चित्र 11 के अनुसार, 13·2 सेमी लम्बी AB भूमध्यरेखा खींचिये। AB रेखा के A बिन्दु पर CD तथा B बिन्दु पर EF लम्ब खींचिये। प्रक्षेप में दिये हुए अन्तराल पर 20°, 40°, 60° व 80° उत्तरी व दक्षिणी अक्षांश वृत्त बनेंगे। इन अक्षांश वृत्तों की भूमध्यरेखा से दूरियों को सारणी 1 की सहायता से निम्न प्रकार ज्ञात किया जायेगा :

(i) 20° अक्षांश वृत्त की भूमध्यरेखा से दूरी,

$= 0\cdot356\times R = 0\cdot356\times2\cdot1$

$= 0\cdot75$ सेमी

(ii) 40° अक्षांश वृत्त की भूमध्यरेखा से दूरी,

$= 0\cdot763\times R = 0\cdot763\times2\cdot1$

$= 1\cdot6$ सेमी

(iii) 60° अक्षांश वृत्त की भूमध्यरेखा से दूरी,

$= 1\cdot317\times R = 1\cdot317\times2\cdot1$

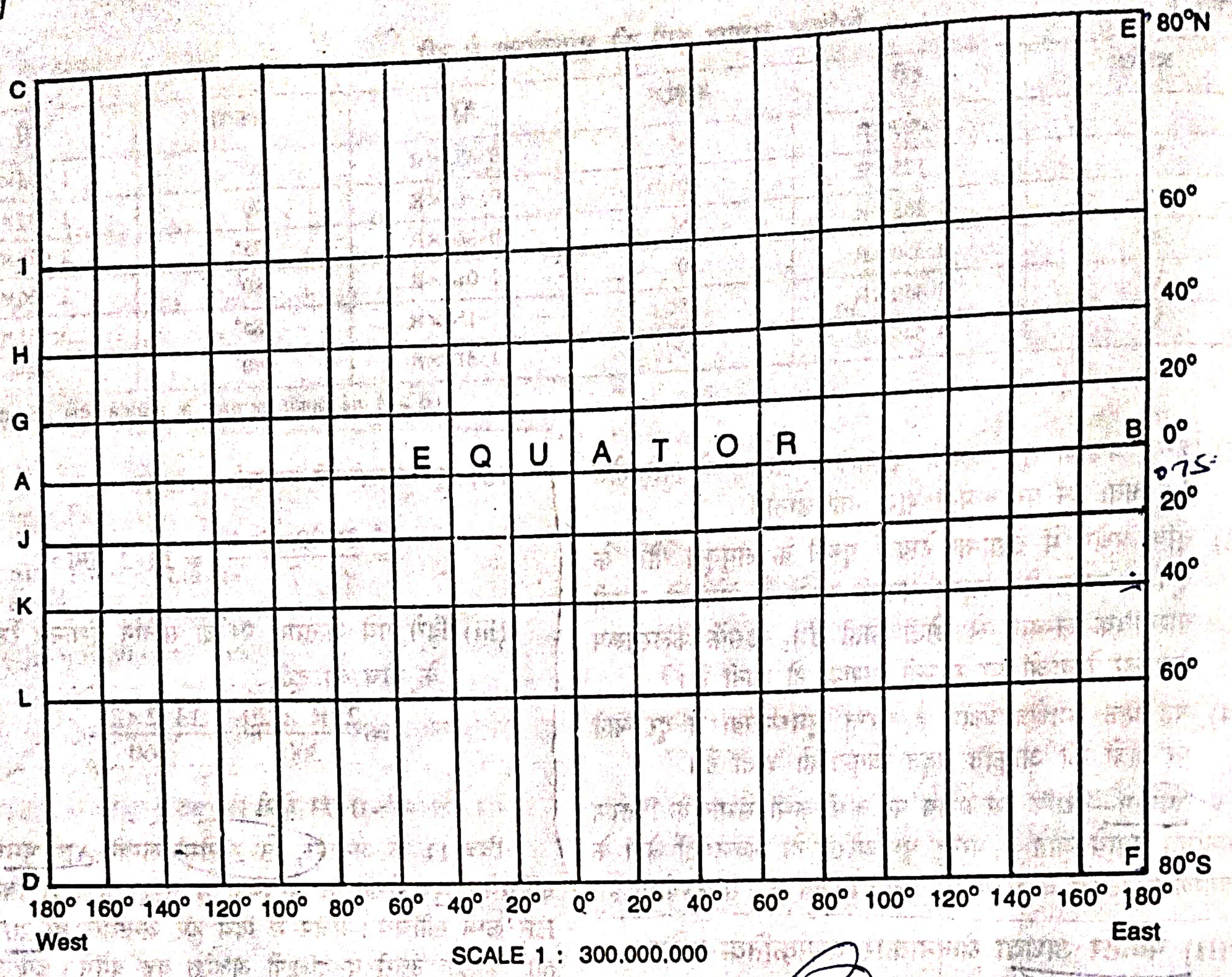
$= 2\cdot76$ सेमी

(iv) 80° अक्षांश वृत्त की भूमध्यरेखा से दूरी,

$= 2\cdot436\times R = 2\cdot436\times2\cdot1$

$= 5\cdot1$ सेमी

अब A बिन्दु से 0·75, 1·6, 2·76 तथा 5·1 सेमी की दूरी पर AC रेखा में क्रमशः G, H, I तथा C बिन्दु तथा AD



चित्र 11. मर्केटर प्रक्षेप।

रेखा में क्रमशः J, K, L तथा D बिन्दु अंकित कीजिये। इस प्रकार अंकित इन बिन्दुओं से AB के समान्तर रेखाएँ खींचकर 20°, 40°, 60° व 80° के उत्तरी तथा दक्षिणी अक्षांश वृत्तों को पूर्ण कीजिये। 20° के अन्तराल पर शेष देशान्तर रेखाएँ बनाने के लिये 0·73 सेमी के अन्तर पर अथवा किसी ज्यामितीय विधि के द्वारा AB रेखा को 360/20 = 18 समान भागों में विभाजित करके लम्ब रेखाएँ खींचिये।

पहचान—

(1) अक्षांश वृत्त सरल, परस्पर बराबर एवं समान्तर रेखाओं की तरह होते हैं।

(2) देशान्तर रेखाएँ भी सरल, परस्पर बराबर एवं समान्तर होती हैं।

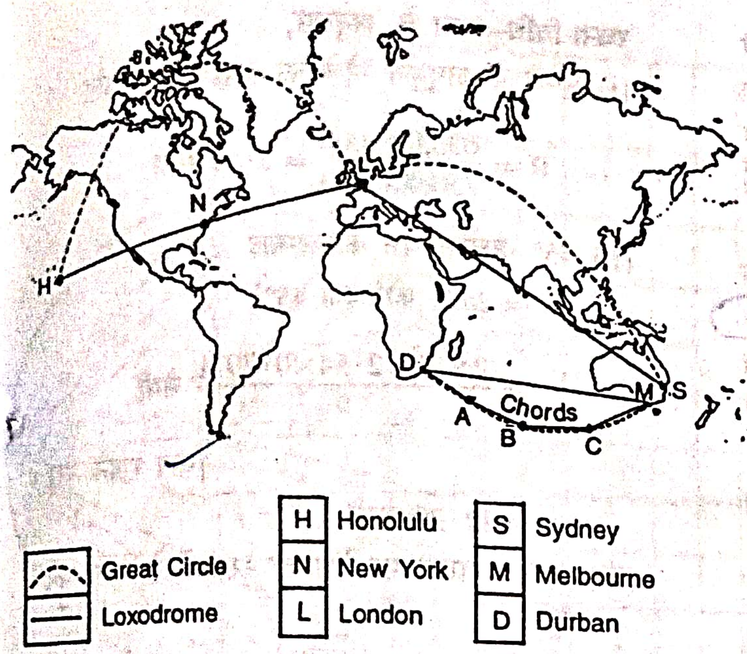
(3) अक्षांश वृत्त तथा देशान्तर रेखाएँ एक दूसरे को समकोण पर काटती हैं।

(4) देशान्तर रेखाएँ समान दूरी के अन्तर पर बनी होती हैं, परन्तु अक्षांश वृत्तों के बीच की दूरी भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर को निरन्तर बढ़ती जाती है।

गुणधर्म—

(1) भूमध्यरेखा पर मापनी शुद्ध होती है। अन्य अक्षांश वृत्तों पर मापनी बढ़ी हुई होती है क्योंकि वे प्रक्षेप में भूमध्यरेखा के समान लम्बाई वाले बनाये जाते हैं।

(2) जिस अनुपात में भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर को अक्षांश वृत्तों के सहारे पूर्व-पश्चिम दिशा में मापनी में वृद्धि होती है, ठीक उसी अनुपात में ध्रुवों की ओर को देशान्तर रेखाओं के सहारे उत्तर-दक्षिण दिशा में मापनी बढ़ती है। इस गुण के फलस्वरूप मर्केटर प्रक्षेप में उन समस्त बिन्दुओं पर, जहाँ अक्षांश वृत्त तथा देशान्तर रेखाएँ एक दूसरे को काटती हैं, प्रत्येक दिशा में मापनी एक समान होती है। अतः यह एक यथाकृतिक प्रक्षेप है।



चित्र 12. बृहत् वृत्त तथा एकदिश नौपथ।

(3) चूँकि प्रक्षेप में अक्षांश वृत्त तथा देशान्तर रेखाएँ एक दूसरे को समकोण पर काटती हैं, अतः मर्केटर प्रक्षेप पर खींची गई प्रत्येक सरल रेखा समस्त अक्षांश वृत्तों को एक नियत कोण (constant angle) पर काटती है। इसी प्रकार किसी सरल रेखा का देशान्तर रेखाओं के साथ बनने वाला कोण भी नियत होता है। मर्केटर प्रक्षेप पर दो स्थानों को मिलाने वाली ऐसी सरल रेखा को **एकदिश नौपथ** (rhumb line or loxodrome) कहते हैं (चित्र 12)। चूँकि मर्केटर प्रक्षेप में देशान्तर रेखाओं की दिशा भौगोलिक उत्तर-दक्षिण होती है, अतः उन्हें काटने वाली प्रत्येक सरल रेखा या एकदिश नौपथ एक नियत दिक्मान (constant bearing) वाली रेखा होती है। अन्य बेलनाकार प्रक्षेपों में देशान्तर रेखाओं तथा अक्षांश वृत्तों की आकृति बहुत कुछ मर्केटर प्रक्षेप की तरह होती है, परन्तु उनमें शुद्ध दिशा प्रदर्शित करने का यह गुण नहीं होता। शुद्ध-दिशा के इस गुण के कारण नौसंचालन में इस प्रक्षेप का बहुत प्रयोग होता है।

(4) यद्यपि यह एक यथाकृतिक एवं शुद्ध-दिशा प्रक्षेप है, परन्तु इसमें भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर को क्षेत्रफल में काफी वृद्धि होने लगती है। उदाहरणार्थ, ग्रीनलैण्ड का क्षेत्रफल दक्षिणी अमेरिका के क्षेत्रफल का लगभग 1/10 भाग है, परन्तु इस प्रक्षेप पर दक्षिणी अमेरिका की तुलना में ग्रीनलैण्ड का आकार बहुत बड़ा दिखलाई पड़ता है।

(5) इस प्रक्षेप पर ध्रुवों को प्रदर्शित करना सम्भव नहीं है।

उपयोग—ग्लोब पर किन्हीं दो बिन्दुओं के बीच की न्यूनतम दूरी को उन बिन्दुओं से होकर जाने वाले बृहत् वृत्त (great circle) के सहारे मापकर ज्ञात किया जाता है। मर्केटर प्रक्षेप पर बृहत् वृत्तों की आकृति वक्राकार होती है। ये वक्र उत्तरी गोलार्ध में उत्तर की ओर तथा दक्षिणी गोलार्ध में दक्षिण की ओर झुके होते हैं। अतः स्पष्ट है कि प्रक्षेप पर अंकित यदि कोई बृहत् वृत्त किसी देशान्तर रेखा अथवा भूमध्यरेखा का भाग नहीं है तो उसके सहारे-सहारे नौसंचालन करने के लिये किसी नाविक को प्रति क्षण अपने पोत की दिशा में परिवर्तन करना होगा, जो अत्यन्त कठिन कार्य है। इस कठिनाई को दूर करने के लिये मर्केटर प्रक्षेप पर अंकित किसी बृहत् वृत्त की आवश्यक संख्या में जीवाएँ (chords) खींच दी जाती हैं। सरल रेखाओं के रूप में होने के कारण मर्केटर प्रक्षेप पर बृहत् वृत्त की प्रत्येक जीवा एक नियत दिक्मान वाली रेखा या एकदिश नौपथ (loxodrome) बन जाती है। अतः इन जीवाओं के सहारे नौसंचालन करने में नाविकों को केवल उन्हीं बिन्दुओं पर अपने पोत की दिशा में परिवर्तन करने की आवश्यकता होती है, जहाँ दो जीवाएँ एक-दूसरे से मिलती हैं। उदाहरणार्थ, चित्र 12 में डर्बन तथा मैलबोर्न से होकर जाने वाले बृहत् वृत्त की DA, AB, BC तथा CM चार जीवाएँ प्रदर्शित की गई हैं। मर्केटर प्रक्षेप होने के कारण इनसे प्रत्येक जीवा एक एकदिश नौपथ है। अतः डर्बन से मैलबोर्न जाते समय केवल A, B तथा C बिन्दुओं पर पोत की दिशा में परिवर्तन करना पर्याप्त होगा। यद्यपि नौसंचालन में जीवाओं के अनुसरण से बृहत् वृत्त की तुलना में थोड़ी अधिक दूरी तय करनी पड़ती है, तथापि निरन्तर दिशा बदलते रहने की समस्या दूर हो जाने से नौसंचालन कार्य निश्चित रूप से सरल हो जाता है।

नौसंचालन के अतिरिक्त पवनों की दिशा अथवा महासागरीय धाराओं को प्रदर्शित करने के लिये भी यह प्रक्षेप परम उपयोगी है। संक्षेप में, शुद्ध आकृति एवं शुद्ध दिशा प्रदर्शित करने के उद्देश्य से बनाये जाने वाले लगभग समस्त मानचित्रों के लिये मर्केटर प्रक्षेप का उपयोग किया जाता है।

उच्च अक्षांशों में क्षेत्रफल बहुत अधिक बढ़ जाने के कारण भूमध्यरेखीय क्षेत्रों को छोड़कर शेष स्थलीय भागों के वितरण मानचित्रों के लिये यह प्रक्षेप अनुपयुक्त होता है। यद्यपि इस प्रक्षेप पर संसार के राजनीतिक मानचित्र बनाये जाते हैं, परन्तु उन मानचित्रों के बनाने का मूल उद्देश्य यूरोप महाद्वीप के छोटे-छोटे देशों को बड़ा करके दिखलाना है।

[IV] गॉल का त्रिविम प्रक्षेप

(Gall's stereographic projection)

यह एक संशोधित बेलनाकार प्रक्षेप है, जिसकी रचना निम्नलिखित तीन कल्पनाओं के आधार पर की जाती है :

प्रथम, इस प्रक्षेप में कागज़ का बेलन अन्य बेलनाकार प्रक्षेपों की तरह ग्लोब को भूमध्यरेखा पर स्पर्श नहीं करता अपितु

वह ग्लोब को 45° उत्तर व 45° दक्षिण के अक्षांश वृत्तों के सहारे काटता हुआ माना जाता है। अतः गॉल प्रक्षेप में भूमध्यरेखा सहित प्रत्येक अक्षांश वृत्त को 45° के अक्षांश वृत्त के बराबर लम्बाई वाला बनाया जाता है। 45° अक्षांश वृत्त की लम्बाई ज्ञात करने के निम्नांकित दो सूत्र हैं :

प्रथम सूत्र—45° अक्षांश वृत्त की लम्बाई = 2π R कोटिज्या 45°। सारणी के अनुसार कोटिज्या 45° का मान 0·7071 होता है। अतः स्पष्ट है कि दी गई मापनी पर निकाली गई भूमध्यरेखा की लम्बाई में 0·7071 की गुणा करके 45° अक्षांश वृत्त की लम्बाई ज्ञात की जा सकती है (उदाहरण 8 देखिये)।

द्वितीय सूत्र—45° अक्षांश वृत्त की लम्बाई ज्ञात करने का एक अन्य अपेक्षाकृत सरल सूत्र निम्नलिखित है :

45° अक्षांश वृत्त की लम्बाई = $2\pi r$

उपरोक्त सूत्र में r का मान प्रक्षेप में मापकर (चित्र 13 में OG रेखा की लम्बाई) लिखा जाता है। उदाहरणार्थ, चित्र 13 में OG रेखा की लम्बाई 1·8 सेमी है। अतः सूत्र के अनुसार,

45° अक्षांश वृत्त की लम्बाई

$$= 2\pi r$$

$$= \frac{2 \times 22 \times 1 \cdot 8}{7} \quad (\because r = 1 \cdot 8 \text{ सेमी})$$

$$= 11 \cdot 3 \text{ सेमी}$$

इस प्रकार गॉल प्रक्षेप में अक्षांश वृत्तों की लम्बाई, उसी मापनी पर बनाये गये किसी अन्य बेलनाकार प्रक्षेप के अक्षांश वृत्तों की लम्बाई से 0·7071 गुनी छोटी होती है।

द्वितीय, गॉल प्रक्षेप में अक्षांश वृत्तों के बीच की दूरी त्रिविम विधि (stereographically) से ज्ञात की जाती है। इस विधि में ग्लोब के भूमध्यरेखीय व्यास के विपरीत सिरे पर प्रकाश स्रोत की कल्पना करके अक्षांश वृत्तों को बेलन पर प्रक्षेपित किया जाता है।

तृतीय, गॉल प्रक्षेप में 45° अक्षांश वृत्त को दिये गये अन्तराल के अनुसार समान भागों में बाँटकर देशान्तर रेखाएँ खींची जाती हैं, अर्थात् दो संलग्न देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी,

$$= \frac{45° \text{ अक्षांश वृत्त की लम्बाई} \times \text{अन्तराल}}{360}$$

प्रश्न — (8) 1 : 250,000,000 मापनी पर संसार का मानचित्र बनाने के लिये एक गॉल प्रक्षेप की रचना कीजिये। प्रक्षेप में अन्तराल 15° है।

रचना-विधि—प्रश्न के अनुसार,

(i) पृथ्वी के लघुकृत गोले का अर्द्धव्यास अर्थात्

$$R = \frac{635,000,000}{250,000,000} = 2 \cdot 54 \text{ सेमी}$$

(ii) 45° अक्षांश वृत्त की लम्बाई

$$= 2\pi R \text{ कोटिज्या } 45°$$

$$= \frac{2 \times 22 \times 2 \cdot 54 \times 0 \cdot 7071}{7} \text{ सेमी}$$

[मान रखने पर]

$$= 11 \cdot 29 \text{ सेमी}$$

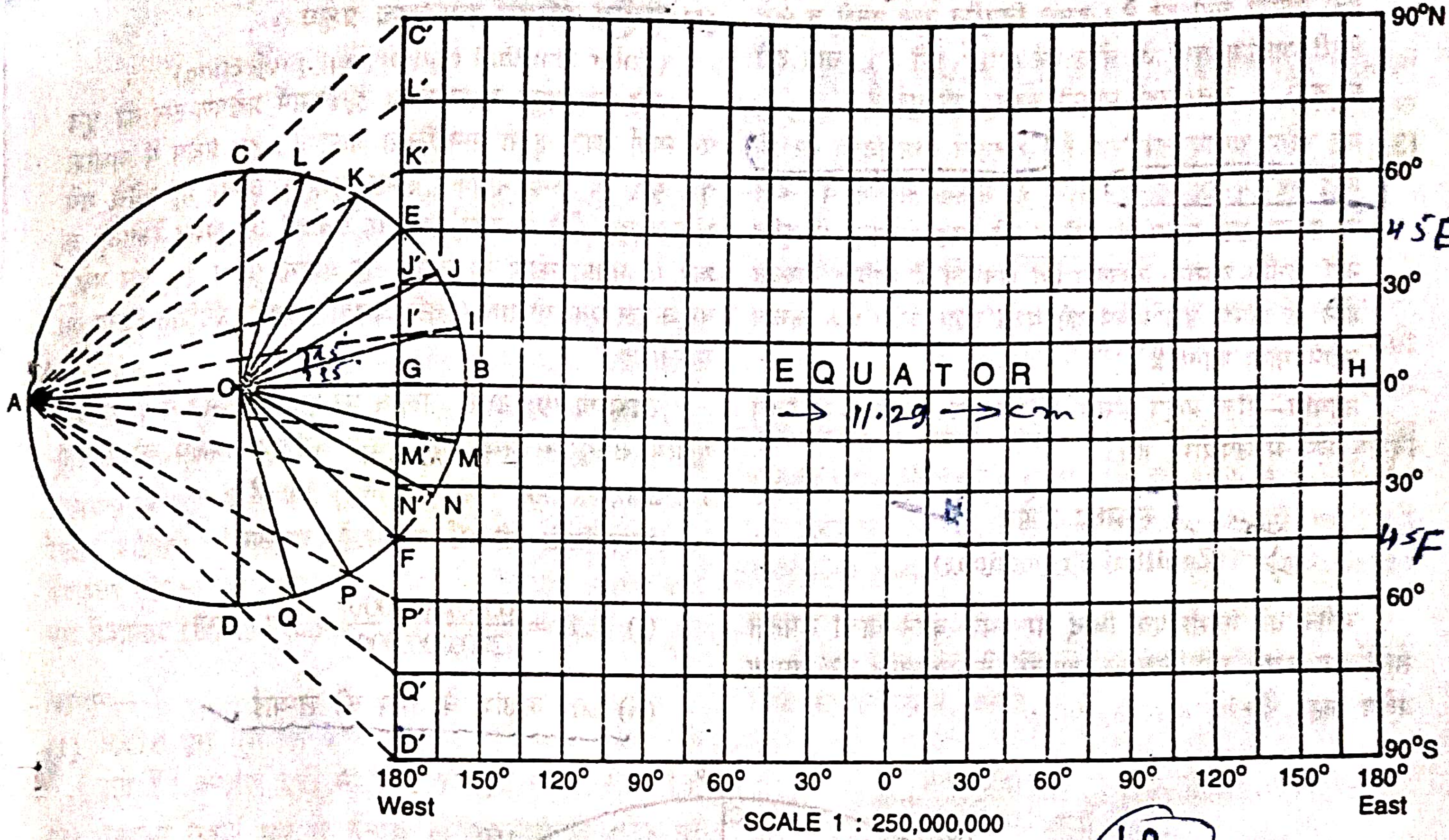
(iii) 15° अन्तराल पर देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी

$$= \frac{45° \text{ अक्षांश वृत्त की लम्बाई} \times \text{अन्तराल}}{360}$$

$$= \frac{11 \cdot 29 \times 15}{360} = 0 \cdot 47 \text{ सेमी}$$

प्रक्षेप बनाने के लिये सर्वप्रथम 2·54 सेमी अर्द्धव्यास से एक वृत्त खींचिये, जिसमें AB तथा CD रेखाएँ क्रमशः भूमध्यरेखीय तथा ध्रुवीय व्यास हैं (चित्र 13)। OB रेखा के दोनों तरफ 15° के अन्तराल पर कोण बनाती हुई रेखाएँ खींचिये। ये कोण रेखाएँ वृत्त की परिधि को, OB रेखा के ऊपर की ओर I, J, E, K, L तथा C बिन्दुओं पर एवं OB के नीचे की ओर M, N, F, P, Q तथा D बिन्दुओं पर काटती हैं। अब वृत्त की परिधि तथा 45° की कोण रेखाओं के प्रतिच्छेदन बिन्दुओं अर्थात् E तथा F बिन्दुओं से होकर जाने वाली C′D′ सरल रेखा खींचिये, जो OB रेखा को G बिन्दु पर काटती है। यह सरल रेखा प्रक्षेप में 180° पश्चिमी देशान्तर होगी। OB रेखा को आगे बढ़ाइये तथा इसमें 11·29 सेमी के बराबर GH रेखा काटिये। GH रेखा प्रक्षेप में भूमध्यरेखा प्रकट करेगी। E तथा F बिन्दुओं से GH के समान्तर रेखाएँ खींचिये, जो प्रक्षेप में क्रमशः 45° उत्तर व 45° दक्षिण के अक्षांश वृत्त होंगी।

शेष अक्षांश वृत्त खींचने के लिये A बिन्दु को वृत्त की परिधि पर स्थित I, J, K, L, C, M, N, P, Q तथा D बिन्दुओं से मिलाते हुए सरल रेखाएँ खींचिये। ये सरल रेखाएँ वृत्त के भीतर अथवा आगे बढ़ाये जाने पर, C′D′ रेखा को क्रमशः I′, J′, K′, L′, C′, M′, N′, P′ Q′ तथा D′ बिन्दुओं पर काटती हैं। I′, J′, K′, L′ तथा C′ से GH के



चित्र 13. गॉल प्रक्षेप।

समान्तर रेखाएँ बनाकर क्रमशः 15°, 30°, 60°, 75° तथा 90° के उत्तरी अक्षांश वृत्त पूर्ण कीजिए। इसी प्रकार M′, N′, P′, Q′ तथा D′ से GH के समान्तर रेखाएँ खींचकर दक्षिणी अक्षांश वृत्त बनाइये। देशान्तर रेखाएँ बनाने के लिये GH रेखा को 0·47 सेमी के अन्तर पर 24 समान भागों में विभाजित कीजिए तथा विभाजक बिन्दुओं पर GH रेखा के दोनों ओर को लम्ब खींचिये।

पहचान—

(1) अक्षांश वृत्त समान लम्बाई वाली सरल व समान्तर रेखाएँ होती हैं।

(2) प्रक्षेप में प्रत्येक अक्षांश वृत्त की लम्बाई 45° अक्षांश वृत्त की लम्बाई के बराबर होती है।

(3) देशान्तर रेखाएँ भी सरल व परस्पर समान्तर होती हैं।

(4) देशान्तर रेखाओं के बीच की दूरी समान होती है, परन्तु अक्षांश वृत्तों के बीच की दूरी भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर को बढ़ती जाती है।

(5) अक्षांश वृत्त तथा देशान्तर रेखाएँ एक दूसरे को समकोण पर काटती हैं।

गुणधर्म—

(1) केवल 45° उत्तरी व दक्षिणी अक्षांश वृत्तों पर मापनी शुद्ध होती है। इन अक्षांश वृत्तों से भूमध्यरेखा की ओर मापनी छोटी होती जाती है क्योंकि भूमध्यरेखा की ओर को अक्षांश वृत्त अपनी वास्तविक लम्बाई से छोटे होते हैं। उदाहरणार्थ, भूमध्यरेखा अपनी वास्तविक लम्बाई के लगभग 7/10 भाग के बराबर होती है। इसके विपरीत 45° अक्षांश वृत्तों से ध्रुवों की ओर को अक्षांश वृत्त अपनी वास्तविक लम्बाई से बड़े होते हैं, अतः उन पर मापनी बढ़ी हुई होती है। यह बात इसी से स्पष्ट है कि प्रक्षेप में ध्रुवों को अन्य अक्षांश वृत्तों के बराबर लम्बाई की रेखाओं द्वारा दर्शाया जाता है।

(2) भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर को देशान्तर रेखाओं की मापनी में लगातार वृद्धि होती है क्योंकि अक्षांश वृत्तों के बीच की दूरी बढ़ती जाती है। परन्तु 45° अक्षांश वृत्तों से ध्रुवों की तरफ मापनी बहुत बढ़ी हुई होती है तथा भूमध्यरेखा की ओर मापनी घटी हुई होती है। उदाहरणार्थ, चित्र 13 में भूमध्यरेखा तथा 15° उत्तरी अक्षांश वृत्त के बीच की I′G लम्ब दूरी IB चाप दूरी से छोटी है, अतः

यहाँ मापनी घटी हुई है। इसके विपरीत 75° उत्तरी व 90° उत्तरी अक्षांश वृत्तों के बीच की C′L′ दूरी CL चाप दूरी से बड़ी है, अतः वहाँ मापनी बहुत बढ़ी हुई है।

(3) यह प्रक्षेप यथाकृतिक नहीं है। क्षेत्रफल तथा दिशा का भी शुद्ध प्रदर्शन नहीं होता। परन्तु दो मानक अक्षांश वृत्त होने के कारण इस प्रक्षेप में मर्केटर की तरह क्षेत्रफल में वृद्धि नहीं होती। वस्तुतः आकृति एवं क्षेत्रफल में सीमित विकृति होने के कारण इस प्रक्षेप को मध्य दशा वाला एक अच्छा प्रक्षेप माना जाता है।

उपयोग—गॉल प्रक्षेप संसार के सामान्य मानचित्रों के लिये विशेष रूप से उपयोगी है।

Unit-II

प्लेनटेबुल सर्वेक्षण
(Plane Table Surveying)

प्रश्न :- प्लेन टेबुल सर्वेक्षण के उपकरणों का सचित्र वर्णन कीजिए।

परिचय
(Introduction)

किसी क्षेत्र का प्लान बनाने का कार्य सामान्यतः दो चरणों में पूर्ण होता है। प्रथम चरण में दिये गये क्षेत्र का आवीक्षण रेखाचित्र (reconnaissance sketch-map) तथा क्षेत्र में मापी गयी दूरियों और/अथवा कोणों की क्षेत्र-पुस्तिका (field-book) बनाते हैं तथा द्वितीय चरण में क्षेत्र-पुस्तिका में लिखी गई मापों को उचित मापनी पर अंकित करके सम्बंधित क्षेत्र का प्लान बनाया जाता है। प्लेन टेबुल सर्वेक्षण एकमात्र ऐसी विधि है, जिसमें सर्वेक्षण कार्य एवं प्लान-रचना दोनों कार्य एक-साथ सम्पन्न होते हैं। क्षेत्र-पुस्तिका बनाये बिना प्लान की रचना हो जाने से कई लाभ होते हैं—**प्रथम**, क्षेत्र-पुस्तिका बनाने की आवश्यकता न पड़ने के फलस्वरूप सर्वेक्षण कार्य कुछ सरल हो जाता है। **द्वितीय**, समूचा सर्वेक्षण कार्य अपेक्षाकृत शीघ्र पूर्ण हो जाता है। **तृतीय**, यदि प्लान में क्षेत्र का कोई विवरण भूलवश अंकित होने से रह गया है तो उसका तत्काल ज्ञान हो जाता है और क्षेत्र में पुनः सारे उपकरण लाकर उस विवरण को अंकित करने की कठिनाई से बच जाते हैं।

प्लेन टेबुल की सहायता से किसी क्षेत्र का प्लान बनाने की विधि को **प्लेन टेबुल सर्वेक्षण, पट्ट सर्वेक्षण व प्लेन टेबुलन** (plane tabling) आदि, कई नामों से पुकारते हैं। यद्यपि इस उपकरण का आविष्कार एवं प्रथम बार उपयोग 1570 में हुआ था, किन्तु इतना समय व्यतीत हो जाने के पश्चात् भी इसके उपयोग व लोकप्रियता में कोई अन्तर नहीं आया है।

प्लेन टेबुल सर्वेक्षण के उपकरण
(Instruments Required for Plane Table Surveying)

प्लेनटेबुल सर्वेक्षण में निम्नलिखित उपकरणों व साज-सामान की आवश्यकता होती है :

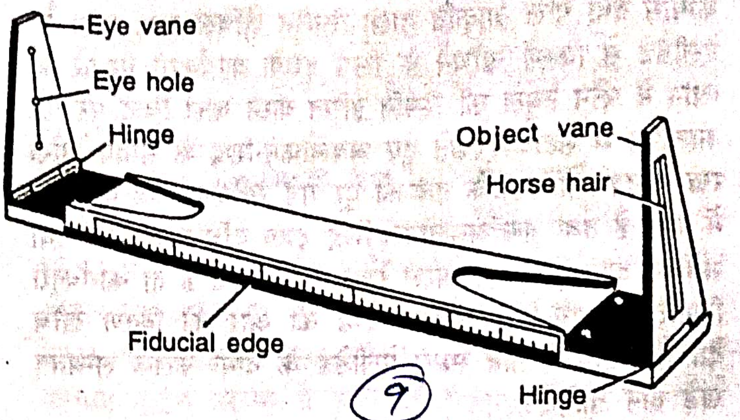
(1) प्लेन टेबुल तथा त्रिपाद-स्टैण्ड,
(2) दर्शरेखक या ऐलीडेड,
(3) स्पिरिट लेविल,
(4) साहुल काँटा,
(5) साहुल या साहुलपिण्ड,
(6) ट्रफ कम्पास,
(7) ज़रीब अथवा फीता,
(8) सर्वेक्षण दण्डें,
(9) ज़रीब के तीर,
(10) ड्राइंग कागज़,
(11) ड्राइंग पिनें तथा आलपिन,
(12) ड्राइंग-उपकरण।

[I] प्लेन टेबुल तथा त्रिपाद-स्टैण्ड
(Plane table and tripod stand)

प्लेन टेबुल इस सर्वेक्षण का प्रमुख उपकरण है, जिसके दो अंग होते हैं—(i) आरेख-पट्ट या ड्राइंग-बोर्ड (drawing board) तथा (ii) त्रिपाद-स्टैण्ड (tripod stand)। चूँकि आरेख-पट्ट को त्रिपाद-स्टैण्ड पर रखकर क्षैतिज तल (horizontal plane) में घुमाया अथवा इच्छित स्थिति में स्थिर किया जा सकता है अतः इसे प्लेन टेबुल की संज्ञा दी गई है (चित्र 1)।

प्लेन टेबुल का आरेख-पट्ट भली-भाँति संशोषन (season) की गई, चीड़ की लकड़ी (pine wood) के लगभग 2·5 सेमी

चित्र 1. प्लेनटेबुल व उसका त्रिपाद-स्टैण्ड।



चित्र 2. ऐलीडेड।

मोटे तख्तों को जोड़कर बनाया जाता है। ये पट्ट भिन्न-भिन्न आकार के होते हैं जैसे, 40×30 सेमी, 70×60 सेमी, 45×45 सेमी तथा 60×60 सेमी, आदि। मजबूती के लिये पट्ट की निचली सतह पर सागौन की लकड़ी (teak wood) की दो पट्टियाँ (battens) लगी होती हैं। इन पट्टियों तथा पट्ट की निचली सतह पर खाँचेदार (slotted) धारियाँ बनी होती हैं जिससे तापमान के परिवर्तन का पट्ट की ऊपरी सपाट सतह पर कोई प्रभाव न पड़ सके। आरेख-पट्ट के मध्य में नीचे की ओर पीतल या ऐलुमिनियम की एक गोल प्लेट होती है, जिसे **धुराग्र-प्लेट** (pivot plate) कहते हैं।

आरेख-पट्ट को लगभग 1·5 मीटर लम्बे त्रिपाद-स्टैण्ड पर कसकर प्रयोग में लाया जाता है। त्रिपाद-स्टैण्ड में तीन टाँगे होने के फलस्वरूप ऊँचे-नीचे धरातल पर भी आरेख-पट्ट को समतल स्थापित किया जा सकता है। ये टाँगें सागौन की दोहरी पट्टियों से निर्मित होती हैं तथा इनके ऊपरी सिरे फ्लाई-नटों (fly-nuts) के द्वारा पीतल या ऐलुमिनियम की एक प्लेट से जुड़े होते हैं, जिसे **त्रिशाखी प्लेट** (tribrach plate) कहते हैं। प्रत्येक टाँग के निचले सिरे पर लोहे के अतिरिक्त किसी अन्य धातु का नुकीला टुकड़ा या खोल होता है जो उसे धरातल पर फिसलने से रोकता है। आरेख-पट्ट को त्रिपाद-स्टैण्ड पर लगाने के लिये धुराग्र प्लेट के **बॉस हेड** (boss head) को त्रिशाखी प्लेट के छिद्र (tribrach hole) में डालकर, त्रिशाखी प्लेट में लगे बंधन पेंच (clamping screw) को कस देते हैं।

[II] दर्श-रेखक या ऐलीडेड

(Alidade)

प्लेनटेबुल सर्वेक्षण में ऐलीडेड की सहायता से किसी स्टेशन की ओर को ड्राइंग कागज़ पर रेखा या किरण खींचते हैं। ऐलीडेड में पीतल या सागौन आदि किसी कठोर लकड़ी से निर्मित समान्तर किनारे वाली पटरी के दोनों सिरों पर स्थिर अथवा मोड़कर रखे जा सकने वाले दो लम्बवत् फलक होते हैं (चित्र 2)। एक फलक में ऊर्ध्वाधर महीन सरल रेखा के समान कटी झिरी होती है जिसके सिरों पर एवं मध्य में गोल छिद्र या **अवलोकन-छिद्र** (eye holes) होते हैं तथा दूसरे फलक की झिरी में एक महीन तार या धागा बँधा होता है। अवलोकन छिद्रों वाले फलक को **नेत्र फलक** (eye vane) या **दर्श फलक** (sight vane) कहते हैं तथा तार वाला फलक **दृश्य वेधिका** (object vane) कहलाता है। अवलोकन-छिद्र तथा दृश्य वेधिका के तार को मिलाने वाली कल्पित सरल रेखा (अर्थात् दृष्टि रेखा) पटरी के किनारों के पूर्णतया समान्तर होती है अतः पटरी के किनारे के साथ ड्राइंग कागज़ पर खींची गई रेखा या **किरण** (ray) की दिशा दृष्टि रेखा की दिशा के समान होती है। अवलोकन-छिद्र से तार की ओर देखने पर पटरी के दायें किनारे को प्रवणित कर दिया जाता है जिससे इसके सहारे किरणें खींची जा सकें। पटरी के इस प्रवणित किनारे को **ढालू धार** (fiducial edge) या **कार्यकारी किनारा** (working edge) भी कहते हैं।

ऐलीडेड प्रायः 40 से 50 सेमी तक लम्बे होते हैं। उत्तम प्रकार के ऐलीडेड के प्रवणित किनारे पर सेन्टीमीटर आदि में मापनी अंकित होती है तथा पटरी की ऊपरी सतह पर ट्रफ

कम्पास तथा गोल आकृति वाला स्पिरिट लेविल लगा रहता है। ऐलीडेड से किरणें खींचने के लिये इसके कार्यकारी किनारे को प्लान में प्लेन टेबुल की स्थिति इंगित करने वाले बिन्दु पर गड़े आलपिन से सटाकर रखते हुए अवलोकन-छिद्र के समीप आँख रखकर दृश्य वेधिका के तार को दूर गड़े सर्वेक्षण दण्ड की सीध में करते हैं तथा जब अवलोकन-छिद्र, दृश्य वेधिका का तार तथा सर्वेक्षण दण्ड तीनों एक सरल रेखा में आ जाते हैं तो कार्यकारी किनारे के साथ-साथ सर्वेक्षण दण्ड की ओर को किरण खींच देते हैं। सीध मिलाते समय ऐलीडेड के दोनों फलक लम्बवत् खड़े होने चाहिएँ।

[III] स्पिरिट लेविल

(Spirit level)

यह एक साधारण उपकरण है जिसकी सहायता से त्रिपाद-स्टैण्ड पर लगे आरेख-पट्ट के समतलन की जाँच करते हैं। स्पिरिट लेविल की काँच-नली में स्पिरिट या ऐल्कोहॉल (alcohol) होता है। चूँकि इस नली में स्पिरिट या ऐल्कोहॉल भरते समय कुछ स्थान रिक्त छोड़ दिया जाता है अतः इसमें हवा का एक बुलबुला बन जाता है जो सदैव ऊँचाई की ओर को भागता है। नली के ऊपर उसके मध्यवर्ती बिन्दु से दोनों ओर को समान दूरी के अन्तर पर चिह्न अंकित होते हैं। कुछ लेविलों की काँच-नलियों पर बीचों-बीच दो आड़ी रेखाएँ अंकित होती हैं। जब हवा का बुलबुला नली के ठीक मध्य में होता है अर्थात् इन आड़ी रेखाओं के बीच में आ जाता है तो आरेख-पट्ट समतल हो जाता है। स्पिरिट लेविल की नली लकड़ी, पीतल या ऐलुमिनियम के समतल आधार वाले प्रायः 10 से 15 सेमी लम्बे एवं 2 से 3 सेमी मोटे आयताकार खोल में लगी होती है जिससे उसे आरेख-पट्ट पर रखा जा सके।

आरेख-पट्ट को समतल करने के लिये बारी-बारी से उसके चारों कोनों तथा मध्य में स्पिरिट लेविल को रखते हैं तथा प्रत्येक स्थान पर जिस ओर को हवा का बुलबुला भागता है उसी ओर को त्रिपाद-स्टैण्ड आवश्यकतानुसार नीचा कर दिया जाता है जिससे हवा का बुलबुला नली के ठीक मध्य में स्थिर हो जाये।

[IV] साहुल काँटा तथा साहुलपिण्ड

(Plumbing fork and plumb bob)

धरातल के किसी बिन्दु की उसके ठीक ऊपर आरेख-पट्ट पर स्थिति ज्ञात करने अथवा आरेख-पट्ट पर लगे प्लान में किसी पूर्व अंकित बिन्दु को धरातल के तदनुरूपी स्टेशन (corresponding station) के ठीक ऊपर रखने के लिये साहुल काँटा व साहुलपिण्ड उपकरणों का प्रयोग करते हैं। दूसरे शब्दों में, इन उपकरणों की सहायता से धरातल के किसी स्टेशन पर प्लेन टेबुल का केन्द्रण (centring) किया जाता है। साहुल काँटा लगभग 1 मीटर लम्बी, दो सेमी चौड़ी तथा दो मिलीमीटर मोटी पीतल या ऐलुमिनियम की पत्री को चिमटे से मिलती-जुलती आकृति में मोड़कर बनाया जाता है। काँटे की ऊपरी भुजा अपेक्षाकृत कुछ छोटी एवं नोंकदार सिरे वाली होती है। इस नोंकदार सिरे से लम्बवत् दिशा में बड़ी भुजा की निचली सतह पर एक छोटा हुक लगा होता है जिसमें डोरी बाँधकर साहुलपिण्ड को लटकाते हैं। धरातल के किसी निर्दिष्ट स्टेशन पर प्लेन टेबुल का केन्द्रण करने के लिये काँटे की नोंकदार छोटी भुजा को आरेख-पट्ट के ऊपर रखकर काँटे को इस प्रकार आगे-पीछे या दायीं-बायीं ओर को हटाते हैं कि डोरी में बँधे साहुलपिण्ड की नोंक धरातल के सम्बन्धित स्टेशन के ठीक ऊपर लम्बवत् सीध में आ जाये। इसके बाद आरेख-पट्ट के ड्राइंग कागज़ पर साहुल काँटे की नोंक से इंगित बिन्दु को पेन्सिल से अंकित कर देते हैं। इसके विपरीत यदि प्लान में किसी पूर्व अंकित बिन्दु को धरातल के सम्बन्धित स्टेशन के लम्बवत् ऊपर रखना है तो साहुल काँटे की नोंक को कागज़ पर अंकित बिन्दु पर रखकर त्रिपाद-स्टैण्ड की टाँगों को आगे-पीछे हटाकर केन्द्रण करते हैं।

[V] अन्य उपकरण

(Other instruments)

प्लेनटेबुल सर्वेक्षण के अन्य आवश्यक उपकरणों में, ज़रीब या फीता, ट्रफ कम्पास, सर्वेक्षण दण्ड व ज़रीब के तीर, आदि के नाम विशेष रूप से उल्लेखनीय हैं। उपरोक्त उपकरणों के अतिरिक्त इस सर्वेक्षण में उत्तम कोटि के ड्राइंग कागज़, ड्राइंग पिनें, स्याही, पेन्सिल तथा ड्राइंग उपकरणों, आदि की आवश्यकता पड़ती है।

प्रश्नः- प्लेन टेबुल सर्वेक्षण की सर्वेक्षण संक्रिया प्रक्रिया का वर्णन किजिए।

सर्वेक्षण संक्रिया

(Survey Operation)

जैसा कि आगे चलकर बतलाया जायेगा प्लेन टेबुल से सर्वेक्षण करने की कई विधियाँ होती हैं तथा लगभग प्रत्येक विधि में निम्नलिखित क्रियाएँ की जाती हैं :

[I] आवीक्षण रेखाचित्र

(Reconnaissance sketch map)

वास्तविक सर्वेक्षण कार्य प्रारम्भ करने से पूर्व दिये गये क्षेत्र का भली-भाँति निरीक्षण करके दूर से दिखलाई न देने वाले क्षेत्र के आवश्यक विवरणों, जैसे सीमा रेखा के मोड़ आदि, पर पहचान के लिये सर्वेक्षण दण्ड गाड़ दिये जाते हैं। इसके पश्चात् सर्वेक्षण में प्रयोग की गई विधि के अनुसार आधार रेखा व चंक्रमण स्टेशनों को निश्चित करते हैं। आधार रेखा व चंक्रमण स्टेशनों के चयन में ध्यान देने योग्य बातों को आगे चलकर

सर्वेक्षण की सम्बन्धित विधि के अन्तर्गत बतलाया जायेगा। क्षेत्र के आवश्यक विवरणों एवं सर्वेक्षण स्टेशनों का चयन करने के उपरान्त उनकी अनुमानित स्थितियों को आवीक्षण रेखाचित्र में रूढ़ चिह्नों के द्वारा अथवा नाम लिखकर इंगित कर देना चाहिए।

[II] प्लेन टेबुल का स्थापन

(Setting up the plane table)

आवीक्षण रेखाचित्र बना लेने के पश्चात् ड्राइंग कागज़ लगे आरेख-पट्ट को त्रिपाद-स्टैण्ड पर कसकर प्लेन टेबुल को क्षेत्र के प्रारम्भिक सर्वेक्षण स्टेशन पर सीने के बराबर ऊँचाई में स्थापित करते हैं। प्रारम्भिक स्टेशन पर प्लेन टेबुल के स्थापन में दो क्रियाएँ–(i) समतलन एवं (ii) केन्द्रण, तथा किसी अगले स्टेशन पर प्लेन टेबुल को स्थापित करने के लिये तीन क्रियाएँ–(i) समतलन, (ii) केन्द्रण एवं (iii) पूर्वाभिमुखीकरण, साथ-साथ सम्पन्न की जाती हैं।

1. प्लेन टेबुल को समतल करना (Levelling the plane table)—किरणें खींचने से पूर्व प्लेन टेबुल को क्षैतिज दशा में स्थापित करना आवश्यक है। जैसा कि पहले लिखा जा चुका है, त्रिपाद-स्टैण्ड की टाँगों को ऊँचा-नीचा करके प्लेन टेबुल के आरेख-पट्ट को समतल करते हैं तथा जाँच के लिये स्पिरिट लेविल का प्रयोग करते हैं।

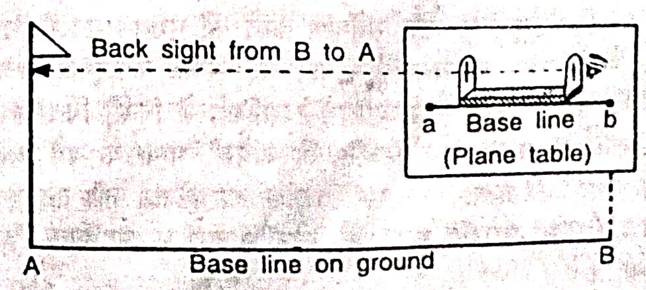
2. केन्द्रण (Centring)—प्लेन टेबुल के केन्द्रण में किसी सर्वेक्षण स्टेशन की आरेख-पट्ट पर स्थिति ज्ञात की जाती है। इस कार्य के लिये साहुल काँटा प्रयोग करते हैं, जिसकी विधि पहले लिखी जा चुकी है।

प्रारम्भिक स्टेशन पर कार्य समाप्त हो जाने के पश्चात् प्लेन टेबुल को उठाकर अगले सर्वेक्षण स्टेशन पर रखते हैं जिसकी स्थिति ड्राइंग कागज़ पर पहले से अंकित होती है। अतः यहाँ साहुल काँटे की नोंक को पूर्व अंकित बिन्दु पर स्थिर रखते हुए, समूची टेबुल को इधर-उधर हटाकर केन्द्रण किया जाता है। इस प्रक्रिया में आरेख-पट्ट की क्षैतिज दशा में अन्तर आ सकता है, इसलिए केन्द्रण करने के पश्चात् आरेख-पट्ट को पुनः समतल कर लेना चाहिए। एक-दो बार प्रयत्न करने से प्लेन टेबुल का केन्द्रण एवं समतलन दोनों ठीक हो जाते हैं।

3. पूर्वाभिमुखीकरण (Orientation)—आरेख-पट्ट पर अंकित रेखाओं को धरातल की तद्नुरूपी कल्पित रेखाओं के समान्तर रखने की क्रिया को पूर्वाभिमुखीकरण कहते हैं। प्रारम्भिक सर्वेक्षण स्टेशन के पश्चात् आगामी प्रत्येक सर्वेक्षण स्टेशन पर किरणें खींचने से पूर्व प्लेन टेबुल का समतलन एवं केन्द्रण करने के साथ-साथ उसका पूर्वाभिमुखीकरण करना परम आवश्यक है अन्यथा प्लान में अंकित कोई भी विवरण अपनी वास्तविक स्थिति से भिन्न स्थिति में होगा। प्लेन टेबुल का अनुस्थापन या पूर्वाभिमुखीकरण करने की निम्नलिखित दो प्रमुख विधियाँ हैं :

(a) ट्रफ कम्पास के द्वारा पूर्वाभिमुखीकरण (Orientation by trough compass)—इस विधि में जिस सर्वेक्षण स्टेशन पर प्लेन टेबुल का पूर्वाभिमुखीकरण करना होता है उस स्टेशन पर, आरेख-पट्ट को त्रिपाद-स्टैण्ड पर ढीला कसकर, प्लेन टेबुल का सही-सही समतलन एवं केन्द्रण करते हैं। इसके पश्चात् ड्राइंग कागज़ में प्रारम्भिक सर्वेक्षण स्टेशन पर खींची गई उत्तर-दक्षिण रेखा के सहारे ट्रफ कम्पास रखकर आरेख-पट्ट को सुई के द्वारा इंगित चुम्बकीय उत्तर दिशा की ओर घुमाते हैं। जब ट्रफ कम्पास की सुई मध्य में स्थिर हो जाती है अर्थात् उसकी नोंक अंशांकित चाप के शून्य पर ठहर जाती है तो आरेख-पट्ट को त्रिपाद-स्टैण्ड पर पूरी तरह कस देते हैं। इस प्रकार इस विधि से प्लेन टेबुल का पूर्वाभिमुखीकरण करने के लिये ड्राइंग कागज़ पर पहले से अंकित उत्तर-दक्षिण रेखा को दिशानुरूप स्थापित किया जाता है।

(b) पश्चदृष्टिपात के द्वारा पूर्वाभिमुखीकरण (Orientation by back sighting)—इस विधि में ड्राइंग कागज़ पर पहले से अंकित आधार रेखा के दोनों सिरों को धरातल पर स्थित तद्नुरूपी सर्वेक्षण स्टेशनों की दिशा में रखकर प्लेन टेबुल का पूर्वाभिमुखीकरण किया जाता है। उदाहरणार्थ, मान लीजिये धरातल पर A तथा B दो सर्वेक्षण स्टेशन हैं जिनके मध्य की AB आधार रेखा ड्राइंग कागज़ पर ab रेखा से प्रकट है (चित्र 3)। अब B स्टेशन पर टेबुल का पूर्वाभिमुखीकरण करने के लिये, A स्टेशन पर एक सर्वेक्षण दण्ड गाड़िये तथा आरेख-पट्ट को त्रिपाद-स्टैण्ड पर ढीला कसकर B स्टेशन पर प्लेन टेबुल का समतलन एवं सही केन्द्रण कीजिये। स्पष्ट है सही केन्द्रण हो जाने पर B तथा b बिन्दु एक लम्बवत् रेखा में होंगे। अब ऐलीडेड के कार्यकारी किनारे को ba रेखा के सहारे रखकर आरेख-पट्ट को इतना घुमाइये कि दृश्य वेधिका का तार A स्टेशन पर गड़े सर्वेक्षण दण्ड की सीध में आ जाये। सीध मिल जाने के बाद आरेख-पट्ट को बन्धन पेंच से पूरी तरह कस दीजिये। स्मरण रहे, आरेख-पट्ट को घुमाते समय ऐलीडेड



चित्र 3 (G-21)

बिना हिले ba रेखा पर यथावत् स्थित रहना चाहिए। आरेख-पट्ट को घुमाने के फलस्वरूप यदि उसके समतलन अथवा केन्द्रण में कोई अन्तर आ गया है तो उसे दूर करके पूर्व स्टेशन (यहाँ A) पर पुनः पश्चदृष्टिपात करके पूर्वाभिमुखीकरण की शुद्धता को जाँच लेना चाहिए।

पश्चदृष्टिपात के द्वारा प्लेन टेबुल का पूर्वाभिमुखीकरण करने की विधि को अपेक्षाकृत अधिक विश्वसनीय एवं प्रामाणिक माना जाता है। अतः पूर्वाभिमुखीकरण करते समय प्रायः इसी विधि का प्रयोग करते हैं।

[III] किरणें खींचना
(Drawing of rays)

प्रारम्भिक सर्वेक्षण स्टेशन पर प्लेन टेबुल का समतलन एवं केन्द्रण करने के पश्चात् तथा किसी आगामी स्टेशन पर समतलन, केन्द्रण एवं पूर्वाभिमुखीकरण तीनों क्रियाएँ पूर्ण कर लेने के बाद क्षेत्र के विवरणों तथा आगे बढ़ाई गई आधार रेखा (अर्थात् चंक्रमण रेखा) से अगले स्टेशन पर गाड़े गये सर्वेक्षण दण्ड को ऐलीडेड से लक्ष्य करके सरल रेखाएँ या **किरणें** खींचते हैं। इस कार्य के लिये आरेख-पट्ट पर प्लेन टेबुल के स्टेशन की स्थिति को प्रदर्शित करने वाले बिन्दु पर एक आलपिन गाड़ देते हैं तथा किसी विवरण को लक्ष्य करते समय ऐलीडेड के कार्यकारी किनारे को इस आलपिन से सटाकर रखते हैं। प्रारम्भिक स्टेशन पर किरणें खींचने से पूर्व ड्राइंग कागज़ के ऊपर की ओर कोने में ट्रफ कम्पास की सहायता से उत्तर-दक्षिण दिशा इंगित करने वाली एक रेखा अंकित कर देनी चाहिए।

[IV] प्लान को पूर्ण करना
(Completing the plan)

क्षेत्र के सभी आवश्यक विवरणों एवं सीमा रेखा को बना लेने के पश्चात् प्लान के नीचे उसकी मापनी अंकित कर देनी चाहिए। प्रत्येक प्लान पर सम्बन्धित क्षेत्र का नाम तथा उसके नीचे कोष्ठक में सर्वेक्षण की विधि का नाम लिख देना आवश्यक है।

प्लेनटेबुलन की विधियाँ
(Methods of Planetabling)

प्लेन टेबुल के द्वारा सर्वेक्षण करने की मुख्य-मुख्य विधियों को नीचे समझाया गया है। यहाँ यह संकेत करना आवश्यक है कि इन विधियों से सम्बन्धित रेखाचित्रों में किसी विवरण या स्टेशन की धरातल पर स्थिति को अंग्रेज़ी भाषा के बड़े अक्षर से तथा आरेख-पट्ट पर उस विवरण या स्टेशन की तद्नुरूपी स्थिति को अंग्रेज़ी भाषा के छोटे अक्षर से प्रदर्शित किया गया है।

प्रश्न: प्लेन टेबुल सर्वे की प्रतिच्छेदन विधि का वर्णन कीजिए।

[I] प्रतिच्छेदन विधि
(Intersection method)

इस विधि में किसी विवरण को प्लान में अंकित करने के लिये क्षेत्र के किन्हीं दो सर्वेक्षण स्टेशनों से उस विवरण को लक्ष्य करके खींची गई किरणों का आरेख-पट्ट पर प्रतिच्छेदन बिन्दु ज्ञात करते हैं। जिन दो सर्वेक्षण स्टेशनों से किरणें खींची जाती हैं उन्हें मिलाने वाली सरल रेखा को **आधार रेखा** (base line) कहते हैं। खुले क्षेत्रों के अगम्य स्थानों को प्लान में अंकित करने के लिये यह विधि विशेष रूप से उपयोगी है। इसके अतिरिक्त किसी क्षेत्र के प्लान में विवरण भरने के लिये तथा नदी-तटों व कटी-फटी सीमा रेखाओं के मानचित्रण में भी प्रतिच्छेदन विधि का प्रयोग लाभदायक रहता है।

प्रतिच्छेदन विधि के द्वारा बनाये गये किसी क्षेत्र के प्लान की शुद्धता बहुत-कुछ आधार रेखा के सही-सही चयन एवं उसकी शुद्ध माप पर निर्भर करती है। अतः आधार रेखा का चयन करते समय निम्नलिखित बातों को ध्यान में रखना चाहिए :

(1) आधार रेखा के दोनों सिरों से क्षेत्र का प्रत्येक विवरण स्पष्ट दिखलाई देना चाहिए।

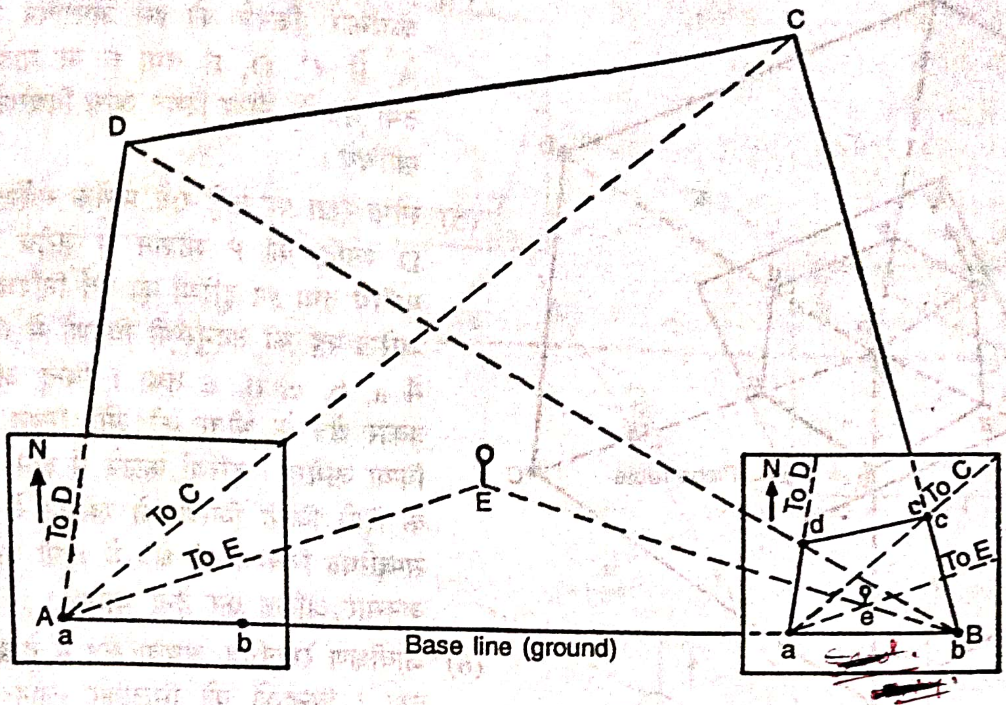
(2) आधार रेखा तथा किसी किरण के बीच का कोण अत्यधिक बड़ा अथवा अत्यधिक न्यून नहीं होना चाहिए। दूसरे शब्दों में, किरणों के प्रतिच्छेदन अत्यधिक तिरछे नहीं होने चाहिएँ।

(3) आधार रेखा यथासम्भव समतल एवं बाधा रहित धरातल पर चुनी जानी चाहिए जिससे उसे ज़रीब या फीते की सहायता से सरलतापूर्वक सही-सही मापा जा सके।

कार्य विधि (Procedure)—चित्र 4 के अनुसार मान लीजिये ABCD कोई क्षेत्र है। प्रतिच्छेदन विधि के द्वारा इस क्षेत्र की सर्वेक्षण-प्रक्रिया को निम्नलिखित चरणों में पूर्ण किया जायेगा :

(1) दिये गये क्षेत्र का भली-भाँति निरीक्षण करके प्लान में प्रदर्शित किये जाने वाले विवरणों का चयन कीजिये तथा सीमा रेखा के मोड़ों पर सर्वेक्षण दण्ड गाड़िये जिससे उनको ऐलीडेड से लक्ष्य किया जा सके। यदि आवश्यकता हो तो क्षेत्र के अन्य विवरणों पर भी सर्वेक्षण दण्ड गाड़े जा सकते हैं।

(2) ऊपर लिखी गई बातों को ध्यान में रखते हुए क्षेत्र में किसी उपयुक्त आधार रेखा का चयन कीजिये तथा ज़रीब अथवा फीते से इस रेखा को मापिये। प्रस्तुत उदाहरण में AB रेखा को आधार रेखा माना गया है।



चित्र 4. प्रतिच्छेदन विधि।

(3) प्लेन टेबुल को A स्टेशन पर समतल स्थापित करके ड्राइंग कागज़ के ऊपर की ओर कोने में ट्रफ कम्पास की सहायता से चुम्बकीय उत्तर दिशा प्रदर्शित कीजिये।

(4) साहुलपिण्ड व काँटे के प्रयोग से A स्टेशन के ठीक ऊपर आरेखपट्ट पर a बिन्दु ज्ञात कीजिये तथा इस बिन्दु पर एक आलपिन गाड़िये।

(5) ऐलीडेड के कार्यकारी किनारे को आलपिन से सटाकर रखते हुए B स्टेशन पर गड़े सर्वेक्षण दण्ड को लक्ष्य करके एक किरण खींचिये तथा इस किरण में पूर्व निश्चित मापनी के अनुसार AB दूरी के बराबर ab रेखा काटिये जो प्लान में आधार रेखा को प्रकट करेगी।

(6) इसके पश्चात् क्षेत्र के अन्य विवरणों को बारी-बारी से लक्ष्य करते हुए उनकी ओर को a बिन्दु से किरणें खींचिये तथा पहचान के लिये प्रत्येक किरण पर सम्बन्धित विवरण का नाम या संकेत जैसे, To C, To D, To E, आदि अंकित कीजिये।

(7) A स्टेशन पर उपरोक्त क्रिया करने के बाद प्लेन टेबुल को B स्टेशन पर स्थानान्तरित करके पूर्व निर्देशित विधि के अनुसार उसका इस प्रकार समतलन, केन्द्रण एवं पूर्वाभिमुखीकरण कीजिये कि आरेख-पट्ट पर अंकित b बिन्दु B स्टेशन के ठीक ऊपर स्थित हो तथा ba रेखा के सहारे ऐलीडेड रखकर देखने पर दृष्टि रेखा A स्टेशन पर गड़े सर्वेक्षण दण्ड से होकर जाये।

(8) अब b बिन्दु पर आलपिन गाड़कर पहले की भाँति क्षेत्र के विवरणों को बारी-बारी से ऐलीडेड के द्वारा लक्ष्य करते हुए किरणें खींचिये।

(9) दोनों स्टेशनों से किसी विवरण को लक्ष्य करके खींची गई किरणों का प्रतिच्छेदन बिन्दु प्लान में सम्बन्धित विवरण की स्थिति को प्रकट करेगा। अतः सम्बन्धित किरणों को पहचान कर प्लान में c, d तथा e प्रतिच्छेदन बिन्दु अंकित कीजिये।

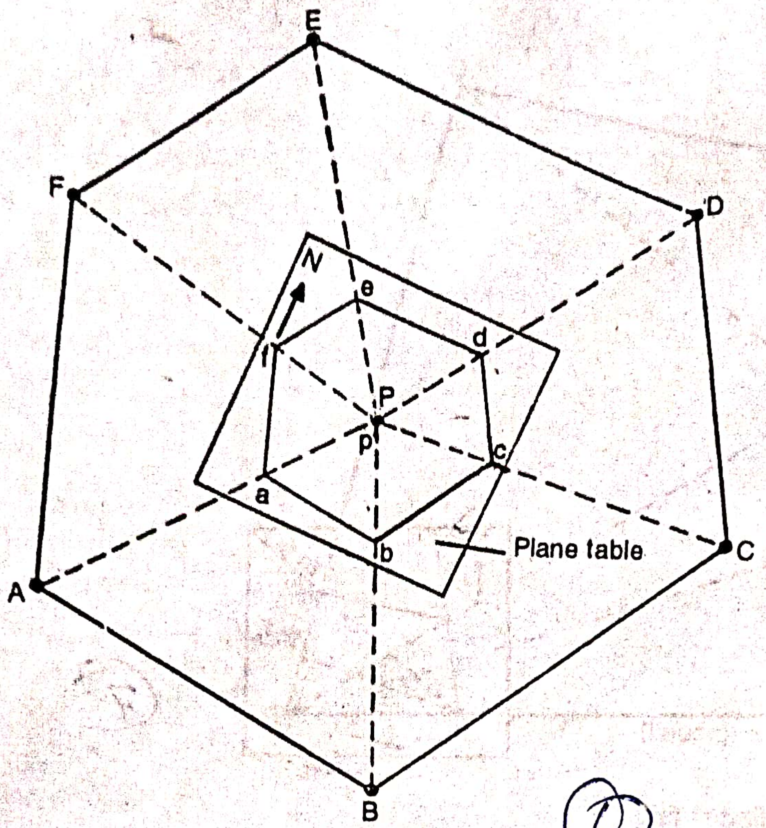
(10) विवरणों को अंकित करने के पश्चात् प्लान पर सम्बन्धित क्षेत्र का नाम तथा सर्वेक्षण विधि का नाम लिखिये तथा मापनी व संकेत बनाइये।

प्रश्न —

[II] विकिरण या अरीय रेखा विधि

(Radiation or radial line method)

इस विधि में एक ही सर्वेक्षण केन्द्र से क्षेत्र के विभिन्न विवरणों की ओर पूर्व निश्चित मापनी के अनुसार लम्बी किरणें खींचकर प्लान को पूर्ण कर लिया जाता है। अतः विकिरण विधि से प्लेनटेबुलन करने के लिये प्रत्येक विवरण की प्लेनटेबुल स्टेशन से दूरी मापना आवश्यक होता है। चूँकि इस विधि से बनाये गये प्लान में समस्त किरणें एक ही बिन्दु से विभिन्न दिशाओं की ओर विकिरित होती हैं अतः इसे **विकिरण या अरीय रेखा विधि** कहते हैं। विकिरण विधि के द्वारा प्रायः खुले एवं समतल धरातल वाले छोटे-छोटे क्षेत्रों का सर्वेक्षण किया जाता



चित्र 5. विकिरण विधि।

है। इसके अतिरिक्त किसी अन्य विधि से किये गये सर्वेक्षण में प्लेनटेबुल स्टेशन के समीप स्थित विवरणों को प्लान में अंकित करने के लिये यह विधि परम उपयोगी है।

कार्य-विधि (Procedure)—मान लीजिये ABCDEF कोई खुला एवं समतल क्षेत्र है (चित्र 5)। इस क्षेत्र का विकिरण विधि के द्वारा निम्न प्रकार सर्वेक्षण किया जायेगा :

(1) सर्वप्रथम क्षेत्र के मध्यवर्ती भाग में कोई ऐसा सर्वेक्षण स्टेशन (मान लीजिये P) चुनिये जहाँ से क्षेत्र के सभी आवश्यक विवरण स्पष्ट दिखलाई देते हों। यह सर्वेक्षण स्टेशन क्षेत्र के किसी कोने में अथवा क्षेत्र की सीमा के बाहर भी चुना जा सकता है, परन्तु ऐसा करने में कभी-कभी कोई विवरण ड्राइंग कागज़ की सीमा के भीतर अंकित नहीं हो पाता तथा समस्त सर्वेक्षण कार्य पुनः करना पड़ता है। क्षेत्र के मध्यवर्ती भाग में सर्वेक्षण स्टेशन चुनने तथा उपयुक्त मापनी के प्रयोग से यह समस्या दूर हो जाती है।

(2) ड्राइंग कागज़ के मध्यवर्ती भाग में कोई बिन्दु p अंकित कीजिये तथा साहुलपिण्ड एवं काँटे की सहायता से p बिन्दु को P स्टेशन के ठीक ऊपर रखते हुए, प्लेन टेबुल का सही केन्द्रण एवं समतलन कीजिये।

(3) ड्राइंग कागज़ के ऊपर की ओर कोने में ट्रफ कम्पास रखकर चुम्बकीय उत्तर दिशा को अंकित कीजिये।

(4) p बिन्दु पर एक आलपिन गाड़िये तथा ऐलीडेड के कार्यकारी किनारे को इस आलपिन से सटाकर रखते हुए A, B, C, D, E तथा F पर गाड़े गये सर्वेक्षण दण्डों तथा क्षेत्र के भीतर स्थित अन्य विवरणों की ओर को किरणें खींचिये।

(5) सीमा रेखा पर गाड़े गये प्रत्येक सर्वेक्षण दण्ड (A, B, C, D आदि) की P स्टेशन से ज़रीब अथवा फीते से दूरी मापिये तथा इन दूरियों को पूर्व निश्चित मापनी के अनुसार आरेख-पट्ट की तदनुरूपी किरणों में काटकर ड्राइंग कागज़ में a, b, c, d, e तथा f बिन्दु अंकित कीजिये। इसी प्रकार क्षेत्र के भीतर की ओर स्थित विवरणों को अंकित किया जायेगा। दूरियाँ काटने में होने वाली भूलों से बचने के लिये किसी किरण को खींचने के तुरन्त बाद उस पर सम्बन्धित विवरण की क्षेत्र में मापी गई दूरी को मापनी के अनुसार अंकित कर देना चाहिए।

(6) आवीक्षण रेखाचित्र अथवा क्षेत्र में देखकर a, b, c, d, e तथा f बिन्दुओं को मिलाकर प्लान में सीमा रेखा पूर्ण कीजिये तथा प्लान पर क्षेत्र व सर्वेक्षण विधि का नाम लिखिये एवं मापनी बनाइये।

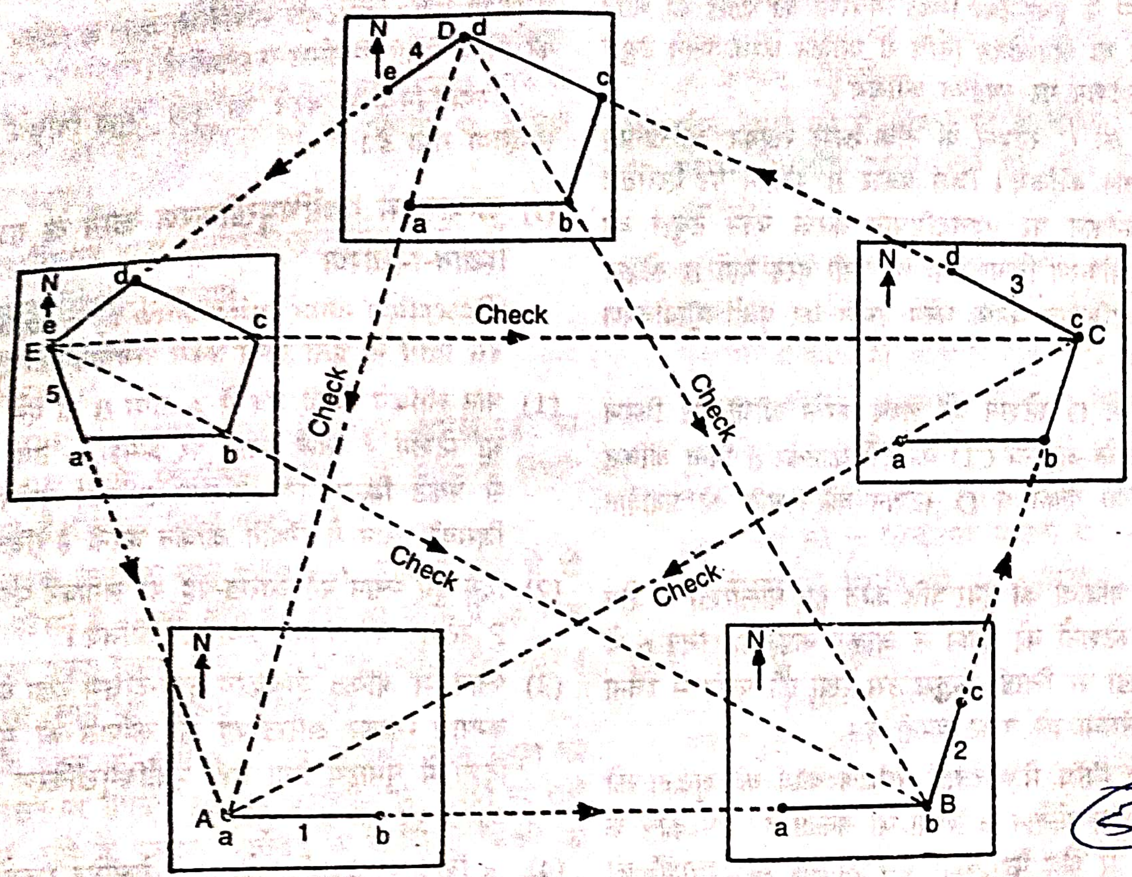
[III] चंक्रमण या मालारेखा विधि
(Traverse method)

इस विधि में किसी मालारेखा (traverse line) के प्रत्येक सर्वेक्षण स्टेशन पर बारी-बारी से प्लेन टेबुल को स्थापित करके अगले स्टेशन को किरण खींचते हैं तथा सम्बन्धित स्टेशनों के बीच की धरातल पर मापी गई दूरी को पूर्व निश्चित मापनी के अनुसार इस किरण में काटकर, अगले स्टेशन को प्लान में अंकित करते हैं। अतः मालारेखा विधि से सर्वेक्षण किये जाने वाले क्षेत्रों में सर्वेक्षण स्टेशनों के मध्य अभिगम्यता (accessibility) होनी चाहिए जिससे उनके बीच की दूरियों को सरलतापूर्वक मापा जा सके। किसी मार्ग या नदी के किनारे का मानचित्रण करने के लिये यह विधि बहुत उपयोगी है।

कार्य-विधि (Procedure)—प्लेन टेबुल के द्वारा मालारेखा सर्वेक्षण की प्रक्रिया निम्नलिखित चरणों में पूर्ण करते हैं :

(1) क्षेत्र का भली-भाँति निरीक्षण करने के पश्चात् किसी उपयुक्त मालारेखा का चयन कीजिये तथा इस रेखा के मोड़ों को सर्वेक्षण स्टेशन मानते हुए A, B, C, D तथा E स्थानों पर सर्वेक्षण दण्ड गाड़िये (चित्र 6)।

(2) A स्टेशन पर गड़े सर्वेक्षण दण्ड को उखाड़कर वहाँ प्लेन टेबुल को रखिये। क्षेत्र में A स्टेशन की स्थिति को ध्यान



चित्र 6. मालारेखा विधि।

में रखते हुए ड्राइंग कागज़ के उपयुक्त स्थान पर a बिन्दु अंकित कीजिये। अब साहुलपिण्ड व काँटे का प्रयोग करके प्लेन टेबुल का सही-सही केन्द्रण कीजिये अर्थात् a बिन्दु को A स्टेशन के ठीक ऊपर रखिये तथा प्लेन टेबुल का समतलन कीजिये।

(3) a बिन्दु पर आलपिन के सहारे ऐलीडेड रखकर B स्टेशन पर गड़े सर्वेक्षण दण्ड को लक्ष्य कीजिये तथा ऐलीडेड के कार्यकारी किनारे के सहारे किरण खींचिये।

(4) ज़रीब अथवा फीते की सहायता से A तथा B स्टेशनों के बीच की दूरी मापिये तथा इस दूरी को पूर्व निश्चित मापनी के अनुसार B स्टेशन की ओर खींची गई किरण में काटकर b बिन्दु ज्ञात कीजिये। प्लान में b बिन्दु क्षेत्र के B स्टेशन को प्रदर्शित करेगा।

(5) ट्रफ कम्पास की सहायता से ड्राइंग कागज़ पर चुम्बकीय उत्तर दिशा प्रकट कीजिये। यदि A स्टेशन के समीप मालारेखा के इधर-उधर स्थित किसी विवरण या सीमा रेखा के आवश्यक स्थानों को प्लान में दिखलाना हो तो उन्हें विकिरण विधि के द्वारा अंकित कीजिये। मालारेखा से दूर स्थित विवरणों को प्रतिच्छेदन विधि के द्वारा अंकित करना चाहिए। इस कार्य के लिये मालारेखा के किन्हीं दो उत्तरोत्तर स्टेशनों को चुना जा सकता है।

(6) अब प्लेन टेबुल को उठाकर B स्टेशन पर रखिये तथा A स्टेशन पर पुनः सर्वेक्षण दण्ड गाड़ दीजिये। b बिन्दु को B स्टेशन के ठीक ऊपर रखते हुए प्लेन टेबुल का समतलन एवं पूर्वाभिमुखीकरण कीजिये। पूर्वाभिमुखीकरण करने के लिये ऐलीडेड के कार्यकारी किनारे को ba किरण के सहारे रखकर आरेख-पट्ट को घुमाते हुए A स्टेशन पर गड़े सर्वेक्षण दण्ड पर पश्चदृष्टिपात किया जायेगा। जब A स्टेशन दृष्टिरेखा की ठीक सीध में आ जाये तो आरेख-पट्ट को बंधन पेंच से स्थिर कर दीजिये। पूर्वाभिमुखीकरण के पश्चात् प्लेन टेबुल के केन्द्रण एवं समतलन की पुनः जाँच कर लेना आवश्यक है।

(7) b बिन्दु पर आलपिन के सहारे ऐलीडेड रखकर C स्टेशन पर गड़े सर्वेक्षण दण्ड को लक्ष्य करते हुए ऐलीडेड के कार्यकारी किनारे के सहारे एक किरण खींचिये। इस किरण में B तथा C स्टेशनों के बीच की दूरी को मापनी के अनुसार काटकर c बिन्दु अंकित कीजिये जो प्लान में C स्टेशन की स्थिति को प्रकट करेगा।

(8) B स्टेशन के इधर-उधर स्थित विवरणों को पहले की भाँति विकिरण या प्रतिच्छेदन विधि से अंकित करके प्लेन टेबुल को C स्टेशन पर स्थापित कीजिये।

(9) c बिन्दु को C स्टेशन के ठीक ऊपर रखकर आरेख-पट्ट को समतल कीजिये। जिस प्रकार B स्टेशन पर ऐलीडेड से A स्टेशन पर पश्चदृष्टिपात करके प्लेन टेबुल का पूर्वाभिमुखीकरण किया गया था, उसी तरह यहाँ B स्टेशन पर पश्चदृष्टिपात करके प्लेन टेबुल का पूर्वाभिमुखीकरण कीजिये।

(10) c बिन्दु से D स्टेशन को लक्ष्य करके खींची गई किरण में मापनी के अनुसार CD की दूरी काटकर d बिन्दु अंकित कीजिये जो प्लान में D स्टेशन की स्थिति को प्रदर्शित करेगा।

(11) उपरोक्त प्रक्रिया की पुनरावृत्ति करते हुए मालारेखा के शेष सर्वेक्षण स्टेशनों को प्लान में अंकित कीजिये। चित्र 6 में किसी रेखा पर लिखी संख्या उस रेखा की प्लान में रचना की क्रमसंख्या को प्रकट करती है।

मालारेखा विधि में पूर्ववर्ती सर्वेक्षण कार्य की शुद्धता को किसी भी सर्वेक्षण स्टेशन से जाँचा जा सकता है। इस कार्य के लिये ऐलीडेड से क्षेत्र के किसी ऐसे विवरण या विवरणों को लक्ष्य करते हैं जिनको प्लान में किसी पूर्ववर्ती स्टेशन से पहले अंकित किया जा चुका है। ऐसे विवरणों को लक्ष्य करने पर यदि ऐलीडेड का कार्यकारी किनारा सम्बन्धित विवरण की प्लान में स्थिति प्रकट करने वाले बिन्दु पर स्थित है तो सर्वेक्षण कार्य शुद्ध समझा जायेगा। कभी-कभी सर्वेक्षक के द्वारा की गई भूलों अथवा किसी अन्य त्रुटि के फलस्वरूप बन्द मालारेखा की प्लान में आकृति बन्द नहीं हो पाती अर्थात् प्लान की अन्तिम या समापक रेखा (closing line) खुली रह जाती है। इस त्रुटि को **समापक त्रुटि** (closing error) कहते हैं। ऐसी दशा में समापक त्रुटि को समस्त प्लान पर बाँटकर मालारेखा को बन्द करते हैं। समापक त्रुटि को बाँटने की आलेखी विधि प्रिज़्मीय कम्पास सर्वेक्षण के अन्तर्गत अगले अध्याय में समझायी जायेगी।