इग्नू
जन–जन का
विश्वविद्यालय

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय
विज्ञान विद्यापीठ

BGYCT – 131
भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

सामान्य भूविज्ञान

1

"शिक्षा मानव को बन्धनों से मुक्त करती है और आज के युग में तो यह लोकतंत्र की भावना का आधार भी है। जन्म तथा अन्य कारणों से उत्पन्न जाति एवं वर्गगत विषमताओं को दूर करते हुए मनुष्य को इन सबसे ऊपर उठाती है।"

– इन्दिरा गांधी

ignou
THE PEOPLE'S
UNIVERSITY

"Education is a liberating force, and in our age it is also a democratising force, cutting across the barriers of caste and class, smoothing out inequalities imposed by birth and other circumstances."

– Indira Gandhi

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय
विज्ञान विद्यापीठ

BGYCT-131
भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

खंड

1

सामान्य भूविज्ञान

इकाई 1
भूविज्ञान - एक परिचय 7

इकाई 2
पृथ्वी और सौरमंडल 29

इकाई 3
पृथ्वी की संरचना और संयोजन 56

इकाई 4
भूकंप और ज्वालामुखी 77

शब्द संग्रह 105

पाठ्यक्रम अभिकल्प समिति

प्रो. विजयश्री
भूतपूर्व निदेशक
विज्ञान विद्यापीठ
इग्नू, नई दिल्ली

प्रो. वी. के. वर्मा (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

प्रो. प्रमेन्द्र देव (से. नि.)
भूविज्ञान अध्ययनशाला
विक्रम विश्वविद्यालय
उज्जैन, म.प्र.

प्रो. पी. मधुसूदन रेड्डी (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
डॉ. बी. आर. अम्बेडकर मुक्त वि.वि.
हैदराबाद, आंध्र प्रदेश

प्रो. एल. एस. चामयाल
भूविज्ञान विभाग
म. स. गा. बड़ौदा विश्वविद्यालय
वडोदरा, गुजरात

(स्व.) प्रो. जी. वल्लिनायगम
भूविज्ञान विभाग
कुरूक्षेत्र विश्वविद्यालय
कुरूक्षेत्र, हरियाणा

प्रो. दीपक सी. श्रीवास्तव
पृथ्वी विज्ञान विभाग
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान रूड़की
रूड़की, उत्तराखंड

प्रो. जे. पी. श्रीवास्तव
भूविज्ञान उच्चानुशीलन केन्द्र
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

प्रो. एच. बी. श्रीवास्तव
भूविज्ञान उच्चानुशीलन केन्द्र
काशी हिन्दू विश्वविद्यालय
वाराणसी, उ.प्र.

प्रो. एम. ए. मलिक (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
जम्मू विश्वविद्यालय, जम्मू
जम्मू एवं कश्मीर

प्रो. एस. जे. सांगोड़े
भूविज्ञान विभाग
सावित्रीबाई फुले पुणे विवि
पुणे, महाराष्ट्र

प्रो. अरूण कुमार
पृथ्वी विज्ञान विभाग
मणिपुर विश्वविद्यालय
इम्फाल, मणिपुर

प्रो. (श्रीमती) मधुमिता दास
भूविज्ञान विभाग
उत्कल विश्वविद्यालय
भुवनेश्वर, ओडिशा

प्रो. के. आर. हरि
भूविज्ञान एवं जल संसाधन
प्रबंधन अध्ययनशाला
पं. रविशंकर शुक्ल विश्वविद्यालय
रायपुर, छत्तीसगढ़

डॉ. के. अन्नबरसु
भूविज्ञान विभाग
नेशनल कॉलेज
तिरूचिरापल्ली, तमिलनाडु

भूविज्ञान विषय संकाय सदस्य
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू

डा. मीनल मिश्रा

डॉ. बेनीधर देशमुख

डॉ. काकोली गोगोई

डॉ. एम. प्रशांथ

डॉ. ओमकार वर्मा

खंड निर्माण दल

विषयवस्तु लेखन

डॉ. एस. डी. शुक्ल (से. नि.) (इकाई 1, 2, 3 और 4)
एस.जी.आर.आर. स्नातकोत्तर महाविद्यालय
देहरादून, उत्तराखंड

डॉ. बेनीधर देशमुख (इकाई 2 और 3)
विज्ञान विद्यापीठ
इग्नू, नई दिल्ली

विषयवस्तु संपादक

प्रो. वी. के. वर्मा (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

अनुवाद

डॉ. राम अवतार सिंह (इकाई 1)
भूविज्ञान विभाग
एल.एस.एम.राज. स्नातकोत्तर महाविद्यालय
पिथौरागढ़, उत्तराखंड

श्री मनीष सिन्हा (इकाई 2)
एस.एम.जे. डिग्री महाविद्यालय
साहिबगंज, झारखंड

श्री अभिषेक मिश्रा (इकाई 3 और 4)
फरीदाबाद, हरियाणा

पुनरीक्षण : डॉ. बेनीधर देशमुख

पाठ्यक्रम समन्वयक : डॉ. मीनल मिश्रा एवं डॉ. बेनीधर देशमुख

श्रव्य दृश्य सामग्री

डॉ. अमितोष दुबे
निर्माता, संचार केन्द्र, इग्नू

डॉ. मीनल मिश्रा एवं डॉ. बेनीधर देशमुख
विषयवस्तु समन्वयक

मुद्रण निर्माण

श्री सुनील कुमार
सहायक कुलसचिव (प्रकाशन), विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू, नई दिल्ली

आभार : आवरण पृष्ठ की अभिकल्पना हेतु डॉ. काकोली गोगोई एवं टंकन व आलेखी कार्य हेतु श्रीमती सविता शर्मा

अगस्त, 2019

© इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय, 2019

ISBN: 978-93-89668-15-5

अस्वीकरण : विभिन्न स्रोतों से लिए गए चित्र या अन्य संसाधन शैक्षणिक उद्देश्य के लिए है ना कि किसी व्यावसायिक उद्देश्य हेतु और उनके कॉपीराइट मूल स्रोत या लेखक के पास हैं।

सर्वाधिकार सुरक्षित। इस कार्य का कोई भी अंश इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की लिखित अनुमति लिए बिना किसी भी रूप में मिमियोग्राफ (मुद्रण) अथवा किसी अन्य साधन से पुनः प्रस्तुत करने की अनुमति नहीं है।

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय के पाठ्यक्रमों के विषय में और अधिक जानकारी विश्वविद्यालय के कार्यालय, मैदानगढ़ी, नई दिल्ली–110 068 और इग्नू की वेबसाइट www.ignou.ac.in से प्राप्त की जा सकती है।

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की ओर से निदेशक, विज्ञान विद्यापीठ द्वारा मुद्रित एवं प्रकाशित।

लेजर टाइप सेटिंग : राजश्री कम्प्यूटर्स, बी-166ए, भगवती विहार (नजदीक सेक्टर 2, द्वारका), उत्तम नगर, नई दिल्ली-110059

मुद्रक : हाईटेक ग्राफिक्स, डी–4/3, ओखला इण्डस्ट्रियल एरिया, फेस–2, नई दिल्ली–110020

BGYCT-131 भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

खंड 1 सामान्य भूविज्ञान

इकाई 1 भूविज्ञान – एक परिचय

इकाई 2 पृथ्वी और सौरमंडल

इकाई 3 पृथ्वी की संरचना और संयोजन

इकाई 4 भूकंप और ज्वालामुखी

खंड 2 भूसतही प्रक्रियाएं

इकाई 5 शैल अपक्षय

इकाई 6 नदी के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई 7 वायु और भौमजल के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई 8 हिमनदों और महासागरों के भूवैज्ञानिक कार्य

खंड 3 संरचनात्मक भूविज्ञान

इकाई 9 संरचनात्मक भूविज्ञान – एक परिचय

इकाई 10 वलन

इकाई 11 भ्रंश

इकाई 12 संधि और विषमविन्यास

इकाई 13 क्षेत्र भूविज्ञान

खंड 4 पर्वत निर्माण और प्लेट विवर्तनिकी

इकाई 14 पर्वत निर्माण एवं पर्वतनी प्रक्रियाएं

इकाई 15 पर्वत निर्माण के सिद्धांत

इकाई 16 प्लेट विवर्तनिकी सिद्धांत

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

पाठ्यक्रम से संबंधित श्रव्य/दृश्य सामग्रियों की सूची

1. Earth System Science and Society - Part 1
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=dVbjNn0ZHRg

2. Earth System Science and Society - Part 2
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=0GMPIOrCdcE

3. Geoinformatics: An Introduction
   लिंक : https://youtu.be/vu7f5aFoox0

4. Applications of Geoinformatics
   लिंक : https://youtu.be/tfSDp2TO-Eg

5. Weathering, its types and Significance
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=gBYijlPPVgc

6. Soil: Product of Weathering
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=y-SENU4Abv8

7. Landslides: Its types and causes
   लिंक : https://youtu.be/cI73TU0hjQk

8. Landslides: Mitigation measures
   लिंक : https://www.youtu.be/BcUVeL43x7c

9. Deccan Volcanism-an Inside Story
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=1a3glcg0oGs

10. Himalaya-an Overview
    लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=vK5Cglisa1Y

11. Evolution of Himalaya
    लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=gVGZKqrjVZY

श्रव्य/दृश्य सामग्रियों का निर्माण एक निरंतर प्रक्रिया है। आप इस पाठ्यक्रम से संबंधित और सामग्रियों के लिए यूट्यूब के विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू के वेबसाइट पर जाए।

ये वीडियो आप इग्नू के eGyankosh वेबसाइट में भी देख सकते हैं।
लिंक : http://egyankosh.ac.in/handle/123456789/36575

भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

पृथ्वी एकमात्र ऐरा ग्रह है जिरा पर जीवन रांभव है। पृथ्वी हमें हमारे जीवन के लिए आवश्यक राभी वस्तुएं प्रदान करती है इसलिए इसे पृथ्वी माता भी कहा जाता है। पृथ्वी की आकृति, इसका विस्तार, अंतरिक्ष में इसकी स्थिति, आंतरिक संरचना, सतह पर दृश्यमान विभिन्न लक्षणों और उन पर कार्यरत प्रक्रमों को जानने रामझने के लिए मनुष्य हमेशा रो उत्सुक रहा है। विज्ञान की वह शाखा जिराके अंतर्गत हम पृथ्वी का अध्ययन करते हैं उसे भूविज्ञान कहते है। इस पाठ्यक्रम में हम भूविज्ञान और उसके विभिन्न पहलुओं का परिचय प्राप्त करेंगे।

इस पाठ्यक्रम मे चार खंड हैं। **खंड 1 सामान्य भूविज्ञान** में चार इकाइयां है जो भूविज्ञान से परिचय प्रदान करते हैं। इस खंड में हम सौरमंडल की रचना और पृथ्वी की उत्पत्ति, आयु, आंतरिक संरचना, संयोजन तथा आंतरिक भूवैज्ञानिक प्रक्रियाएं जैसे भूकंप और ज्वालामुखी से अवगत होंगें।

खंड 2 भूसतही प्रकियाएं मे चार इकाईयां हैं। यह पहले आपको बाह्य भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं से परिचय प्रदान करेगा। उसके पश्चात् आप नदी, वायु, भौमजल, हिमनद तथा महासागर के भूवैज्ञानिक कार्य और उनके द्वारा निर्मित भूआकृतियों से अवगत होंगें।

खंड 3 संरचनात्मक भूविज्ञान में पांच इकाईयां हैं। इस खंड की प्रथम इकाई संरचनात्मक भूविज्ञान के आधारभूत सिद्धांतों से परिचय कराती है। अगले तीन इकाई में विभिन्न भूवैज्ञानिक संरचनाएं जैसे भ्रंश, संधि, विषमविन्यास पर चर्चा करेंगें। पाँचवी इकाई मे हम भूविज्ञान में क्षेत्रकार्य तथा संबंधित पहलुओं के विषय में जानेंगें।

खंड 4 पर्वत निर्माण और **प्लेट विवर्तनिकी** है जिसमें तीन इकाईयां हैं। पहली दो इकाईयां पर्वत निर्माण तथा पर्वतनी प्रकियाओं से संबंधित है। तीसरी इकाई प्लेट विवर्तनिकी सिद्धांत से परिचय कराती है जो कि विभिन्न भूवैज्ञानिक घटनाओं का एकीकृत सिद्धांत है।

अपेक्षित लक्ष्य :

हम अपेक्षा करते है कि इस पाठ्यक्रम के अध्ययन के पश्चात् आप :

- भूविज्ञान को परिभाषित तथा समाज में इसके महत्व की चर्चा कर सकेंगे;
- पृथ्वी के महत्वपूर्ण लक्षणों, उसकी आंतरिक संरचना तथा संघटन और विभिन्न प्रक्रियाओं के परिचालन का वर्णन कर सकेंगे;
- नदी, वायु, भौमजल, हिमनदों तथा महासागरों द्वारा भूवैज्ञानिक कार्य तथा उनके द्वारा निर्मित भूआकृतियों का विस्तार से चर्चा कर सकेंगे;
- संरचनात्मक भूविज्ञान को परिभाषित तथा विभिन्न भूवैज्ञानिक संरचनाओं जैसे वलन, भ्रंश, संधि तथा विषमविन्यास की व्याख्या करने में सक्षम होंगे, तथा
- पर्वत निर्माण, पर्वतनी, महाद्वीपीय विस्थापन, समुद्र तल विस्तारण की अवधारणाओं की चर्चा तथा इन अवधारणाओं को प्लेट विवर्तनिकी सिद्धांत से एकीकृत करने मे सक्षम होंगे।

हम आशा करते हैं कि इस पाठ्यक्रम के अध्ययन के पश्चात् आप भूविज्ञान विषय के बारे मे आधारभूत समझ प्राप्त कर लेंगे।

शुभकामनाएं!

खंड 1 : सामान्य भूविज्ञान

भूविज्ञान, विज्ञान की प्राचीनतम शाखाओं में से एक है क्योंकि मानव आदिकाल से पृथ्वी के संसाधनों का उपयोग करता आ रहा हैं। भूविज्ञान शब्द **भू** और **विज्ञान** शब्दों से मिलकर बना है जिसका अर्थ है पृथ्वी का विज्ञान। वर्तमान में भूविज्ञान, पृथ्वी विज्ञान की वह शाखा है जिसमें पृथ्वी ग्रह के सारे पहलुओं का अध्ययन किया जाता है। पृथ्वी एक अद्वितीय ग्रह है जिसमें जीवन की संभावना के लिए उपयुक्त परिस्थितियां है। मानव हमेशा से ही पृथ्वी के बारे में जानने समझने के लिए उत्सुक रहा है परंतु इसके रहस्यों को जानने के लिए विशेष प्रशिक्षण की आवश्यकता होती है। भूवैज्ञानिक मानव के निर्माणकारी एवं विनाशकारी गतिविधियों का पृथ्वी के पर्यावरण और संसाधनों पर प्रभावों को समझने के लिए विशेष तरह से प्रशिक्षित होता है।

यह खंड आपको पृथ्वी और उसके विभिन्न पहलुओं के अध्ययन के लिए विज्ञान की एक शाखा, भूविज्ञान से परिचय कराता है। इस खंड मे चार इकाईयां है।

इकाई 1 भूविज्ञान - एक परिचय भूविज्ञान उसका महत्व और शाखाओं से परिचय कराता है। साथ ही इसका पृथ्वी विज्ञान सहित विज्ञान की अन्य शाखाओं से संबंध के बारे में भी परिचय कराता है।

इकाई 2 पृथ्वी और सौरमंडल पृथ्वी और सौरमंडल से परिचय प्रदान करता है। इसमें पहले पृथ्वी की सामान्य लक्षणों का वर्णन किया गया है और बाद में पृथ्वी की उत्पत्ति और आयु से संबंधित विभिन्न परिकल्पनाओं की व्याख्या की गई हैं।

इकाई 3 पृथ्वी की संरचना एवं संयोजन में आप पृथ्वी की आंतरिक संरचना और संयोजन के बारे में जानेंगें। इस इकाई में जलमंडल, वायुमंडल और जैवमंडल की उत्पत्ति के बारे में भी बताया गया है।

इकाई 4 भूकंप और ज्वालामुखी में पृथ्वी की आंतरिक प्रक्रियाओं के फलस्वरूप उत्पन्न होने वाले भूकंप और ज्वालामुखी जैसे घटनाओं, उनके भूवैज्ञानिक प्रभावों और उनके आपस के संबंध के बारे में बताया गया है। साथ ही भूकंप के कारण होने वाले सूनामी के बारे में भी बताया गया है।

अपेक्षित लक्ष्य

इस खंड के अध्ययन के बाद आप निम्न में सक्षम हो जाएंगे :

- भूविज्ञान को परिभाषित करना, उसके महत्व, शाखाओं और विज्ञान की अन्य शाखाओं से इसके संबंध की चर्चा करना;
- पृथ्वी की मुख्य लक्षणों का वर्णन करना;
- पृथ्वी की उत्पत्ति एवं आयु से संबंधित विभिन्न अवधारणाओं की व्याख्या कर करना;
- पृथ्वी की आंतरिक संरचना और उसके संयोजन की विस्तृत चर्चा करना; और
- भूकंप और ज्वालामुखी जैसे भूवैज्ञानिक घटनाओं की विस्तृत चर्चा करना।

हम आशा करते हैं कि इस खंड के अध्ययन के पश्चात् आप भूविज्ञान विषय, पृथ्वी ग्रह के मुख्य लक्षणों, उसकी संरचना एवं संयोजन तथा भूकंप और ज्वालामुखी के बारे में मूलभूत जानकारी ग्रहण कर लेंगे।

शुभकामनाएं।

इकाई 1

भूविज्ञान – एक परिचय

इकाई की रूपरेखा

1.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
1.2 भूविज्ञान
परिभाषा
भूविज्ञान दूसरे विज्ञानों से कैसे भिन्न है?
भूवैज्ञानिक पृथ्वी का अध्ययन कैसे करते हैं?
भूविज्ञान का पृथ्वी विज्ञान से सम्बन्ध
1.3 भूविज्ञान की शाखाएं
सामान्य भूविज्ञान
खनिज विज्ञान
शैल विज्ञान
ऐतिहासिक भूविज्ञान
अनुप्रयुक्त और सम्बद्ध शाखाएं
भूविज्ञान में उभरती शाखाएं
1.4 हमारे जीवन में भूविज्ञान
प्राकृतिक संसाधन
जल संसाधन
उर्जा संसाधन
अभियांत्रिकी परियोजनाएँ
पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति और क्रमिक विकास
प्राकृतिक आपदा प्रबन्धन
सतत् कृषि में भूवैज्ञानिक की भूमिका
1.5 भूविज्ञान में रोजगार की संभावनाएं
सरकारी संगठनों/संस्थानों में संभावनाएं
उद्योगों में संभावनाएं
भूविज्ञान से सम्बन्धित शैक्षणिक कार्यक्रम
1.6 सारांश
1.7 क्रियाकलाप
1.8 सात्रिक प्रश्न
1.9 संदर्भ
1.10 आगे/प्रस्तावित अध्ययन

1.1 प्रस्तावना

पृथ्वी एक अद्वितीय ग्रह है, जिसमें करोड़ों लोग रहते हैं। यह एक मात्र ऐसा ग्रह है जहाँ जीवन के लिए आवश्यक दशाएं संतुलित रुप में विद्यमान है। पृथ्वी जिसमें हम निवास करते हैं, सभ्यता के प्रारम्भ से ही मानव जाति को आकर्षित करती आयी है। आप जानते होंगे कि पृथ्वी ने हमारी आवश्यकता की वह प्रत्येक वस्तु उपलब्ध कराई है, जिसके बारे में हम सोच सकते है या कल्पना कर सकते हैं। इसलिए हम इसे 'पृथ्वी माँ' से भी सम्बोधित करते हैं। हमें इस ग्रह के बारे में जानने की जिज्ञासा हमेशा रही है जिस पर कभी हमारे पूर्वज रहते थे। आप अभिज्ञ होंगे कि प्राचीन समय से ही मनुष्य पृथ्वी के आकार, आकृति, विस्तार और अंतरिक्ष में इसकी स्थिति के अलावा पृथ्वी के पृष्ठीय लक्षणों और इस पर कार्यरत प्रक्रमों को जानने समझने की कोशिश करता रहा है। प्राचीन समय के दार्शनिकों से लेकर वर्तमान वैज्ञानिकों तक, हमने हमारे ग्रह के बारे में ज्ञान अर्जित किया है। तथापि, नए विचार और दृष्टिकोण की हमेशा ही आवश्यकता है क्योंकि कोई

भी ज्ञान पूर्ण और अन्तिम नहीं है। विज्ञान की एक शाखा जो पृथ्वी के अध्ययन से सम्बन्धित है, उसे भूविज्ञान कहते हैं।

अब आप सोच रहे होंगे कि भूविज्ञान हमारे लिए क्यों महत्वपूर्ण है?

हम भूविज्ञान का मानव समाज के लिए महत्व के बारे में जानेंगें। इस इकाई में हम भूविज्ञान का पृथ्वी विज्ञान से संबंध और साथ ही भूविज्ञान के विभिन्न शाखाओं के बारे में चर्चा करेंगे। आप पायेंगे कि भूविज्ञान मानव जाति के लिए अत्यधिक उपयोगी है और भूविज्ञान का अध्ययन आनन्ददायक है। अन्त में हम भूविज्ञान के क्षेत्र में रोजगार की संभावनाओं से परिचित होंगे। हो सकता है आपकी भी भूविज्ञान में रूचि विकसित हो गजाए और आप इसी क्षेत्र को रोजगार या व्यवसाय के तौर पर चुन लें।

अपेक्षित लक्ष्य

इस इकाई के अध्ययन के बाद आप निम्नलिखित में सक्षम हो जाएंगे :

- भूविज्ञान को परिभाषित करना और इसका पृथ्वी विज्ञान से सम्बन्ध समझाना;
- समाज के लिए भूविज्ञान के महत्व की चर्चा करना;
- भूविज्ञान की शाखाओं को पहचानना; और
- भूविज्ञान के क्षेत्र में रोजगार की संभावनाओं से परिचित होगें;

1.2 भूविज्ञान

भूविज्ञान या जियोलॉजी (geology) शब्द की उत्पत्ति दो ग्रीक शब्दों ***'जीओ'*** (**गेगिया** अथवा **जी**, ग्रीक पौराणिक कथा की पैतृक पृथ्वी-देवी है) और **लॉजी** ***('लागस'***, 'ज्ञान' को इंगित एक प्रत्यय) जिसका अर्थ क्रमशः पृथ्वी और विज्ञान है। अतः, जियोलॉजी का शाब्दिक अर्थ 'पृथ्वी का अध्ययन' अथवा 'पृथ्वी का विज्ञान' है।

पृथ्वी के भौतिक पदार्थों का अध्ययन प्राचीन ग्रीक के समय से हुआ जब थिओफ्रेस्टस (372-287 ई.पू.) ने *पेरीलिथॉन* (प्रस्तर पर) पुस्तक लिखी थी। यह माना जाता है कि जियोलॉजी शब्द प्रथम बार रिचर्ड डी बरी द्वारा 1473 में प्रयोग किया गया था और आधुनिक व्यवहार में यूलिसिस अल्ड्रोवैण्डस के द्वारा 1605 में लाया गया था। एक और दर्शन के अनुसार जीयोलॉजी (भूविज्ञान) शब्द का प्रथम बार प्रयोग 1778 में जीव ऐंड्रिया डी लुक (स्विस वैज्ञानिक) और उसी समय स्विस रसायन वैज्ञानिक, एस.बी. सौसर के कार्य में किया गया है।

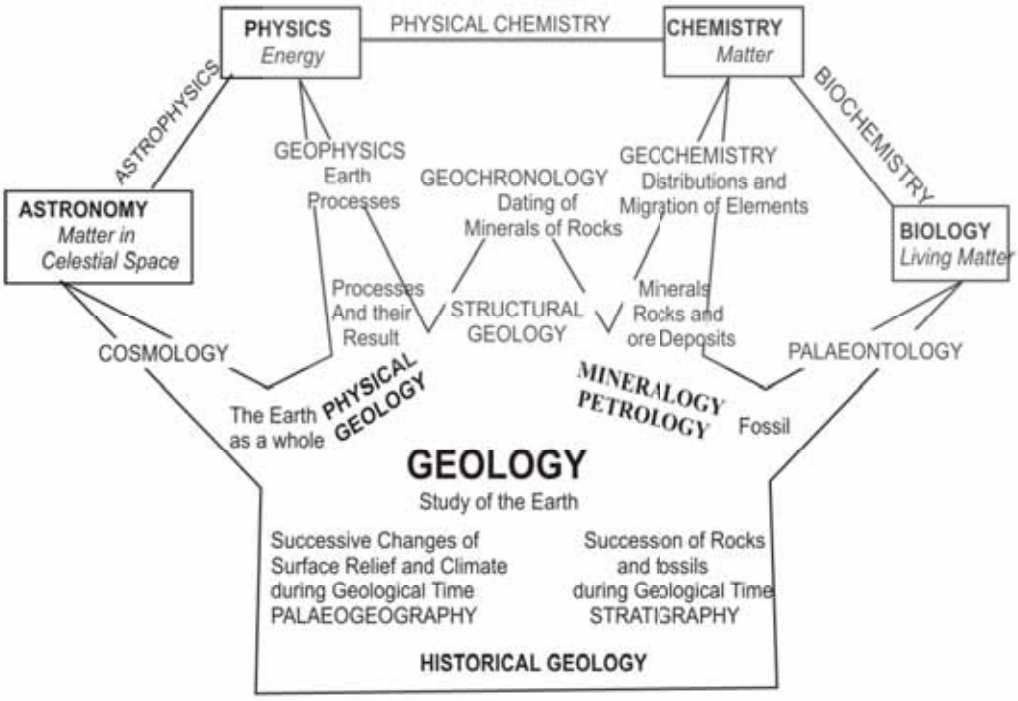
वैसे तो भूविज्ञान प्राचीनतम विज्ञान है क्योंकि मनुष्य प्राचीन काल से ही पृथ्वी के प्राकृतिक संसाधनों का उपयोग करता आया है। आज, भूविज्ञान की पहचान पृथ्वी विज्ञान की एक शाखा के रूप में है जिसके अन्तर्गत पृथ्वी ग्रह के सभी पहलूओं का अध्ययन होता है। हम बाद में इसी अनुभाग में पृथ्वी विज्ञान के बारे में चर्चा करेंगे।

जो व्यक्ति भूविज्ञान के क्षेत्र में कार्य करते हैं, उन्हें **भूवैज्ञानिक** कहा जाता है। भूवैज्ञानिक मानव जाति के विनाशकारी और सम्भावित लाभकारी कार्यों का पृथ्वी के पर्यावरण और प्राकृतिक संसाधनों पर प्रभावों को समझने के लिए विशेष रूप से प्रशिक्षित होते हैं। चित्र 1.1 क्षेत्र में भूवैज्ञानिकों के कार्य को दर्शाता है। आप इस इकाई में भूवैज्ञानिकों के लिए रोजगार की संभावना से भी परिचित होंगे।

चित्र 1.1 : भूवैज्ञानिकों को क्षेत्र में कार्य करते हुए दिखाता आरेख।

भूविज्ञान एक समाकलनात्मक (integrative) विज्ञान है। पृथ्वी कैसे कार्य करती है, इसे समझने और चित्रित करने के लिए एक भूवैज्ञानिक अनिवार्य रूप से रसायन विज्ञान, जन्तुविज्ञान, भौतिकी और गणित के घटकों को एकीकृत करता है। भूविज्ञान रासायनिक, जैविक, भौतिक और गणितीय अवयवों के अतिरिक्त अभिकलनी (computational) विज्ञान को भी एकीकृत करता है। उदाहरण के तौर पर, शैल के एक टुकड़े का परीक्षण करते समय भूवैज्ञानिक उसमें जीवन के संकेतों की सम्भावना खोजते हैं। इसके खनिजों की पहचान तथा रासायनिक विश्लेषण करते हैं और इसके द्रव्य गुणों यथा भौतिक, प्रकाशिक और अभियांत्रिकी का परीक्षण करते हैं।

चित्र 1.2 भूविज्ञान का विज्ञान की दूसरी मूल शाखाओं यथा खगोलिकी, भौतिकी, रसायन विज्ञान और जन्तु विज्ञान से सम्बन्धों को स्पष्ट करता है। अन्तराविषयक (interdisiplinary) शाखाएं इतनी व्यापक और विविध हो गयी हैं कि उनको पूर्ण रूप से पृथक विषय के रूप में माना जाता है।



चित्र 1.2 : भूविज्ञान का विज्ञान के दूसरे मूल शाखाओं से परस्पर संबंध।
(स्रोत : Arthur Holmes, 1981)

अगले अनुभाग में हम भूविज्ञान के विभिन्न शाखाओं का अध्ययन करेंगे। उसके पहले हम भूविज्ञान से संक्षिप्त परिचय करते हैं।

1.2.1 परिभाषा

भूविज्ञान एक मोहक विषय है जिसमे पृथ्वी की नब्ज का निरीक्षण किया जाता है। इसमें सम्पूर्ण पृथ्वी, इसकी उत्पत्ति, संरचना, संयोजन, इतिहास (जीवन सहित) और प्रक्रमों की प्रकृति जिसके द्वारा इसका वर्तमान रूप प्राप्त हुआ है, का अध्ययन किया जाता है।

पृथ्वी और इसके निवासियों के इतिहास और पृथ्वी के क्रमिक विकास के अध्ययन को **भूविज्ञान** के तौर पर परिभाषित किया जा सकता है। भूविज्ञान, पृथ्वी शैलों (जिससे यह बना हुआ है) और उनमें होने वाले परिवर्तन (जो हुआ है और हो रहा है) की जानकारी देता है।

Grotzinger और Jordan (2010) के अनुसार "भूविज्ञान पृथ्वी विज्ञान की वह शाखा है जिसमें पृथ्वी ग्रह के सभी पहलूओं जैसे इतिहास, संयोजन, आन्तरिक संरचना और इसके लक्षणों का अध्ययन किया जाता है"।

1.2.2 भूविज्ञान दूसरे विज्ञानों से कैसे भिन्न है?

अब हम विचार करेंगें कि भूविज्ञान दूसरे विज्ञानों से कैसे भिन्न है? अक्सर आपने देखा होगा कि वैज्ञानिकों को सफेद प्रयोगशाला कोट पहनकर प्रयोग करते हुए दर्शाया जाता है। लेकिन भूविज्ञान विषय अन्य विज्ञानों से निम्नलिखित पहलूओं में भिन्न है :

- भूविज्ञान एक बाहरी/क्षेत्र विज्ञान है जिसका अपना एक अलग दृष्टिकोण है।
- क्षेत्र इसकी प्राकृतिक प्रयोगशाला है जहाँ कोई प्रकृति का प्रत्यक्ष निरीक्षण कर सकता है।
- भूवैज्ञानिक "शैल पर लिखे हुए" को पढ़कर पृथ्वी की लम्बी कहानी को जानने समझने की कोशिश करता है।
- भूवैज्ञानिक को भूभाग की सुदूरता और कठिन प्राकृतिक परिस्थितियों को ध्यान दिए बिना एकान्त और सुदूर क्षेत्रों में कार्य करना पड़ सकता है। वे आंकड़े एकत्र करते हैं। क्षेत्र में एक गलत ज्ञान/दृष्टि में चूक या किसी महत्वपूर्ण प्रमाण का नज़रअंदाज होना, एक प्रचुर खनिज निक्षेप की खोज को व्यर्थ कर सकता है अथवा मानव द्वारा निर्मित सिविल संरचना जैसे बाँध को विफल कर सकता है।
- लगभग सभी बड़े आविष्कार अनियंत्रित और प्राकृतिक स्थलीय वातावरण में हुए हैं।
- भूवैज्ञानिक प्रक्रम वृहत् और लम्बे पैमाने पर कार्य करते हैं।

भूविज्ञान मूलतः एक अवलोकनीय क्षेत्र विज्ञान है और भौमिकीय नक्शा इसका मुख्य औजार है। भूविज्ञान के अध्ययन के लिए क्षेत्र एक प्राकृतिक प्रयोगशाला है। अतः क्षेत्र के अवयव भूविज्ञान पाठ्यक्रम के समग्र अवयव है। तथापि बीते कुछ दशकों से कम्प्यूटर साफ्टवेयर (Computer Software) उपलब्ध हो गये है। जो प्रयोगशाला में क्षेत्र के आंकड़ों को प्रक्रिया में लाते हैं।

1.2.3 भूवैज्ञानिक पृथ्वी का अध्ययन कैसे करते हैं?

आप ने पढ़ा है कि भूविज्ञान एक क्षेत्र विज्ञान है और हमारे चारों ओर क्षेत्र मौजूद है। भूवैज्ञानिक किसी परियोजना पर कार्य करने से पहले इसके उद्देश्य को अनिवार्य रूप से परिभाषित करता है। आप अवश्य सोच रहे होंगें कि भूवैज्ञानिक के लिए क्या उद्देश्य हो सकता है। पेट्रोलियम की खोज, खनिज संसाधन अथवा भूकंप प्रवृत क्षेत्र की पहचान इत्यादि इनमें से कुछ भी हो सकते है। आइए अब हम भूवैज्ञानिक अध्ययन में सम्मिलित चरणों पर विचार करते हैं :

- **प्रेक्षण करना (Making observations)**: अपनी पांचों इन्द्रियों का उपयोग करके आंकड़ों के संकलन को प्रेक्षण कहते है। प्रेक्षण के दौरान संकलित जानकारियों को आंकड़ा कहते हैं। उदाहरण के लिए सूर्य पूर्व में उगता है का प्रेक्षण पृथ्वी की कक्षा के बारे में आंकड़ा उपलब्ध कराता है।

- **मॉडल या परिकल्पना प्रस्तावित करना या उसमें सुधार करना (Building or modifiying hypothesis or model)** : एक भूवैज्ञानिक लम्बे समय से सावधानीपूर्वक किए गये प्रेक्षणों पर आधारित एक परिकल्पना का प्रस्ताव रखता है और इसका मूल्यांकन करने एवं परीक्षण करने के लिए समुदाय को पेश करता है। वह परिकल्पना जिसका अनुमोदन होता है, उसकी विश्वसनीयता बढ़ती है।

- **प्रागुक्ति (Prediction)** : इसके अन्तर्गत परिकल्पन (अथवा मॉडल) का प्रयोग करके दूसरी परिघटना (phenomenon) के अस्तित्व की भविष्यवाणी करता है अथवा नए प्रेक्षण के परिणाम की भविष्यवाणी करता है। यह निगमनात्मक तर्क (deductive reasoning) का प्रयोग करके किया जाता है।

- **प्रागुक्ति की जाँच के लिए प्रयोग/परीक्षण करना (Conducting experiments to test predictions)** : प्रागुक्ति की जाँच के अन्तर्गत आँकड़ों का संकलन प्रयोग की परिशुद्ध जाँच या परिकल्पना का सावधानीपूर्वक परीक्षण शामिल होता है।

- **निष्कर्ष निकालना (Drawing conclusions)** : भूवैज्ञानिक एकत्रित आँकड़ों का विश्लेषण कर निष्कर्ष निकालते हैं। कई बार दोहराए गये अवलोकन, निष्कर्ष की वैधता को सत्यापित करते हैं।

कई प्रचलित सिद्धान्तों में से सबसे मूलभूत सिद्धान्त **एकरूपतावाद** (uniformatarianism) का सिद्धान्त है। जेम्स हटन ने 1735 में **'वर्तमान, भूतकाल की कुंजी है'** का सिद्धान्त दिया। इसका अर्थ यह है कि पृथ्वी पर वर्तमान में कार्यरत प्रक्रम इसके रहस्य सुलझाने के लिए सुराग प्रदान करते है। इसके बाद परिकल्पना (hypothesis) एक **सिद्धांत** (theory) अथवा **वैज्ञानिक नियम** (scientific law) बन जाता है।

1.2.4 भूविज्ञान का पृथ्वी विज्ञान से सम्बन्ध

हमने हमारी धरती माँ के अध्ययन में हमारी रूचि के बारे में चर्चा की है। यह अध्ययन पृथ्वी विज्ञान कहलाता है। पृथ्वी वैज्ञानिक पृथ्वी से संबंधित आंकड़ों का निरीक्षण, संग्रहण, और वर्गीकरण करते है। वे लगातार पृथ्वी के रहस्य को सुलझाने का प्रयास करते हैं। पृथ्वी विज्ञान में परम्परागत विषयों जैसे जीव विज्ञान, रसायन विज्ञान, भौतिकी, गणित,

अभियांत्रिकी और अर्थशास्त्र का ज्ञान समाहित है। **पृथ्वी विज्ञान** में पृथ्वी ग्रह से संबन्धित विज्ञान के सभी पहलूओं जैसे वायुमण्डल, जलमण्डल और जैवमण्डल तथा साथ ही ठोस पृथ्वी की क्रमबद्ध अध्ययन शामिल होते हैं।

पृथ्वी विज्ञान के व्यापक क्षेत्र निम्न हैं :

- भूविज्ञान (Geology)
- जलविज्ञान (Hydrology)
- समुद्र विज्ञान (Oceanography)
- मौसम विज्ञान (Meteorology)
- खगोलिकी (Astronomy)

उपर्युक्त में से अभी हमारी दिलचस्पी भूविज्ञान में है इसलिए इसी पर हम अपना ध्यान केन्द्रित करेंगे।

जलविज्ञान में पृथ्वी और दूसरे ग्रहों की सतह पर जल की गति, वितरण और गुण का अध्ययन होता है। **समुद्र विज्ञान** को समुद्री/सागरी विज्ञान भी कहा जाता है जो पृथ्वी विज्ञान की वह शाखा है जिसके अन्तर्गत समुद्र के सभी पहलूओं का अध्ययन होता है। पृथ्वी के वायुगण्डल, गौसग और जलवायु **गौसग विज्ञान** विषय के अन्तर्गत आते हैं। **खगोलिकी** में पृथ्वी के सापेक्ष आकाश का अध्ययन होता है। खगोलिकी से मानव जाति प्राचीन समय से मोहित है। पृथ्वी विज्ञान की सर्वप्रथम पुस्तक अरस्तु द्वारा लिखित **गीटरोलॉजिका** मानी जाती है जो 330 ई. पू. प्रकाशित हुई थी।

पृथ्वी विज्ञान के अन्तर्गत भूगोल भी आता है, जिसमें हम पृथ्वी के पृष्ठीय लक्षण और इस पर रहने वाले लोगों का अध्ययन उत्पत्ति का वर्णन किए बगैर करते हैं। पृथ्वी कैसे कार्य करती है को समझने के लिए आप को अनिवार्य रूप से इन सभी का अध्ययन करना होगा। पृथ्वी विज्ञान हमारे ग्रह का इतिहास, इसको संशोधित करने वाले प्रक्रमों और साथ ही इसके लक्षणों और भविष्य की परियोजनाओं को व्यक्त करता है। पृथ्वी विज्ञान का अध्ययन हमे हमारे चारों ओर चीजें क्यों और कैसे घटित होती हैं, का एक नया परिदृश्य देता है। यह स्थान और समय के संबंध में विश्व वैश्विक पर्यावरणीय समस्याओं के समाधान खोजने का भी प्रयास करता है।

पृथ्वी प्रणाली विज्ञान (Earth System Science) एवं उसके सामाजिक महत्व को जानने के लिए निम्न वीडियो देखें :

1. Earth System Science and Society – Part 1

   Link : https://www.youtube.com/watch?V=dVbjNn0ZHRg

2. Earth System Science and Society – Part 2

   Link : https://www.youtube.com/watch?V=0GMPIOrCdcE

इस अनुभाग में हमने भूविज्ञान की परिभाषा के बारे में जाना और यह भी जाना कि कैसे यह दूसरे विज्ञान से भिन्न होते हुए भी संबंधित है और एक भूवैज्ञानिक पृथ्वी का अध्ययन कैसे करता है। हमने पृथ्वी विज्ञान से भूविज्ञान के संबंध के बारे में भी अध्ययन किया है।

अगले अनुभाग में हम भूविज्ञान की विभिन्न शाखाओं की चर्चा करेंगे लेकिन अगले अनुभाग पर जाने से पहले अपनी प्रगति को जांचने के लिए 5 मिनट का समय दें।

बोध प्रश्न 1

a) भूविज्ञान को परिभाषित करें और पृथ्वी विज्ञान से इसके संबंध का वर्णन करें।

b) "भूविज्ञान एक समाकलनात्मक विज्ञान है।" उचित कारण बताइए।

c) भूविज्ञान और दूसरे विज्ञानों के बीच मुख्य अन्तर क्या है?

1.3 भूविज्ञान की शाखाएं

आप अभी तक भूविज्ञान में मौलिक विज्ञान के एकीकरण के बारे में जान चुके हैं। अब हम इसकी विभिन्न शाखाओं जिसको भूविज्ञान के उपविषय के रूप में भी सम्बोधित किया जाता है, उनका तथा उनके कार्यक्षेत्रों का अध्ययन करेगें।

1.3.1 सामान्य भूविज्ञान

सामान्य भूविज्ञान में निम्न शाखाएं हैं :

a) **ग्रहीय भूविज्ञान** : इसको **खगोल भूविज्ञान** भी कहा जाता है, जो अंतरिक्ष में पृथ्वी के वातावरण की जानकारी देता है। यह खगोलीय पिण्डों जैसे ग्रहों और उनके चन्द्रमाओं, क्षुदग्रहों और पुच्छलताराओं के भूविज्ञान से संबंधित है।

b) **भौतिक भूविज्ञान** : भौतिक पहलुओं, आन्तरिक और बाह्य कारकों और प्रक्रम जो पृथ्वी को आकार देते है, का अध्ययन भौतिक भूविज्ञान में किया जाता है। इसकी कई उपशाखाएं हैं।

c) **संरचनात्मक भूविज्ञान** : इसमें शैल में अवलोकित संरचनाओं का अध्ययन होता है। विविध भौतिक बलों के फलस्वरूप पृथ्वी के बाह्य सतह पर संरचनात्मक परिवर्तन होते हैं। इन संरचनाओं और उत्तरदायी बलों के अध्ययन को संरचनात्मक भूविज्ञान कहा जाता है।

d) **भूविवर्तनिकी या गतिक भूविज्ञान** : यह भूपर्पटी के बड़े पैमाने वाले आकृति से संबंधित है। इसका संबंध भूपर्पटी की गति, आकृति, संरचना और गति के कारण होने वाले विरूपण के फलस्वरूप शैलों के विन्यास से होता है। इन बलों और परिवर्तनों का अध्ययन भूविवर्तनिकी या गतिक भूविज्ञान का विषयवस्तु है।

e) **भूआकृतिविज्ञान** : इसमें पृथ्वी की सतह पर विविध बाह्य कारकों के प्रचालन से उत्पन्न पृथ्वी के पृष्ठीय लक्षणों का अध्ययन होता है। भौतिक भूगोल या प्राकृतिक भूगोल (physical geography or physiography) केवल बाह्य अभिलक्षणों का वर्णन करता है जबकि भूआकृतिविज्ञान (geomorphology) में हम उनके उत्पत्ति का भी अध्ययन करते हैं।

1.3.2 खनिज विज्ञान

खनिज विज्ञान भूविज्ञान की वह शाखा है जिसमें खनिजों के निर्माण, संघटन, अभिलक्षणों (भौतिक और प्रकाशीय), वर्गीकरण प्राप्ति की दशाएं और उत्पत्ति तथा साथ ही उनके भौगोलिक वितरण और उपयोग का भी अध्ययन होता है।

वर्णनात्मक खनिज विज्ञान के अन्तर्गत खनिजों के विभिन्न अभिलक्षणों का अध्ययन होता है। यह निम्नलिखित में उपविभाजित है :

a) **भौतिक खनिज विज्ञान**, खनिजों के भौतिक अभिलक्षणों का अध्ययन है।

b) **प्रकाशीय खनिज विज्ञान,** खनिजों के प्रकाशीय लक्षणों से संबंध रखता है।

c) **रासायनिक खनिज विज्ञान,** खनिजों के रासायनिक रचना के अध्ययन से संबंधित हैं।

d) **क्रिस्टल विज्ञान** एक शाखा है जिसमें क्रिस्टल के बाह्य आकार और आन्तरिक परमाणु संरचना का अध्ययन होता है।

e) **आर्थिक खनिज विज्ञान** के अन्तर्गत आर्थिक महत्व के खनिजों का अध्ययन होता है। यह भूपर्पटी के आर्थिक रूप से उपयोगी खनिजों और शैलों जैसे कोयला, पेट्रोलियम, धात्विक तथा अधात्विक अयस्कों का अध्ययन है।

1.3.3 शैल विज्ञान

शैल विज्ञान का पेट्रोलॉजी ग्रीक शब्द **पेट्रा** और **लॉगॉस** शब्दों से बना है जिसका क्रमशः अर्थ "शैल और ज्ञान/विद्या" है तथा यह भूविज्ञान की एक शाखा है जिसमें शैलों की उत्पत्ति, गठन, संरचना, खनिजीय संघटन, वितरण और शैलों के इतिहास का अध्ययन होता है। शैल विज्ञान की तीन शाखाएं हैं :

a) **आग्नेय शैल विज्ञान** में गर्म गलित द्रव्य के संपीडन से विकसित प्राथमिक आग्नेय शैलों का अध्ययन होता है।

b) **अवसादी शैल विज्ञान** के अन्तर्गत पूर्ववर्ती शैलों के रासायनिक अपघटन अथवा बलकृत विघटन से बने अवसादों या अवसादी शैलों का अध्ययन होता है।

c) **कायान्तरित शैल विज्ञान** में पूर्ववर्ती में विद्यमान शैलों पर दाब और/अथवा ताप के बढ़ने तथा रासायनिक रूप से सक्रिय तरल पदार्थ की मौजूदगी में होने वाले परिवर्तनों के फलस्वरूप निर्मित शैलों का अध्ययन किया जाता है।

1.3.4 ऐतिहासिक भूविज्ञान

यह पृथ्वी के इतिहास और लक्षणों को बतलाता है और इसके अन्तर्गत निम्नलिखित शाखाएं हैं :

a) **जीवाश्म विज्ञान** (Palaeontology) : पुरातन वनस्पतियों तथा जीवों के अवशेष जो शैलों के भूवैज्ञानिक क्रम में पाये जाते हैं, इसके अध्ययन को जीवाश्म विज्ञान कहते हैं। पूर्व भूवैज्ञानिक कल्प के शैलों में पाए जाने वाले पुरातन वनस्पतियों और जीवों के अवशेषों को **जीवाश्म** कहते हैं और उनके अध्ययन को जीवाश्म विज्ञान कहते हैं। भूतकाल के जीव शैलों में जीवाश्म के रूप में परिरक्षित हैं। जीवों और पादपों के

प्रकार एवं अंश के आधार पर इसको कशेरूकी जीवाश्मविज्ञान, अकशेरूकी जीवाश्मविज्ञान, सूक्ष्मजीवाश्मविज्ञान, पुरावनस्पति विज्ञान और परागाणु विज्ञान में वर्गीकृत किया जा सकता है।

पुरावनस्पति विज्ञान (Palaeobotany) शैलों में पायी जाने वाली प्राचीन वनस्पति का अध्ययन करते हैं। **परागाणु विज्ञान** (Palynology) में शैलों में परिरक्षित बीजाणु तथा परागाणु का अध्ययन किया जाता है।

b) **स्तरक्रम विज्ञान** (Stratigraphy) : कालानुक्रमिक क्रम में पृथ्वी के शैलों की व्यवस्था और अध्ययन स्तक्रम विज्ञान का विषयवस्तु है। भूविज्ञान की यह शाखा स्तरित और दूसरे शैलों का भौमिकीय इतिहास के अभिलेख के रूप में अध्ययन से संबंधित है। कालानुक्रमिक क्रम के समय के साथ घटनाओं की व्यवस्था या घटनाक्रमों के अभिलेख उनके पाये जाने के क्रम में होता है।

हमने भूविज्ञान की बुनियादी अथवा सामान्य शाखाओं के परिभाषाओं को जाना। अब हम अनुप्रयुक्त और सम्बद्ध शाखाओं की चर्चा करेंगे।

1.3.5 अनुप्रयुक्त और सम्बद्ध शाखाएं

a) **खनन भूविज्ञान** : खदान और खनन के लिए उचित स्थल के चुनाव के लिए खनन अभियांत्रिकी में भूविज्ञान के उपयोग से संबंधित है।

b) **अभियांत्रिकी भूविज्ञान** : सिविल अभियांत्रिकी परियोजनाओं के साथ-साथ बांध, सुरंग, पहाड़ी सड़कें, भवन सामग्री और सड़क सामग्री के उचित प्रबन्धन के समस्याओं से संबंधित भूविज्ञान के अध्ययन से संबंधित है।

c) **जल भूविज्ञान अथवा भू-जल विज्ञान** : भौमजल से संबंधित है और यह भूविज्ञान एवं जलविज्ञान के मध्य का क्षेत्र है।

d) **शैल यांत्रिकी** : स्थैतिक एवं गतिक भार से शैल व्यवहार में भूविज्ञान की भूमिका से संबंधित है।

e) **भूभौतिकी** : सर्वेक्षण, पूर्वेक्षण इत्यादि में प्रयुक्त भूविज्ञान और भौतिकी की पारस्परिक क्रिया वाली शाखा को भूभौतिकी कहा जाता है। पृथ्वी का संघटन और भौतिक बलों की प्रकृति जो पृथ्वी के ऊपर/अन्दर कार्य करते हैं, इसकी विषय वस्तु है।

f) **भूरसायन** : यह पृथ्वी में विभिन्न अवयवों के बाहुल्य, विस्तार एवं अभिगमन से संबंधित है।

g) **जैवभूरसायन** : यह भौमिकीय, रासायनिक, भौतिक और जीव वैज्ञानिक प्रक्रमों एवं प्रतिक्रियाओं जो प्राकृतिक वातावरण के संयोजन को संनियंत्रित करते, के अध्ययन से संबंधित है। इसके अन्तर्गत वायुमंडल, जैवमंडल, जलमंडल, स्थलमंडल और मृदामंडल सम्मिलित हैं।

h) **समुद्र विज्ञान अथवा भौमिकीय समुद्र विज्ञान** : इसके अन्तर्गत समुद्र द्रोणीयों में और समुद्रतटीय किनारों पर भूभौतिकीय, भूरासायनिक, अवसादी और जीवाश्मीय अनुसंधान सम्मिलित हैं।

i) **भूसूचना विज्ञान** : यह खनिज अन्वेषण, भूआकृति विज्ञान, संरचनात्मक भूविज्ञान, आदि से संबधित भूवैज्ञानिक समस्याओं को हल करने के लिए स्थानिक आँकड़ों और सूचना को विकसित करने और प्रयोग में लाने से संबंधित है।

भूसूचना विज्ञान एवं उसके अनुप्रयोग को समझने के लिए निम्न दो वीडियो देंखें :

1. Geoinformatics: An Introduction
   Link : https://youtu.be/vu7f5aFOoxO
2. Applications of Geoinformatics
   Link : https://youtu.be/tfSDp2TO-Eg

1.3.6 भूविज्ञान में उभरती शाखाएं

भूविज्ञान की कई नई शाखाएं उभर रही हैं जो निम्न हैं :

a) **चिकित्सा भूविज्ञान** : यह प्राकृतिक भौमिकीय पदार्थों एवं प्रक्रियाओं और उनके मनुष्य एवं जानवरों के स्वास्थ्य पर होने वाले प्रभावों के अध्ययन से संबंधित है।

b) **कृषि भूविज्ञान** : यह मृदा की प्रकृति और विस्तार, खनिज उर्वरकों की उपस्थिति और सतत् कृषि के लिए आवश्यक भौमजल के अध्ययन से संबंधित है।

c) **पुराजलवायु विज्ञान** : यह भूविज्ञान की वह शाखा है जिसके अन्तर्गत पृथ्वी के प्राचीन काल की जलवायु का अध्ययन किया जाता है।

d) **रत्न विज्ञान** : यह खनिज विज्ञान की वह शाखा है जो प्राकृतिक तथा कृत्रिम रत्नों एवं रत्न प्रस्तरों के पहचान और मूल्यांकन से संबंधित है।

e) **फोरेंसिक (न्यायालयी) भूविज्ञान** : यह पृथ्वी में पाए जाने वाले खनिज, तेल, पेट्रोलियम और दूसरे खनिजों से संबंधित प्रमाणों जिसका प्रयोग वैध कानूनों में होता है, के अध्ययन से संबंधित है।

f) **भू-सूक्ष्मजीवविज्ञान** : यह सूक्ष्मजीवों और उनके उपापचय प्रक्रियाओं का भूवैज्ञानिक एवं भूरासायनी पदार्थों और/अथवा प्रक्रियाओं से पारस्परिक संबंधों के अध्ययन से संबंधित है।

g) **भूपर्यटन** : यह वह पर्यटन जो किसी स्थान के भौगोलिक लक्षणों जैसे उसके वातावरण, संस्कृति, सौन्दर्य विरासत और वहाँ के निवासियों के कुशलक्षेम को बनाए रखने या बढ़ाने से जुड़े हुए पर्यटन से संबंधित है, की व्याख्या करता है।

h) **भूपुरातत्व विज्ञान** : यह पुरातत्व के अध्ययन एवं विवेचन के लिए भूविज्ञान, भूगोल और पृथ्वी के अन्य उपविषयों के बहुविद्या तकनीकियों का उपयोग करता है। उदाहरण के तौर पर भवन निर्माण सामग्री का अपक्षय से बचाव।

i) **भूसांख्यिकी** : यह सांख्यिकी की वह शाखा है जो भौमिकीय पहलुओं को समझने के लिए स्थान एवं समय पर आधारित आंकड़ों पर केन्द्रित है।

ये शाखाएं इतनी बृहत् और विकसित हो गयी हैं कि अक्सर इन्हें विज्ञान की स्वतंत्र शाखाओं के रूप में समझा जाता है।

इस अनुभाग में हमने भूविज्ञान की विभिन्न शाखाओं के बारे में जाना। अगले अनुभाग में हम हमारे जीवन में भूविज्ञान के महत्व के बारे में चर्चा करेंगे। पर अगले अनुभाग में जाने से पहले अपनी प्रगति को जाँचें।

बोध प्रश्न 2

a) ग्रहीय भूविज्ञान क्या है?

b) शैल विज्ञान में आप क्या अध्ययन करते हैं?

c) भूआकृति विज्ञान और प्राकृतिक भूगोल में क्या भेद है?

d) भूविज्ञान के कोई 4 उभरते हुए शाखाओं की सूची बनाए।

1.4 हमारे जीवन में भूविज्ञान

आपके मन में ऐसे कई प्रश्न आ रहे होंगे जिनके उत्तर जानने के लिए आप उत्सुक होंगें। भूवैज्ञानिक के कार्य क्या है? भूविज्ञान हमारे जीवन को कैसे प्रभावित करता है? हमारे समाज में भूवैज्ञानिक की क्या भूमिका है? भूवैज्ञानिक भूविज्ञान को कैसे व्यवहार में लाते है?

आइये इन प्रश्नों के उत्तर खोजते हैं।

आपने पढ़ा है कि हमारी सभ्यता पृथ्वी के प्राकृतिक संसाधनों (जल, मृदा, जीवाश्म ईंधन, धातुओं, खनिज आदि) पर अत्यधिक निर्भर है। यह जानना दिलचस्प है कि सबसे पुरानी सभ्यताओं जैसे मोहन जोदड़ो और हड़प्पा सभ्यताओं ने बसने के लिए नदी घाटियों को जल आपूर्ति की उपलब्धता के कारण ही चयन किया। ऐसी अपेक्षा की जाती है कि एक भूवैज्ञानिक पृथ्वी का अध्ययन अल्पकालीन और दीर्घकालीन दोनो ही बातों को ध्यान में रखकर करता है। इस सम्बन्ध में एक ओर जहां पदार्थों का अन्वेषण और दोहन जरूरी है, वहीं दूसरी ओर, वर्तमान आवश्यकताओं की पूर्ति के साथ-साथ भविष्य के लिए संरक्षण की योजना बनाना भी आवश्यक है।

क्या आप जानते हैं कि भूविज्ञान हमारे दैनिक जीवन में बहुत ही प्रासंगिक एवं महत्वपूर्ण है? आप अनुभव कर रहे होंगे कि भूविज्ञान एक अति उपयोगी विज्ञान है। प्राकृतिक वातावरण को समझने के लिए और मनुष्य के और अधिक आरामदायक रहन-सहन के लिए भूविज्ञान का ज्ञान पूर्णतया आवश्यक है। भूविज्ञान के ज्ञान से ही हम ऊर्जा के लिए जीवाश्म या नाभिकीय वस्तुओं का पृथ्वी से दोहन कर सकते हैं और मानवजाति के लिए संसाधनों की आपूर्ति कर सकते हैं।

सतत् एवं उन्नत कृषि उत्पादन के लिए पृथ्वी और इसके संसाधनों की बुनियादी समझ आवश्यक है। इसकी समझ हमारे तथा अन्य देशों के लोगों की भी भूख मिटाने में सफल हो सकते हैं।

अब हम हमारे जीवन में भूविज्ञान के महत्व को थोड़ा और विस्तार से जानेंगें।

1.4.1 प्राकृतिक संसाधन

हम चर्चा कर चुके हैं कि हम भूपर्पटी से हमारे लिए उपयोगी विभिन्न प्रकार के पदार्थ पाते हैं। इनके अन्वेषण और दोहन के लिए भूविज्ञान का क्रमबद्ध और व्यवस्थित ढंग से अध्ययन बहुत महत्वपूर्ण है। ये पदार्थ निम्नलिखित हैं :

- **निर्माण सामग्री** जैसे क्वार्ट्जाइट, बलुआ पत्थर, ग्रेनाइट का उपयोग सड़कों, भवनों आदि के निर्माण के लिए किया जाता है। ज्यादातर आस-पास पाए जाने वाले शैलों को उनकी उपलब्धता के कारण अहमियत दी जाती है क्योंकि इससे ढुलाई भाड़ा में बचत होती है।

- **धातु** : लौह, एलुमिनियम, मैंगनीज, ताम्र, सीसा, जस्ता, क्रोमियम, चांदी, स्वर्ण, टिन जैसे धातु महत्वपूर्ण है और हमारी सभ्यता के लिए हमेशा से अपरिहार्य रहें है। इन खनिजों का निष्कर्षण अयस्कों से होता है जैसे ताम्र का निष्कर्षण चैल्कोपाइराइट से और एलुमिनियम का निष्कर्षण बॉक्साइट अयस्क से होता है।

- **खनिज** : खनिज जैसे मृत्तिका का उपयोग प्रसाधन सामग्रियों व मृत्तिका कला उद्योगो में, अभ्रक विद्युत /उष्मा विसंवाहक के तौर पर, गंधक धारी खनिजों का उपयोग पेंट और वर्णक उद्योग में, हीरा अपघर्षी उद्योग में उपयोग में लाये जाते है तथा इन सभी खनिजों का निष्कर्षण शैलों से होता है।

- **उर्वरक** : पौधों के लिए पोषक तत्व जैसे फॉस्फोरस, पोटैशियम, नाइट्रोजन और गंधक शैलों से प्राप्त होते हैं।

- **रत्न** : बहुमूल्य एवं अल्प बहुमूल्य प्रस्तर जैसे हीरा, पन्ना, माणिक्य, मूनस्टोन (चन्द्रकांत मणि) एमेथिस्ट (जमुनिया) जिनका उपयोग हम आभूषण और सजावट के लिए करते हैं।

- **औषधीय** : बहुत से धातुओं और खनिजों का उपयोग आयुर्वेदिक दवाओं में भस्म आदि तैयार करने के लिए किया जाता है।

1.4.2 जल संसाधन

जल अभाव की समस्या से आप अच्छी तरह परिचित होंगे। विश्व आज भीषण जल संकट का सामना कर रहा है। आप जानते हैं कि विश्व का तीन चौथाई भाग पानी है और जल एक नवीकरणीय (renewable) संसाधन है, तब ये समस्या कैसे उत्पन्न हुई? जल सभी जीवों के लिए मूल आवश्यकता है। यह मानव के स्वयं के उपयोग, कृषि आदि के लिए सबसे महत्वपूर्ण तथा बुनियादी आवश्यकता है। जल हमें बरसात, भौम जल, खनिज झरनें के रूप में और इन सबके अलावा नदी तथा हिमनदों के पिघलने से प्राप्त होती हैं। जल का अन्वेषण, संरक्षण और उपयोगिता तथा उचित योजना के लिए भूविज्ञान का ज्ञान एवं अध्ययन बहुत महत्वपूर्ण है।

1.4.3 उर्जा संसाधन

आपने अवश्य यह महसूस किया होगा कि हमारे दैनिक जीवन में सम्पूर्ण विकास के लिए विद्युत उत्पादन बहुत महत्वपूर्ण है। विद्युत और ऊर्जा की आपूर्ति जैविक, तापीय अथवा नाभिकीय स्रोतों (प्राकृतिक संसाधनों) से होती है जो पृथ्वी से प्राप्त होते है। जिसके बारे

में आगे बताया गया है। प्राकृतिक संसाधनों से विद्युत और ऊर्जा प्राप्त होती है। भूवैज्ञानिक इनको खोजने और दोहन का कार्य करते हैं।

- **कोयला** : घरेलू और औद्योगिक जरूरतों के लिए कोयला की आवश्यकता पड़ती है। विद्युत उत्पादन के लिए ताप विद्युत संयंत्रों में भी इसका उपयोग किया जाता है। देश में बहुत से संयंत्रों में विद्युत उत्पादन के लिए कोयले का ही उपयोग होता हैं।

- **पेट्रोलियम** : पेट्रोलियम के अन्तर्गत तेल और प्राकृतिक गैस के अतिरिक्त बहुत से दूसरे उत्पाद भी आते है। उम्मीद है कि आप पेट्रोलियम उत्पाद के उपयोग से परिचित होंगे। जरा सोचिये क्या आप बिना पेट्रोल या डीजल के आपने जीवन की कल्पना कर सकते हैं?

- **परमाणु खनिज** : जैसे यूरेनियम, थोरियम आदि नाभिकीय विद्युत उत्पादन और देश के विकास के लिए महत्वपूर्ण ईंधन है।

- **भूतापीय ऊर्जा** : पृथ्वी के भीतरी भाग में ऊष्ण ऊर्जा का विशाल भण्डार है जो सतह पर ज्वालामुखी, वाष्मुख, उष्णोत्स, भाप से भरी हुई भूमि (steaming ground) और गर्म झरने के रूप में प्रकट होता है। वर्तमान में विद्युत उत्पादन के लिए भूतापीय ऊर्जा का वाणिज्यिक उपयोग हो रहा है।

1.4.4 अभियांत्रिकी परियोजनाएँ

किसी क्षेत्र के भूविज्ञान का ज्ञान भी अभियांत्रिकी परियोजना के लिए उनके शुरू होने से पहले, दौरान और बाद मे रख रखाव सहित स्थल चुनाव में अति उपयोगी और आवश्यक है। प्रमुख अभियांत्रिकी परियोजनाएं निम्न है :

बाँध : बाँधों का निर्माण और उनका स्थल चुनाव उचित भूवैज्ञानिक अन्वेषण पर निर्भर करता है।

जलाशय : जलाशय का निर्माण भविष्य के उपयोग के लिए जल संग्रहण के लिए किया जाता है। जलाशय के स्थान का चयन, उसके आधार शैल, आस-पास के क्षेत्र, निर्माण के पूर्व भूवैज्ञानिक तौर पर अन्वेषित होना चाहिए।

सुरंग : सड़क, रेलवे पटरी, भूमिगत नहर, विद्युत गृह के लिए सुरंग का निर्माण किया जाता है और इसके स्थायित्व के लिए भूवैज्ञानिक जाँच आवश्यक है।

रेलवे पटरी : रेल पथ के निर्माण के लिए विशेष रूप से पहाड़ी भूभाग में विशिष्ट भूवैज्ञानिक दशाओं का ज्ञान होना आवश्यक है।

सड़क : सड़कों और राजमार्गों के निर्माण के लिए निश्चित भूवैज्ञानिक अन्वेषण आवश्यक है क्योंकि इनको भारी यातायात का सामना करना पड़ता है। पहाड़ी भूभाग में यह अति महत्वपूर्ण हो जाता है।

पुल : पुल के निर्माण के लिए उचित भूवैज्ञानिक अध्ययन जैसे जलग्रहण क्षेत्र का अध्ययन, पुल के नीचे बहने वाली जल की अधिकतम मात्रा, नींव की शैलों का ज्ञान आवश्यक है।

अब आप कल्पना कर सकते हैं कि अभियांत्रिकी परियोजना के निर्माण के लिए भूवैज्ञानिक अध्ययन क्यों महत्वपूर्ण है। उचित भूवैज्ञानिक अन्वेषण के बिना परियोजना को पूर्ण करना संभव नहीं है और यदि पूर्ण हो भी गया तो हो सकता है कि यह स्थिर न रहे।

1.4.5 पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति और क्रमिक विकास

जीवन की उत्पत्ति और क्रमिक विकास के बारे में जानने के लिए भूपर्पटी के शैलों में संरक्षित जीवाश्मों का विवरण ही एकमात्र आधार है। जीवाश्मों और दूसरे प्रमाणों की सहायता से हम पृथ्वी पर जीवों की उत्पत्ति और क्रमिक विकास को समझ सकते हैं। पूर्व समय के जन्तुओं और पौधों के क्रमिक विकास और प्रवसन, प्राचीन भूगोल और किसी क्षेत्र की जलवायु के अध्ययन में जीवाश्म की भूमिका उपयोगी हैं। इसका अध्ययन भूविज्ञान की शाखा जीवाश्म विज्ञान में किया जाता है जिसके बारे में उपअनुभाग 1.3.4 में बताया गया है।

1.4.6 प्राकृतिक आपदा प्रबंधन

भूविज्ञान का अध्ययन मानव जाति को प्राकृतिक आपदा से बचा सकता है। क्षेत्र के भूविज्ञान की जानकारी से प्राकृतिक आपदा को नियंत्रित करने में सहायता मिलती है और होने वाले नुकसान को कम किया जा सकता है। उदाहरण :

भूकंप : हम उस क्षेत्र की पहचान कर सकते है जहां भूकंप सम्भावित है। इसलिए भूकंप प्रवृत क्षेत्र में बड़ी इमारती ढांचों के निर्माण से बचना चाहिए। भूकंपरोधी भवनों के निर्माण से भूकंप के प्रभाव को कम किया जा सकता है।

बाढ़ : क्रमबद्ध भूवैज्ञानिक अन्वेषण और प्रभावी कदम उठाने से बाढ़ प्रवृत क्षेत्र में आपदा को कम किया जा सकता है।

हिमधाव (Avalanche) : गुरूत्व क्रिया के कारण पहाड़ी से नीचे आने वाले शैलों/बर्फ के पिण्डों को हिमधाव कहते हैं। हिमधाव प्रवृत क्षेत्र में किसी निर्माण को आपदा से बचाने के लिए सावधानी आवश्यक है।

निमज्जन (Sinking): खदान, आधार का हटना, भौमजल, क्षेत्र पर अधिक भार सतह के धंसने के लिए प्रेरित करता है। ऐसे क्षेत्र को चिन्हित किया जा सकता है और बचाव के उपाय किए जा सकते हैं।

भूस्खलन : जब मनुष्य द्वारा निर्माण कार्य से, वन आवरण को हटाने से, खनन से, नदी के द्वारा निकटवर्ती शैल के आधार को काटने से ढाल अस्थिर हो जाता है तब भूस्खलन होता है उचित भूवैज्ञानिक योजना के द्वारा सम्भावित आपदा को टाला जा सकता है।

1.4.7 सतत् कृषि में भूवैज्ञानिक की भूमिका

भूवैज्ञानिक कृषकों को जमीन, अधोशायी शैल तथा मृदा की संरचना एवं संयोजन के संबंध में जानकारी देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं। भूवैज्ञानिक कृषकों को जल प्रबंधन, सतह एवं भौम जल संसाधन और वर्षा जल संरक्षण के अवधारणाओं की जानकारी दे सकते हैं। कृषि भूविज्ञान इन पहलूओं से संबंधित है।

हमनें इस अनुभाग में अपने जीवन में भूविज्ञान की महत्वपूर्ण भूमिका पर विचार विमर्श किया जैसे जल, भोजन, खनिज, धातु और निर्माण सामग्री के रूप में, साथ ही अभियांत्रिकी परियोजना और आपदा प्रबंधन की चर्चा की। हमनें हमारे समाज में भूवैज्ञानिकों की महत्वपूर्ण भूमिका की भी चर्चा की।

इरिक क्लेआस Perkins (2011) में लिखते है कि भूविज्ञान विषय में ना सिर्फ उनके लिए स्थान है जिन्हें क्षेत्रकार्य में रूचि है परन्तु उनके लिए भी जिन्हें क्षेत्रकार्य में रूचि नहीं है। आपने देखा कि भूविज्ञान हर एक के लिए हैं क्योंकि इसका संबंध मानव जीवन के प्रत्येक पहलु से है। हमें विश्वास है कि इस अनुभाग को पढ़ने के बाद आप में भूविज्ञान के प्रति रूचि जागृत होगी और आप में से कई लोग भूविज्ञान को रोजगार के विकल्प के रूप में भी सोच रहे होंगें।

अब हम भूविज्ञान में रोजगार की संभावनाओं के बारे में चर्चा करेंगे।

1.5 भूविज्ञान में रोजगार की संभावनाएं

हाल के वर्षों में भूविज्ञान में अच्छे रोजगार विकसित होने के कारण नौजवानों के बीच इस विषय को स्नातक एवं परास्नातक स्तर पर पढ़ने की रूचि बढ़ी है।

भूवैज्ञानिकों का पेशा उनको नए भूभाग का छान-बीन करने के अवसर प्रदान करता है तथा संतोषजनक एवं साहसिक अनुभव देता है। भूविज्ञान सुनकर लोगों को अक्सर दूर दराज के क्षेत्रों में शैलों के अध्ययन की याद दिलाता है। पिछले अनुभाग को पढ़ने के बाद आप भूवैज्ञानिकों के चुनौतीपूर्ण कार्यों से परिचित हो गए होंगे।

भूविज्ञान विषय में व्यापक अवसरों की संभावना है। खनिज सम्पदा और प्राकृतिक संसाधनों के अन्वेषण और दोहन में भूवैज्ञानिक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते है। भूवैज्ञानिक के मुख्य कार्य प्राकृतिक आपदा एवं उसका वातावरण पर पड़ने वाले प्रभाव की पहचान करना तथा आर्थिक महत्व के खनिजों, भौमजल, कोयला एवं पेट्रोलियम संसाधनों की खोज करना है। भूवैज्ञानिक पुल, सड़क, भवन और रेल पथ के निर्माण के लिए उचित स्थल की पहचान करते है। वे समुद्र में प्राकृतिक संसाधनों की खोज के लिए भी जिम्मेदार है। वे मृदा की गुणवत्ता को भूरासायनिक एवं भूभौतिकी परीक्षण के द्वारा निर्धारित करते हैं।

इस प्रकार भूविज्ञान रोजगार के लिए एक रोमांचक और दिलचस्प विकल्प हैं तथा इसमें रोजगार की अपार संभावनाएं है। भूवैज्ञानिक जलभूवैज्ञानिक, शैल वैज्ञानिक, जीवाश्म वैज्ञानिक, भूभौतिक वैज्ञानिक, खनन भूवैज्ञानिक और पर्यावरण भूवैज्ञानिक के तौर पर केन्द्र सरकार, राज्य सरकार, अर्धसरकारी, गैरसरकारी और बहुराष्ट्रीय संगठनों में कार्य कर सकते हैं। संघ लोक सेवा आयोग, भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (जी.एस.आई.) और केन्द्रीय भूमि जल बोर्ड (सी.जी.डब्ल्यू.बी.) में भूवैज्ञानिक के रूप में नौकरी के लिए प्रतियोगात्मक परीक्षा आयोजित करता है। आप प्रतियोगात्मक परीक्षा के द्वारा कोल इंडिया लिमिटेड, (सी.आई.एल.), ऑयल एण्ड नेचुरल गैस कॉरपोरेशन (ओ.एन.जी.सी.), ऑयल इंडिया लिमिटेड (ओ. आई. एल.), भारतीय खान ब्यूरो (आई.बी.एम.), स्टील ऑथोरिटी ऑफ इंडिया लिमिटेड (एस.ए.आई.एल.), राष्ट्रीय जल विद्युत निगम (एन.एच.पी.सी.), परमाणु खनिज विभाग (ए.एम.डी.), मिनरल एक्सप्लोरेशन कॉरपोरेशन लिमिटेड (एम.ई.सी.एल.), भारत सरकार के संस्थान, केन्द्रीय और राज्य भौमजल बोर्ड/राज्य खनन विभाग, अवसंरचना निर्माण कम्पनी आदि और बहुत से संगठनों में रोजगार पा सकते हैं।

रक्षा एवं अर्धसैनिक बल भी भूवैज्ञानिकों की सेवाओं का उपयोग करते हैं क्योंकि वे रक्षा स्थलों, भूभाग आकलन और जहाजी विद्या के स्थानों के लिए महत्वपूर्ण जानकारी देते हैं। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि निकट भविष्य में हमारे देश में और विश्व के दूसरे विकासशील देशों में त्वरित आर्थिक विस्तार से विश्व स्तर पर भूविज्ञान स्नातकों /परास्नातकों की मांग बढ़ेगी। खासतौर पर प्रशिक्षित भूवैज्ञानिकों की तेल, गैस और खनिज संसाधनों तथा प्राकृतिक और मानव निर्मित पर्यावरणीय आपदाओं की पहचान एवं प्रबंधन करने के लिए आवश्यकता होगी (Perkins, 2011)।

1.5.1 सरकारी संगठनों/संस्थानों में संभावनाएं

अनुभाग 1.5 में हमने भूवैज्ञानिक के लिए उपलब्ध रोजगार की संभावनाओं के बारे में पढ़ा है। सारणी 1.1 में उन संगटनों और संस्थानों की सूची दी गयी है जहां पर भूवैज्ञानिकों के लिए रोजगार की संभावनाएं है। इस सूची के अलावा राज्य सरकारों के अनेक सुदूर संवेदी शाखाएं और भौमजल बोर्ड हैं। इसके अतिरिक्त महाविद्यालयों, राज्य और केन्द्रीय विश्वविद्यालयों में भूविज्ञान एवं सिविल अभियांत्रिकी विभागों में प्राध्यापक एवं शोध के पद आते हैं।

महत्वाकांक्षी भूवैज्ञानिकों के लिए सभी पड़ावों पर रोजगार के अवसर बढते जा रहे है। आज के बहुत से वरिष्ठ भूवैज्ञानिक अपेक्षाकृत खास विद्या में विशेषज्ञ के रूप में प्रशिक्षित थे, लेकिन ऐसा अनुमान है कि भविष्य में अधिक मांग ऐसे शोधकर्ताओं की होगी जो भूविज्ञान के अन्तराविषयक प्रकृति में अच्छे से प्रशिक्षित होंगे।

भूविज्ञान के क्षेत्र में रोजगार की संभावनाओं से संबंधित विस्तृत जानकारियां सारणी 1.1 में दिए गए विभिन्न वेबपेजों से प्राप्त कर सकते हैं। आप रिक्त पदों से संबंधित सूचनाएं राष्ट्रीय समाचार पत्रों का रोजगार संबंधी वेबपेजों से भी प्राप्त कर सकते हैं।

सारणी 1.1: भूवैज्ञानिकों के रोजगार के लिए भारत में सम्भावित संस्थानों/संगठनों की सूची

क्रम संख्या	संस्थान/संगठन	वेबसाइट	प्रारम्भ वर्ष	स्थान
1.	परमाणु खनिज अन्वेषण एवं अनुसंधान निदेशालय (ए.एम.डी.आर.)	www.amd.gov.in	1948	हैदराबाद एवं 6 क्षेत्रीय मुख्यालय
2.	बीरबल साहनी पुराविज्ञान विज्ञान संस्थान (बी.एस.आई.पी.)	www.bsip.res.in	1946	लखनऊ
3.	केन्द्रीय भूमि जल बोर्ड (सी.जी.डब्लू.बी.)	www.cgwb.gov.in	1972	17 क्षेत्रीय खण्ड
4.	सेन्ट्रल माइन प्लानिंग एण्ड डिजाइन इंस्टीट्यूट (सी.एम.पी.डी.आई.)	www.cmpdi.co.in	1973	रांची
5.	राष्ट्रीय पृथ्वी विज्ञान अध्ययन केन्द्र (NCESS) पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय	www.ncess.gov.in	1978	तिरूवनन्तपुरम
6.	कोल इंडिया लिमिटेड (सी.आई.एल.)	www.coalindia.in	1975	कोलकाता

क्रम संख्या	संस्थान / संगठन	वेबसाइट	प्रारम्भ वर्ष	स्थान
7.	रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन (डी.आर.डी.ओ.)	www.drdo.gov.in	1958	नई दिल्ली देश भर में विभिन्न प्रयोगशालाएं
8.	रक्षा भूभाग अनुसंधान प्रयोगशाला (डी.टी.आर.एल.), डी.आर.डी.ओ.	www.drdo.gov.in	1988	नई दिल्ली
9.	विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग (डी.एस.टी.)	www.dst.gov.in	1971	नई दिल्ली
10.	भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (जी.एस.आई.)	www.portal.gsi.gov.in	1851	कोलकाता
11.	हिन्दुस्तान कॉपर लिमिटेड (एच.सी.एल.)	www.hindustancopper.com	1967	सिंहभूम (3 खण्ड)
12.	हिन्दुस्तान जिंक लिमिटेड (एच.जेड.एल.)	www.hzlindia.com	1966	उदयपुर
13.	भारतीय खान ब्यूरो (आई.बी.एम.)	www.ibm.nic.in	1948	14 क्षेत्रीय केन्द्र
14.	भारतीय राष्ट्रीय महासागर सूचना सेवा केन्द्र (आई.एन.सी.ओ.आई.एस.) एम.ओ.ई.एस.	www.incois.gov.in	2006	हैदराबाद
15.	भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (आई.एस.आर.ओ.)	www.isro.org	1960	बैंगलूर
16.	मिनरल एक्स्प्लोरेशन कॉरपोरेशन लिमिटेड	www.mecl.gov.in	1972	नागपुर
17.	पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय (एम.ओ.आई.एस.)	www.dod.nic.in	2006	नई दिल्ली
18.	राष्ट्रीय मृदा सर्वेक्षण एवं भूमि उपयोग नियोजन ब्यूरो (एन.बी.एस.एस.एस.एल.यू.पी.)	www.nbsslup.in	1956	नागपुर
19.	राष्ट्रीय अंटार्कटिक एवं समुद्री अनुसंधान केन्द्र (एन.सी.ए.ओ.आर.), एम.ओ.ई.एस.	www.ncaor.nic.in	1998	गोवा
20.	राष्ट्रीय भूभौतिकीय अनुसंधान संस्थान (एन.जी.आर.आई.)	www.ngri.org.in	1961	हैदराबाद
21.	राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान (एन.आई.ओ.), सी एस आई आर	www.nio.org	1966	गोआ
22.	राष्ट्रीय खनिज विकास निगम (एन.एम.डी.सी.)	www.nmdc.co.in	1958	हैदराबाद
23.	राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केन्द्र (एन.आर.एस.सी.)	www.nrsc.gov.in	1973	हैदराबाद
24.	ऑयल एण्ड नेचुरल गैस कॉरपोरेशन लिमिटेड (ओ.एन.जी.सी.)	www.ongcindia.com	1956	देहरादून

क्रम संख्या	संस्थान / संगठन	वेबसाइट	प्रारम्भ वर्ष	स्थान
25.	भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला (पी आर एल)	http://www.prl.res.in	1947	अहमदाबाद
26.	क्षेत्रीय सुदूर संवेदी केन्द्र (आर.आर.एस.सी.एस.) इसरो	www.isro.gov.in	—	कोलकाता (नागपुर, जोधपुर, बंगलोर एवं देहरादून)
27.	अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (एस.ए.सी.) इसरो	www.sac.gov.in	1972	अहमदाबाद
28.	स्टील अथारिटी ऑफ इंडिया लिमिटेड, एस.ए.आई.एल. (सेल)	www.sail.co.in	1954	भिलाई (4 खण्ड)
29.	वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान (डब्लू.आई.एच.जी.)	www.wihg.res.in	1968	देहरादून
30.	राज्यों के भूतत्व एवं खनिकर्म निदेशालय (डी.जी.एम.)			
	• आन्ध्र प्रदेश	http://aponline.gov.in	1951	हैदराबाद
	• गोवा	ttp://goadmg.gov.in	2004	गोवा
	• गुजरात	http://geomining.gujarat.gov.in	—	गांधीनगर
	• हिमाचल प्रदेश	http://himachal.nic.in	—	शिमला
	• झारखण्ड	http://jharkhand.gov.in	—	रांची
	• कर्नाटक	http://mines.kar.nic.in/	1894	मैसूर
	• केरल	http://dmg.kerala.gov.in	1946	तिरूवनन्तपुरम
	• मध्य प्रदेश	http://mineralresources.mp.gov.in		भोपाल (4 क्षेत्रिय कार्यालय)
	• मेघालय	http://meghalaya.nic.in	—	शिलांग
	• उड़ीसा	http://www.orissaminerals.gov.in	1955	भूवनेश्वर
	• राजस्थान	http://dmg-raj.org/	—	उदयपुर
	• तमिलनाडु	http://www.tnmine.tn.nic.in	1957	चेन्नई
	• उत्तरप्रदेश	http://mineral.up.nic.in	1955	लखनऊ
	• उत्तराखण्ड	dgm.uk.gov.in	2000	देहरादून
	• छत्तीसगढ़	http://chhattishgarhmines.gov.in	—	अटल नगर

1.5.2 उद्योगों में रोजगार के अवसर

खनन एवं संबंधित उद्योगों, सिविल इन्जीनियरी विभागों, भूतकनीकी परामर्श कम्पनियों एवं राष्ट्रीय जलविद्युत परियोजनाओं में भारत एवं विदेश दोनों में नौकरी के बहुत अवसर हैं। आप सीमेंट, रासायनिक, मृत्तिकाशिल्प, और खनिज पर्यवेक्षण उद्योगों में भी रोजगार पा सकते है। पेट्रोलियम उद्योग और पर्यावरण परामर्शदाता कंपनियां अधिक संख्या में भूविज्ञान के स्नातकों को उपयोग में लेते हैं।

1.5.3 भूविज्ञान संबंधित शैक्षणिक कार्यक्रम

उपलब्ध आंकड़ों के अनुसार विभिन्न विश्वविद्यालयों/महाविद्यालयों में 145 से अधिक संस्थान भूविज्ञान में स्नातक स्तर के कार्यक्रम तथा लगभग 135 संस्थान परास्नातक स्तर के कार्यक्रम प्रदान करते हैं। भारत में भूविज्ञान के लिए अनुकूल शैक्षणिक कार्यक्रमों के नामों की सूची सारणी 1.2 में दी गयी है। विस्तृत जानकारी के लिए आप इनकी वेबसाइटों को देख सकते हैं।

सारणी 1.2 भारत में विभिन्न संस्थानों द्वारा दिये जाने वाले भूविज्ञान में शैक्षणिक कार्यक्रमों की सूची

क्रम सं.	भूविज्ञान में प्रस्तावित पाठ्यक्रम	संस्थानों की संख्या
1	M.Sc. (Geology)	~ 135
2	M.Sc. (Geological Sciences)	
3	M.Sc. (Applied Geology)	
4	M.Sc. (Applied Geology and Geoinformatics)	
5	M.Sc. (Earth Science & Resource Management)	
6	M.Sc. (Tech.) (Geology)	
7	M.Tech. (Applied Geology)	
8	M.Sc. (Petroleum Geology)	
9	M.Tech. (Engineering Geology)	
10	B.Sc. (Geology)	> 145
11	B.Sc. (Honours) (Geology)	

इस अनुभाग के अध्ययन के बाद सरकारी और गैरसरकारी संस्थानों/संगठनों में रोजगार की संभावनाओं के बारे में अब आप जान गये होंगें। साथ ही आप भूविज्ञान में शैक्षणिक कार्यक्रमों के प्रकार और स्नातक एवं परास्नातक उपाधि देने वाले संस्थानों की संख्या के बारे में भी अब परिचित हो गए हैं।

1.6 सारांश

हमने इस इकाई में जो सीखा हैं उसे संक्षेप में नीचे दिया गया है :

- भूविज्ञान पृथ्वी ग्रह के सभी पहलुओं जैसे इसके इतिहास, संघटन, आतंरिक संरचना और लक्षणों की व्याख्या करता है।
- भूविज्ञान एक अति व्यावहारिक विज्ञान है। भूविज्ञान के सभी पहलू उपयोगी है क्योंकि जो कुछ भी हम अपने चारों ओर देखते या पाते हैं वो प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप में पृथ्वी का घटक है।

- पृथ्वी विज्ञान, पृथ्वी और इसके चारों ओर उपस्थित सभी भौतिक पहलुओं का क्रमबद्ध अध्ययन है जिसके अन्तर्गत जलविज्ञान, समुद्रविज्ञान, मौसमविज्ञान, खगोल विज्ञान और भूविज्ञान आते हैं।
- भूविज्ञान की कई अन्तराविषयक और नई शाखाएं हैं जो मूल विज्ञान के विस्तृत रूप से सम्बन्धित है।
- भूविज्ञान आजीविका के लिए एक दिलचस्प विकल्प है क्योंकि भूविज्ञान का अध्ययन अपने साहस तथा जोखिम भरी प्रकृति, व्यावहारिक पहलुओं, रोजगार की संभावनाओं के कारण नौजवानों में रूचि पैदा करता है।

1.7 क्रियाकलाप

1. बाहर खुले में जाएं और प्राकृतिक संसाधन जैसे शैल, मिट्टी, जल इत्यादि का निरीक्षण करें। अपने आस-पास पाये जानेवाले प्राकृतिक संसाधनों की सूची तैयार करें।
2. अपने आस-पास पाये जाने वाले पदार्थों के बारे में सोचने की कोशिश करें। यह सोचिए कि क्या वह पदार्थ भूविज्ञान से संबधित है? कल्पना करें कि कैसे ये पदार्थ प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप में पृथ्वी से संबन्धित हैं या पृथ्वी से उत्पन्न हैं।
3. अपने परिप्रेक्ष्य में भूविज्ञान पढ़ने की उपयोगिता को लिखें।

1.8 सात्रिक प्रश्न

1. भूवैज्ञानिक पृथ्वी का अध्ययन कैसे करते है?
2. हमारे समाज में भूविज्ञान की उपयोगिता की चर्चा करें।
3. एक भूवैज्ञानिक के लिए रोजगार के लिए क्या विकल्प हैं?
4. सरकारी संस्थानों और संगठनों का विवरण दें जहाँ पर भूवैज्ञानिकों के लिए रोजगार के अवसर उपलब्ध है।

1.9 सन्दर्भ

- Holmes, A. (1981) Principles of Physical Geology, Thomas Nelson and Sons Ltd., 36, Park Street, London.
- Grotzinger, J. and Jordan, T. (2010) Understanding Earth, Sixth Edition. W.M. Freeman and Company, New York, 654p.
- Perkins, S. (2011) Geosciences: Earth works, Nature, Vol. 473, pp. 243-244. (www.nature.com/naturejobs/science/articles/10.1038/nj7346-243a, accessed on 06 October 2015).

1.10 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Dutta, A.K. (2010) Introduction to Physical Geology, Kalyani Publishers, Ludhiana, 230p.
- Mahapatra, G.B. (2012) A Textbook of Geology, CBS Publishers, New Delhi, 326p.
- Mathur, S.M. (2013) Physical Geology of India, 5th Edition, National Book Trust, Delhi, 222p.

1.11 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) भूविज्ञान पृथ्वी के इतिहास एवं इसके निवासियों के क्रमिक विकास का अध्ययन है। यह पृथ्वी, शैलों और उनमें जो परिवर्तन हो चुका है अथवा हो रहा है की व्याख्या करता है। Grotizinger और Jordan (2010) के द्वारा जो परिभाषा दी गयी है वह इस प्रकार है "भूविज्ञान पृथ्वी विज्ञान की वह शाखा है जिसके अन्तर्गत ग्रह के सभी पहलुओं जैसे इसके इतिहास, संघटन, आन्तरिक संरचना और लक्षणों का अध्ययन होता है।" भूविज्ञान पृथ्वी विज्ञान की पांच शाखाओं जैसे भूविज्ञान, जल विज्ञान, समुद्र विज्ञान, मौसम विज्ञान और खगोल विज्ञान में से एक शाखा है।

   b) भूविज्ञान एक सम्पूर्ण विज्ञान है। भूवैज्ञानिक रसायन विज्ञान, जीवविज्ञान, भौतिकी और गणित के अवयवों को एकीकृत कर अध्ययन करते हैं। रासायनिक, जैविक, भौतिकीय और गणितीय घटकों के अतिरिक्त भूविज्ञान अभिकलनी विज्ञान को भी जोड़ता है।

   c) भूविज्ञान निम्न विषयों में दूसरे विज्ञानों से भिन्न है :

   - भूविज्ञान एक बाह्य अथवा क्षेत्र विज्ञान है जिसका अपना विषयक्षेत्र और दृष्टिकोण है।
   - भूवैज्ञानिक प्रक्रम अधिक बृहत एवं दीर्घकालीन पैमाने पर परिचालित होते हैं।
   - क्षेत्र इसकी प्राकृतिक प्रयोगशाला है जहाँ हम प्रकृति का प्रत्यक्ष रूप से अवलोकन और निरीक्षण करते हैं।
   - भूवैज्ञानिक शैलों पर दर्ज प्रमाणों को पढ़कर पृथ्वी के लम्बे इतिहास को जॉचने की कोशिश करता है।
   - भूवैज्ञानिकों को सामान्यतः कठिन एवं दुर्गम भूभाग में कार्य करना पड़ता है।
   - लगभग सभी महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक खोज अनियंत्रित और प्राकृतिक मैदानी वातावरण में हुए हैं।

2. a) ग्रहीय भूविज्ञान को खगोल भूविज्ञान के नाम से भी जाना जाता है जो बाहरी अंतरिक्ष में पृथ्वी के वातावरण की व्याख्या करता है। यह खगोलीय पिण्डों

जैसे ग्रह और उनके चन्द्रमा, क्षुद्रग्रह और पुच्छलतारा के भूविज्ञान से संबंधित है।

b) शैल विज्ञान भूविज्ञान की शाखा है जो 'शैलों के अध्ययन' जैसे उनकी उत्पत्ति, गठन, संरचना, खनिजीय संयोजन, विस्तार और शैलों के इतिहास की व्याख्या करता है।

c) भूआकृति विज्ञान पृथ्वी की सतह पर विभिन्न बाह्य कारकों की क्रियाओं के फलस्वरूप उत्पन्न पृष्ठीय लक्षणों के अध्ययन की व्याख्या करता है। भौतिक भूगोल या प्राकृतिक भूगोल (physical geography or physiography) केवल बाह्य संलक्षणों का वर्णन करता है जबकि भूआकृतिविज्ञान (geomorphology) में हम उनके उत्पत्ति का भी अध्ययन करते हैं।

d) भूविज्ञान के नए क्षेत्र हैं : चिकित्सा भूविज्ञान, कृषि भूविज्ञान, पुराजलवायु विज्ञान, रत्न विज्ञान, फोरेंसिक भूविज्ञान, सूक्ष्मजीवविज्ञान, भूपर्यटन, भूपुरातत्व विज्ञान और भूसांख्यिकी।

सात्रिक प्रश्न

1. उपअनुभाग 1.2.3 देखें।
2. अनुभाग 1.4 देखें।
3. अनुभाग 1.5 का संदर्भ लें।
4. उपअनुभाग 1.5.1 देखें।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

इकाई 2

पृथ्वी और सौरमंडल

इकाई की रूपरेखा

2.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
2.2 सौरमंडल
हमारा सौरमंडल : एक सामान्य सर्वेक्षण
सूर्य
ग्रह
क्षुद्र ग्रह, उल्कापिंड और धूमकेतू
2.3 ब्रह्मांड और सौरमंडल
ब्रह्मांड की उत्पत्ति
सौरमंडल का गठन
2.4 पृथ्वी की उत्पत्ति
2.5 पृथ्वी की आकृति एंव संरचना
पृथ्वी के भौतिक पहलु
भूपटल उच्चावच लक्षण
संरचना
2.6 पृथ्वी की आयु
शैलों का आयु निर्धारण
आयु की गणना
2.7 सारांश
2.8 क्रियाकलाप
2.9 सात्रिक प्रश्न
2.10 संदर्भ
2.11 आगे / प्रस्तावित अध्ययन
2.12 उत्तर

2.1 प्रस्तावना

हमने इकाई 1 में अध्ययन किया है कि भूविज्ञान विज्ञान की एक शाखा है जिसमें पृथ्वी के संबंध में जानकारी मिलती है। हमने यह जाना कि भूविज्ञान क्या है, इसकी शाखाएँ कौन सी है, समाज एवं हमारे जीवन में इसका महत्व और रोजगार के लिए इसकी क्या उपयोगिता है। भूविज्ञान पृथ्वी विज्ञान की शाखाओं में से एक है जो भूवैज्ञानिक कालखंड में पृथ्वी के विकास एवं जीवन की उत्पत्ति का अभिलेख रखता है।

पृथ्वी हमारे सौरमंडल के ग्रहों में से एक है। यह अपने में अनुठा एवं विशेष है क्योंकि इस पर कई तरह के जीवों के रहने लायक परिस्थितियां हैं। इसलिए इस सौरमंडल को समझना जरूरी है।

भू-कक्ष में स्थापित उपग्रहों या फ्लाईबाइज (Flybys) के माध्यम से सौरमंडल का अन्वेषण, मानव के रोमांचक अनुभवों में से एक है। पिछले पाँच से छः दशकों में हमने पृथ्वी से संबंधित जानकारी में बढ़ोतरी के साथ-साथ अन्य ग्रहों के विषय में भी जानकारी प्राप्त की है।

इस इकाई में हम सौर प्रणाली, इसके गठन, सदस्यों और इनकी विशेषताओं से परिचित होगें। पृथ्वी हमारे अध्ययन का मुख्य केन्द्र हैं जिसमें इसकी उत्पत्ति एवं आयु की भी विशेष रूप से चर्चा होगी। इकाई 3 में आप विस्तार से पृथ्वी की बनावट एवं आंतरिक संरचना के संबंध में अध्ययन करेंगें।

अपेक्षित लक्ष्य

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप निम्न से सक्षम हो जाएंगे :

- हमारे सौरमंडल एवं उसके घटकों जैसे ग्रह, क्षुद्र ग्रह, धूमकेतू और उल्कापिंड के विषय में चर्चा करना;
- सौरमंडल की उत्पत्ति का वर्णन करना;
- पृथ्वी के आयामी मापदंडों एवं सौरमंडल में इसकी स्थिति का विवरण देना;
- पृथ्वी की उत्पत्ति की व्याख्या करने के लिए विभिन्न सिद्धांतों का विवरण करना; और
- पृथ्वी की आयु निर्धारण करने के विभिन्न विधियों का वर्णन करना।

2.2 सौरमंडल

ब्रह्मांड इतना विशाल है कि पृथ्वी जिस पर हम रहते हैं, किसी अल्पदृश्य गैलेक्सी के एक सुदूर कोने में किसी छोटे से तारे का चक्कर लगाते हुए धूल कण के समान प्रतीत होती है। अब हम जानते है कि ब्रह्मांड लगभग पंद्रह से बीस अरब साल पुराना है, जबकि मनुष्य का उद्भव लगभग दो लाख वर्ष पहले ही हुआ है। यह विशाल एवं प्राचीन ब्रह्मांड कई तरह के पिंडों से आबाद है।

आपने स्कूल में पढ़ा है कि पृथ्वी, जिस पर हम निवास करते है, एक सौरमंडल का सदस्य है जिसे हम **'मिल्की वे'** (Milky Way) या **आकाशगंगा** के नाम से जानते है। यह अंतरिक्ष में मौजूद कई सौ लाखों आकाशगंगाओं में से एक है। ब्रह्मांड, स्थान एवं समय के अनुसार, अनंत है।

इस भाग में हम संक्षेप में अपनी सौरमंडल और उसके सदस्यों के बारे में चर्चा करेंगें।

2.2.1 हमारा सौरमंडल : एक सामान्य सर्वेक्षण

हम घटकों की चर्चा करने के पहले सौरमंडल का सामान्य सर्वेक्षण करेंगें। आकाशगंगा असमान रूप से वितरित लगभग 100 खरब तारों का समूह है। तारों एवं ग्रहों की मण्डली सौरमंडल के रूप में जानी जाती हैं। सौरमंडल सितारों की प्रणाली का एक छोटा-सा हिस्सा है जो **सर्पिल निहारिका** (Spiral Nebula) या **गैलेक्सी** के रूप में जानी जाती है। उनमें से एक तारा सूर्य है जो हमारे सौरमंडल का हिस्सा है। वहाँ इस तरह की कई मंडल हो सकती है, लेकिन सौरमंडल ही एक ऐसा है जिसके बारे में हम कुछ हद तक जानते हैं।

हमारा सौरमंडल एक डिस्क की आकृति का है जिसमें आठ ग्रह (बुध, शुक्र, पृथ्वी, बृहस्पति, शनि, अरूण और वरूण), उनके 172 ज्ञात उपग्रह, लाखों छोटे पिंड जैसे क्षुद्रग्रहों और धूमकेतुओं के साथ-साथ भारी मात्रा में धूल कण और गैस समाहित है।

यह देखा गया है कि सौरमंडल एक सुव्यवस्थित प्रणाली है। अब हम अपने सौरमंडल के कुछ प्रमुख पहलुओं को संक्षेप में प्रस्तुत करते हैं।

- सूर्य हमारे सौरमंडल के केन्द्र में है।
- ऊपर से देखने से यह लगता है कि सभी आठों ग्रह सूर्य के चारों तरफ अण्डाकार कक्ष में वामावर्त्त घूमते हैं।
- पृथ्वी जिस तल पर सूर्य का परिक्रमण करती है, उसे क्रांतिपथ (ecliptic) कहते है। किनारे से देखने से यह प्रतीत होता है कि बुध को छोड़कर सभी ग्रह लगभग एक ही क्रांतिपथ पर सूर्य की परिक्रमा करते हैं जो एक पतले डिस्क की तरह लगता है।
- अधिकांश उपग्रह के कक्षीय एवं घूर्णन दिशा ग्रहों के समान हैं।
- सूर्य के निकटतम चार ग्रह चट्टानों एवं धातुओं से बने हैं। ये सभी आंतरिक या स्थलीय ग्रह (inner or terrestrial planets) कहे जाते हैं।
- अगले चार ग्रह, जो सूर्य से दूर हैं, मुख्यतः हाइड्रोजन एवं हीलियम के बने है। ये गैसीय या बाहरी ग्रह (gas giants or outer planets) के नाम से जाने जाते हैं।
- बाहरी ग्रहों के आकार एवं कक्षा आंतरिक ग्रहों के आकार एवं कक्षा की तुलना में लगभग दस गुना बड़े है।
- भीतरी व बाहरी ग्रहों के बीच क्षुद्रग्रहों की एक पट्टी हैं।

यह सौरमंडल का एक सामान्य सर्वेक्षण है।

अब हम आपको सौरमंडल की यात्रा पर लेकर चलते हैं। हम इसकी शुरूआत इस परिवार के मुखिया सूर्य से करते हैं।

2.2.2 सूर्य

रात के समय हम आकाश में कई सितारों को देख सकते है, लेकिन दिन के वक्त केवल सूर्य को ही देख सकते हैं क्योंकि यह सबसे करीब का तारा है। दूर स्थित अन्य सितारों की रोशनी काफी कम होने के कारण दिन के समय दिखाई नहीं देती है इसलिए सूर्य को प्राचीन सभ्यताओं में ब्रह्मांड का मुखिया कहा जाता है। वस्तुतः यह सिर्फ हमारे सौरमंडल का ही मुखिया है। सूर्य हमारे सौरमंडल का एक मात्र तारा है तथा केन्द्र में स्थित है। अन्य सितारों की तरह यह एक गैसीय पिंड है जो अपने सौरमंडल के साथ यह आकाशगंगा के केन्द्र के चारों तरफ दीर्घवृताकार (elliptical) कक्ष में लगभग एक ही तल में घूमते हैं। सूर्य के भौतिक लक्षण सारणी 2.1 में सारणीबद्ध है।

सारणी 2.1 : सूर्य के भौतिक लक्षण

क्र.सं.	लक्षण	आंकड़ा
1	त्रिज्या	13,91,104 कि.मी.
2	परिक्रमण काल	~224×10^6 वर्ष
3	द्रव्यमान	2×10^{33} ग्राम सौरमंडल के कुल द्रव्यमान का लगभग 99.87% या पृथ्वी की तुलना में 33,20,00 गुणा ज्यादा
4	घनत्व (औसत)	1.4 ग्राम प्रति घन सेमी
5	सतह का तापमान	6000 K
6	केन्द्र का तापमान	15×10^6 K
7	संधटन (द्रव्यमान)	70% हाइड्रोजन, 28% हीलियम और 2% अन्य सभी तत्व
8	आकाशगंगा के केन्द्र से दूरी	30,000 प्रकाश वर्ष

सूर्य कई परतों का बना हुआ है। सूर्य का वह परत जो दिखाई देता है, प्रकाशमंडल (photosphere) कहलाता है। सूर्य की अंतरतम परत क्रोड (core) है जहाँ ऊर्जा का निमार्ण नाभिकीय संलयन के माध्यम से होता है। सूर्य की ही तरह सौर वायुमंडल में भी कई परतें हैं। सूर्य के वायुमंडल की सबसे बाहरी परत प्रभामंडल (corona) कहलाता हैं। आमतौर पर हम प्रभामंडल को प्रकाशमंडल की चमक के कारण नहीं देख सकते हैं। किन्तु, यह पूर्ण सूर्य ग्रहण के दौरान अपनी पूर्ण सौंदर्य में दिखाई देता है। प्रभामंडल पृथ्वी की कक्षा और उसके आगे तक फैला हुआ है।

अन्य तारों की तरह सूर्य का स्वयं का प्रकाश एवं ऊर्जा होता है। अत्यधिक दाब एवं उच्च तापमान के अंतर्गत नाभिकीय संलयन के कारण हाइड्रोजन का हीलियम में रूपान्तर होने पर अत्याधिक मात्रा में ऊर्जा का निर्माण होता है। सूर्य के नाभिकीय संलयन की प्रतिक्रिया आज भी जारी है और यह उसी तरह से होती है, जिस तरह से हाइड्रोजन बम में होती हैं।

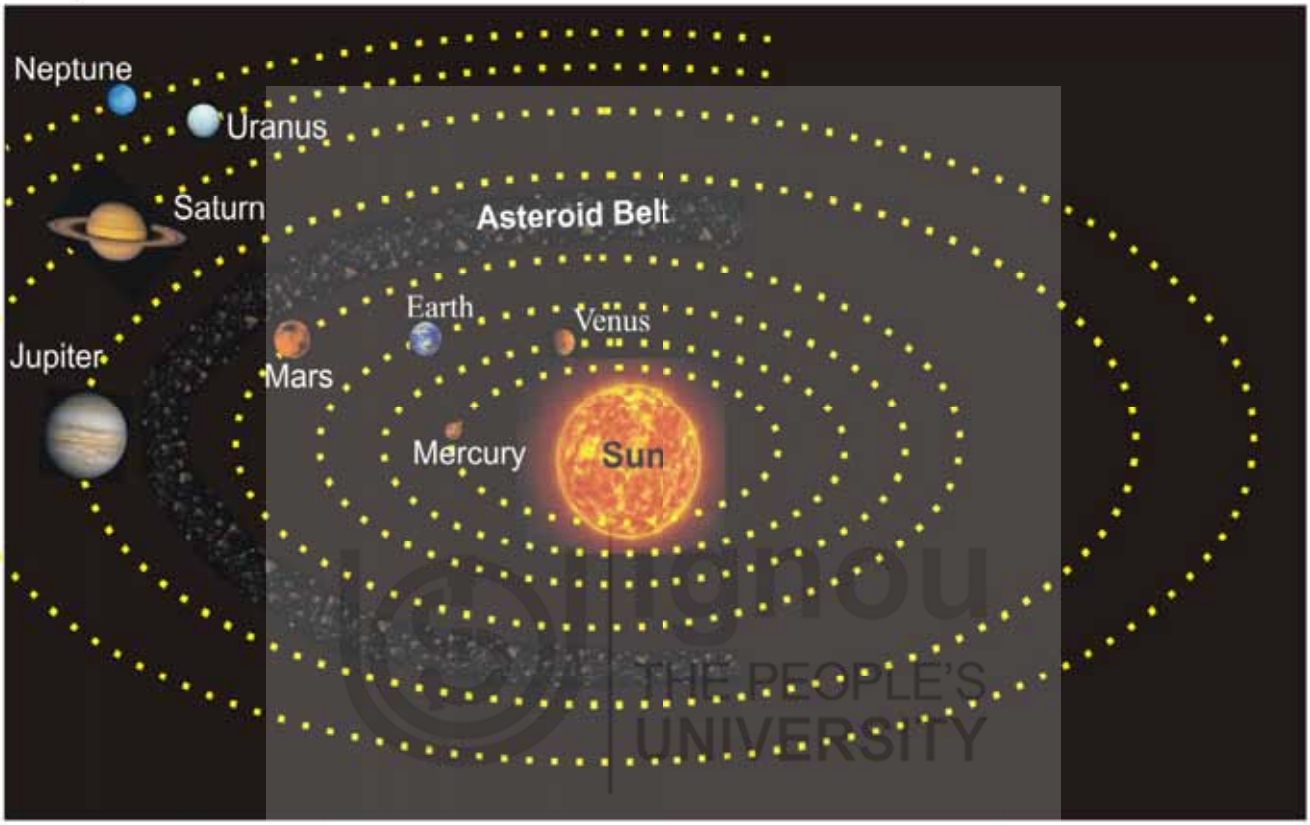
अब हम सौरमंडल के ग्रहों की चर्चा करेंगें।

2.2.3 ग्रह

सूर्य से बढ़ती हुई दूरी के अनुसार जो आठ ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते है, **बुध** (Mercury), **शुक्र** (Venus), **पृथ्वी** (Earth), **मंगल** (Mars), **बृहस्पति** (Jupiter), **शनि** (Saturn), **अरूण** (Uranus) और **वरूण** (Neptune) हैं (चित्र 2.1)। सभी ग्रहों में वृहस्पति एवं शनि का द्रव्यमान अन्य ग्रहों के तुलना में काफी ज्यादा हैं। बुध और शुक्र को छोड़कर अन्य सभी ग्रहों के छोटे और बड़े उपग्रह उनके चक्कर काटते हैं। इसके अलावा अनगिनत क्षुद्र ग्रह एवं घूमकेतू भी सूर्य की परिक्रमा करते है। पृथ्वी हमारे सौरमंडल में सूर्य के चारों तरफ घूमने वाले आठ ग्रहों में एक है।

इन ग्रहों को निम्न समूहों में बांटा जा सकता है :

- **आंतरिक ग्रह** सूर्य से निकटतम ग्रह हैं। यह हैं बुध, शुक्र, पृथ्वी एवं मंगल, जो सूर्य एवं क्षुद्र ग्रहों के बीच के क्षेत्र में अवस्थित हैं।
- **विशालकाय बाहरी ग्रह**, जो क्षुद्र ग्रह के पट्टी के बाहर अवस्थित हैं, जैसे वृहस्पति, शनि, अरूण एवं वरूण।



चित्र 2.1: **हमारे सौरमंडल का एक चित्रण। सूर्य एवं ग्रहों का आकार पैमाने पर नहीं हैं। मंगल और बृहस्पति के बीच क्षुद्र ग्रहों की पट्टी है। Neptune (वरूण) से आगे कुईपर (Kuiper) पट्टी है।**

आंतरिक ग्रहों को **स्थलीय** (पृथ्वी की तरह) (terrestrial) ग्रह के रूप में जाना जाता है। आंतरिक ग्रह (inner planets) छोटे होते हैं और चट्टानों एवं धातुओं से बने होते है। ये ग्रह सूर्य के समीप विकसित होते हैं, जिस कारण अत्यधिक गर्म होते हैं, जिसके फलस्वरूप उड़नशील पदार्थ नहीं मिलते हैं। सूर्य का विकिरण एवं उससे निकलने वाले पदार्थों का प्रवाह इन ग्रहों पर विद्यमान हाइड्रोजन, हीलियम, जल और हल्के गैसों को लगभग पूर्ण रूप से उड़ा दिया, जो पदार्थ रह गए है, उनमें लोहा और शैल को निर्मित करने वाले भारी पदार्थ मुख्य हैं। ग्रहों के बाहरी समूह **जोवियन** (वृहस्पति की तरह) या **गैस जाइंट** (Gas Giant) के नाम से जाना जाता है। ये मुख्य रूप से हाइड्रोजन और हीलियम तथा दूसरे हल्के पदार्थ जो मूल नीहारिका के भाग हैं से निर्मित हैं, सूर्य की तरह इनका क्रोड चट्टानी होता हैं। इससे पहले हम अगले भाग में पृथ्वी के बारे में विस्तार से चर्चा करें, हम अन्य ग्रहों पर संक्षेप में चर्चा करेंगे।

बुध, सूर्य से सबसे नजदीक है और बहुत छोटा हैं। इस ग्रह को सूर्य की चमक के कारण स्पष्ट रूप से देखना मुश्किल होता हैं। यह पूर्वी आकाश में प्रभात वस्तु के रूप में और सूर्योदय के कुछ समय पहले तथा कुछ देर के लिए प्रकट होता हैं। इसके बाद

सूर्यास्त के तुरंत बाद पश्चिमी आकाश में कुछ देर के लिए सायंकालीन दिखाई देता हैं।

शुक्र, हमारा निकटतम पड़ोसी (40 लाख किलोमीटर की दूरी पर) पृथ्वी की ही तरह का आकार एवं घनत्व का है। इसकी सतह ज्वालामुखी के प्रभावों से प्रभावित एवं महाद्वीप की तरह उच्चभूमि और वलय पर्वतों की श्रृखंला से परिपूर्ण हैं। अध्ययनों से पता चला है कि शुक्र की सतह पर लगभग 1000 अपेक्षाकृत युवा गर्त (crater) पाये जाते हैं। लेकिन यहां की भूमि पर वृहत गर्त नहीं है जैसे कि चंद्रमा, बुध एवं मंगल में पाये जाते हैं।

पृथ्वी, नीला ग्रह, एक अनूठा ग्रह है जो लाखों लोगों का निवास है। यह एक मात्र ग्रह है जो जीवन को बनाए रखने के आवश्यक परिस्थितियों से संतुलित है। अंतरिक्ष से देखने पर यह नीले रंग का एक गोला नजर आती है। इसकी सतह अपरदन (erosion) एवं निक्षेपण (depositional) की आकृतियों से परिपूर्ण हैं। हम अनुभाग 2.5 में पृथ्वी की सामान्य संरचना के बारे में विस्तृत चर्चा करेंगे।

मंगल, एक लाल रंग का ग्रह, इसका व्यास पृथ्वी के व्यास का लगभग आधा है और शुक्र के बाद हमारा नजदीकी पड़ोसी है। यह बहुत कुछ पृथ्वी की तरह लगता हैं। ध्रुवों पर बर्फ की टोपी और भटकते हुए सफेद बादल तथा इसके वायुमंडल में धूल के तूफान मौजूद रहते हैं। इसकी लाल सतह पर मौसम के बदलते पैटर्न मौजूद होते हैं। इसकी सतह पर बड़े काले स्थान हैं जिसे **मारिया** (Maria) कहते हैं। मंगल पर दो **विपरीत** प्रांत हैं जो सतह की विशेषताएं हैं। दक्षिण गोलार्द्ध में बहुत ज्यादा गर्त हैं जबकि उत्तरी गोलार्द्ध अपेक्षाकृत नवीन एव चिकना हैं, जहाँ गर्त नए घटनाओं से या तो दफन हो गए हैं या नष्ट हो गए हैं। हाल ही में मंगल ग्रह पर पानी की मौजूदगी का सबूत पाया गया है।

वृहस्पति, सौरमंडल का सबसे बड़ा ग्रह है। यदि पृथ्वी को वृहस्पति की सतह पर रखा जाए तो वह थाली में रखे हुए 50 पैसे के सिक्के की तरह प्रतीत होगा। इसका वजन अन्य ग्रहों के कुल वजन के दुगुने से भी ज्यादा होगा। इसका एक छोटा चट्टानी क्रोड है जिसमें लोहा, सिलिकॉन और अन्य भारी तत्व पाये जाते हैं। अन्य ग्रहों से विपरीत इसकी संरचना सूर्य की ही भाँति होती हैं। इसकी सतह की सबसे उत्कृष्ट आकृति इसका वृहत लाल धब्बा (Great Red Spot) है, जो एक लंबा अंडाकार क्षेत्र है और इतना बड़ा है कि दो पृथ्वी एक दूसरे के बगल में साथ-साथ रखी जा सकती हैं।

शनि, दूसरा सबसे बड़ा ग्रह हैं और जिसे हम अपनी आँखों से देख सकते हैं। इसके तीन छल्ले हैं जो केवल दूरबीन के द्वारा देखे जाते हैं, सौरमंडल में ये सबसे स्पष्ट एंव सुन्दर दृश्य बनाते हैं।

अरूण (यूरेनस), सबसे बड़ी दूरबीन से भी यह अस्पष्ट हरे रंग के डिस्क की तरह दिखता हैं। बड़े पैमाने में मौजूद मिथेन गैस एवं बाह्म वायुमंडल में मौजूद अमोनियम के बादल के कारण इसका रंग हरा प्रतीत होता हैं। अरूण सौरमंडल का अद्वितीय ग्रह है क्योंकि इसके घूर्णण का अक्ष लम्ब से 98° पर झुका हुआ है, सूर्य के परिक्रमण की कक्षा के लगभग उसके तल में अवस्थित हैं। साथ ही साथ इसका एक ध्रुव सूर्य की तरफ इशारा करता है।

वरूण (नेपच्यून), की खोज 1846 में हुई थी और यह सूर्य से इतनी दूरी पर है कि यह केवल एक चमकदार बिंदू के रूप में प्रकट होता है। सौरमंडल का सबसे बड़ा उपग्रह ट्राइटन (Triton) अन्य ग्रहों के विपरीत घड़ी की सुई की दिशा में परिक्रमा करता है।

वीनस यानि शुक्र एवं अरूण को छोड़कर अन्य सभी ग्रह अपने अक्ष पर वामावर्त्त (anticlockwise) दिशा में घूर्णन करते हैं। इस प्रकार, पृथ्वी की तरह सभी ग्रहों में सूर्य पूर्व में उगता है और पश्चिम में डूबता है। शुक्र एवं अरूण घड़ी की सूई की दिशा मे ही घूमते हैं। अतः इन ग्रहों पर सूर्य पश्चिम में उगता है एवं पूर्व में डुबता है। अरूण को छोड़कर अन्य सभी ग्रहों के घूमने के अक्ष लगभग उनके कक्ष के तल के लम्बवत् होता हैं। हमारे सौरमंडल के सभी ग्रहों एवं उनके उपग्रहों के भौतिक गुण सारणी 2.2 में वर्णित हैं।

सारणी 2.2 : हमारे सौरमंडल के ग्रहों के भौतिक लक्षण

(www.windows2universe.org/our_solar_system/planets_table.html एवं अन्य स्रोतों से संकलित)

मापदंड	बुध	शुक्र	पृथ्वी	मंगल	वृहस्पति	शनि	अरूण	वरूण
व्यास (पृथ्वी के संदर्भ में =1)	0.382	0.949	1	0.532	11.273	9.459	4.007	3.883
व्यास (कि.मी.)	4,880	12,104	12,756	6,787	143,800	120,660	51,120	49,530
द्रव्यामान (पृथ्वी के संदर्भ में=1)	0.055	0.815	1	0.107	318	95	15	17
सूर्य से औसत दूरी (in AU)	0.39	0.72	1	1.52	5.20	9.54	19.18	30.06
कक्षीय काल (पृथ्वी वर्ष में)	0.24	0.62	1	1.88	11.86	29.46	84.01	164.8
औसत कक्षीय वेग (km/sec)	47.89	35.03	29.79	24.13	13.06	9.64	6.81	5.43
घूर्णन काल (पृथ्वी दिवस में)	58.65	-243	1	1.03	0.41	0.44	-0.72	0.72
सतह का औसत तापमान(C में)	-180 to 430	465	-89 to 53	-82 to 0	-150	-170	-200	-210
औसत घनत्व(जल=1) (ग्राम प्रति घन सेमी.)	5.43	5.24	5 52	3.93	1.33	0.69	1.32	1.64
सतह का संघटन	सिलीकेट	सिलीकेट	सिलीकेट एवं जल	सिलीकेट	-	-	-	-
आंतरिक संघटन	सिलीकेट Fe क्रोड	सिलीकेट Fe-Ni क्रोड	सिलीकेट Fe-Ni क्रोड	सिलीकेट Fe-Fes क्रोड	H, He शैलीय क्रोड	H, He शैलीय क्रोड	H, He शैलीय क्रोड	H, He सिलिकेट क्रोड
वायुमंडल का संघटन	-	CO_2	N_2+O_2	CO_2	H_2 + He	H_2 + He	H_2 + He	H_2 + He
चाँद की संख्या	0	0	1	2	67	62	27	13
वलय की उपस्थिति	ना	ना	ना	ना	हाँ	हाँ	हाँ	हाँ
चुंबकीय क्षेत्र	हाँ	हाँ	हाँ	क्षीण	तीव्र	हाँ	हाँ	Nil

अब आप अपनी प्रगति जाँचने के लिए लगभग पाँच मिनट का समय व्यतीत करें।

बोध प्रश्न 1

a) हमारा सौरमंडल ..... गैलेक्सी का हिस्सा है।

b) गैलेक्सी क्या है?

c) सौरमंडल क्या है?

d) सूर्य से बढ़ते दूरी के क्रम में सौरमंडल के ग्रहों की सूची तैयार करें।

2.2.4 क्षुद्र ग्रह, उल्का पिंड एवं घूमकेतु

आपको जानकर आश्चर्य होगा कि मंगल एवं वृहस्पति की कक्षाओं के बीच 547 मिलियन कि. मी. का अंतराल है। इस अंतर में पत्थर एवं धातुओं से निर्मित हजारों अनियमित आकार के ग्रहों के पिंड जो धूल के कण से लेकर हजारों किलोमीटर तक के आकार के है, अवस्थित हैं। यह माना जाता है कि ये सौरमंडल के मूल तत्व हैं जो एक साथ बँधकर एक ग्रह के रूप में परिवर्तित नहीं हो सके। ये पिंड सूर्य के चारों तरफ परिक्रमा करते हैं और एक दूसरे से टकराने के कारण लगातार छोटे-छोटे टुकड़ों में परिवर्तित होते रहते हैं। बड़े निकायों को **क्षुद्र ग्रह** (asteroid) कहा जाता है और छोटे टुकड़े जो पृथ्वी की तरफ आकर्षित होते हैं, **उल्का पिंड** (meteorites) कहलाते हैं। क्षुद्र ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं और मोटे तौर पर एक डिस्क की तरह के क्षेत्र का निर्माण करते हैं जिसे **क्षुद्र ग्रह पट्टी** कहा जाता है।

क्षुद्र ग्रह के हजारों टुकड़े पृथ्वी के वायुमंडल में हर वर्ष प्रवेश करते हैं जो आसमान में एक प्रकाश की लकीर का निर्माण करते हैं। आसमान में एक छोर से दूसरे छोर तक प्रकाश की इस लकीर को **उल्का** या **टुटते हुए तारे** (shooting star) के रूप में जाना जाता हैं। पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करने वाले ये पदार्थ रेत या कंकड़ के एक छोटे दाने की तरह होते हैं जो उस दौरान ही नष्ट हो जाते हैं। इन में वे जो इतने बड़े हों कि बच कर पृथ्वी पर पहुँच जाए, **उल्का पिंड** कहलाते हैं। वास्तव में, उल्का पिंड एक ठोस पिंड होता है जो अंतरिक्ष से पृथ्वी, चंद्रमा या दूसरे खगोलीय पिंड पर गिरते हैं। तो उन्हे उल्का कहा जाता है। जब वे धरती पर आ जाते हैं तो इन्हे उल्का कहा जाता है। एक अनुमान के अनुसार, लगभग 40,000 ज्ञात उल्का पिंड एवं हजारों नए उल्का पिंड की खोज प्रतिवर्ष होती हैं। उल्का पिंड का नामकरण उनके खोजे हुए स्थान के आधार पर होता हैं।

उल्का पिंड लोहा, निकेल और शैल खनिजों से बने होते हैं और सामान्यतः तीन वर्गों में वर्गीकृत होते हैं और इसका आधार इनमें पाए जाने वाले धातु एवं खनिज हैं जैसे पथरीले (stones), लोह (निकेल-लोहा) और पथरीले लोहा (पत्थर एवं लोहा दोनों का घटक)। अभी तक खोजे गए अधिकांश उल्का पिंड पथरीले (stony types) होते हैं।

धूमकेतू में वैज्ञानिकों की बहुत रूचि होती है क्योंकि ये सौरमंडल के प्रारंभिक इतिहास के अवशेष है। **धूमकेतू** मुख्य रूप से बर्फ के बने होते हैं और ये पानी जमे हुए मीथेन, कार्बनडाइऑक्साइड एवं अमोनिया नामक गैसों के मिश्रण होते हैं। इनमें धूलकण मिश्रित होते हैं जो बर्फ के एक गंदे गेंद की तरह दिखते हैं। कुछ धूमकेतू एक निश्चित समय बाद पुनः दिखाई पड़ते हैं। जैसे -हैली धूमकेतू जिसके पुनरावृत्ति का समय 76 वर्ष हैं। यह पिछले बार 1986 में दिखाई पड़ा था।

इनसे जुड़े महत्वपूर्ण शब्द एवं उनकी विशेषताएँ सारणी 2.3 में दी गयी हैं।

सारणी 2.3 : क्षुद्र ग्रह, उल्कापिंड और धूमकेतु के महत्वपूर्ण लक्षण का सारांश

क्र. सं.	शब्द	लक्षण
1.	छोटा तारा या क्षुद्र ग्रह (Asteroid)	एक छोटा चट्टानी ग्रह जो मंगल और बृहस्पति के कक्षा के बीच सूर्य की परिक्रमा करता हैं।

2.	उल्का, उल्काभ व उल्का पिंड (Meteors, Meteoroids and Meteorites)	धूल कणों एवं छोटे पत्थर के पिंड हैं जो अंतरिक्ष में घूमते है और उनका नाम उनके व्यवहार पर निर्भर करता हैं। उल्काभ अंतरिक्ष में बेतरतीब ढंग से घूमते हुए पिंड हैं। जब उल्का पिंड पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करता हैं तो वह घर्षण के कारण जलने लगता हैं और प्रकाश का एक अस्थायी लकीर बनाता है। यह उल्का के नाम से जाना जाता है जब वह पृथ्वी के सतह पर टकराता है तो उसे उल्का पिंड कहते हैं।
3.	धूमकेतू (Comet)	यह बर्फीले पत्थर का एक गाँठ होता है, जो प्लूटो के परे बाहरी क्षेत्र में सूर्य की परिक्रमा करता है एवं यह माना जाता है कि यह पदार्थ के बादल की तरह है।

इस खंड में हमने सौरमंडल, ग्रहों एवं छोटे पिंडों की सामान्य विशेषताओं पर चर्चा की।

अब हम यह जानेंगे कि सौरमंडल एवं पृथ्वी की उत्पत्ति कैसे हुई।

2.3 ब्रह्मांड और सौरमंडल

हमारे सौरमंडल एवं पृथ्वी की उत्पत्ति को जानने के लिए सबसे पहले हमें यह जानना होगा कि ब्रह्मांड की उत्पत्ति कैसे हुई व सूर्य एवं ग्रह कैसे बने और विकसित हुए।

2.3.1 ब्रह्मांड की उत्पत्ति

ब्रह्मांड इतना विशाल है कि अधिकांश ब्रह्मांड विज्ञानी यह मानते है कि इसका न तो कोई किनारा है और न ही केन्द्र समय एवं अंतरिक्ष शून्य पर निश्चित थे। यह आइंस्टीन के सापेक्षता के सिद्धांत से वर्णित हो सकता है, जो यह बताता है कि अंतरिक्ष और समय एक बदलने वाला अंतरिक्ष– समय सांतत्य बनाता हैं जो यह बताता है कि बिना अंतरिक्ष के समय नहीं होता है। इस प्रकार, जब ब्रह्मांड की शुरूआत हुई, उस समय सारे पदार्थ एवं ऊर्जा एक छोटे सी जगह में असीमित उच्च ताप एवं उच्च दबाव वाली अवस्था में अंतरिक्ष एवं समय शून्य पर निश्चित थे।

बिग बैंग सिद्धांत (Big Bang Theory) हमारे ब्रह्मांड एवं उसके सदस्यों की उत्पत्ति एवं विकास का सबसे स्वीकृत वैज्ञानिक व्याख्या है। यह सिद्धांत ब्रह्मांड की उत्पत्ति को बताता है जिसमें वह शुरूआत में घनी एवं गर्म अवस्था से बाद विस्तृत, ठंडा एवं कम घनी अवस्था मे बदल गया। इस सिद्धांत के अनुसार, लगभग 14 अरब वर्ष पहले ब्रह्मांड में एक विस्फोट हुआ जिससे हमारे ब्रह्मांड की शुरूआत हुई। इस घटना के पहले सारे पदार्थ एवं ऊर्जा एक छोटे से बिंदू पर संघनित थे। यहाँ तक की समय की भी शुरूआत उसी क्षण से हुई। यह विस्फोट अंतरिक्ष में पदार्थ का नहीं बल्कि अंतरिक्ष का स्वयं में विस्फोट था। पदार्थ का हर एक कण दूसरे कण से दूर चला गया। हालांकि ब्रह्मांड के उत्पत्ति के पहले क्षण की कल्पना करना लगभग असंभव स है। जब तक विस्फोट जारी

रहा, पदार्थ एवं ऊर्जा एक दूसरे से दूर होते गए, ब्रह्मांड का विस्तार होता गया और तापमान में लगातार कमी होती रही, जो एक सेकेण्ड के दसवें भाग में 30 अरब सेंटीग्रेड तक पहुँच गया। यह माना जाता है कि उस समय से प्रारंभ प्रक्रिया आज भी जारी है। ब्रह्मांड का विस्तार होता रहा और गैलेक्सी एवं सितारों का निर्माण हुआ। कई हजारों वर्षों के बाद, यह इतना ठंड़ा हो गया कि गुरूत्वाकर्षण बल के कारण एक दूसरे से जुड़कर एक गुच्छे (clumps) का निर्माण हुआ। बिग बैंग घटना के लगभग 5 अरब वर्ष के पश्चात् ये गुच्छे अंततः ठंडे होकर आज के ब्रह्मांड के गैलेक्सी एवं तारों का निर्माण किए। भूवैज्ञानिक पिछले 4.5 अरब वर्ष पर ध्यान देते हैं, जिस दौरान हमारे सौरमंडल जिसमें एक मात्र तारा-सूर्य एवं उसके चक्कर काटते हुए ग्रहों की रचना हुई।

अब यहाँ स्वाभाविक प्रश्न उठता है कि हम यह कैसे जाने कि बिग बैंग में वास्तव में क्या हुआ था? दो महत्वपूर्ण घटना घटित हुई थी जो कि बिग बैंग घटना का सबूत देती है: 1) पृथ्वी का विस्तार, और 2) पृष्ठभूमि विकिरण की उपस्थिति। महत्वपूर्ण घटना घटित हुई थी। हबल अपने अध्ययन के आधार पर यह बतलाते हैं कि ब्रह्मांड में आकाशगंगा एक दूसरे से दूर होती जा रही हैं जिसका मतलब है कि ब्रह्मांड का विस्तार हो रहा है। विस्तृत होता हुआ ब्रह्मांड यह बताता है कि प्रारंभिक अवस्था में यह अत्यन्त ही घना था। पृष्ठभूमि विकिरण उन प्राचीन इतिहास का एक अवशेष है जब ब्रह्मांड अपनी उत्पत्ति के शुरूआती चरण में था और जो बिग बैंग की क्षीण होती उत्तरदीप्त है।

पृथ्वी की उत्पत्ति को समझने के पहले हमें सौरमंडल की रचना को समझना होगा।

2.3.2 सौरमंडल का गठन

अब हम आगे जानते हैं कि ब्रह्मांड की उत्पत्ति के बाद कैसे हमारे सौरमंडल का गठन हुआ। यह जानने के लिए कई विचार सामने आए। जिनमें से कई संशोधित हुए एवं कई त्याग दिए गए। कोई सिद्धांत जो सौरमंडल की रचना एवं विकास की प्रक्रिया को बताता हैं उसमें कई विशेषताओं एवं लक्षणों का होना जरूरी है। जैसे (i) सूर्य की उपस्थिति, (ii) आठ ग्रह, (iii) एक बौना ग्रह (प्लूटो), (iv) उपग्रहों की ज्ञात संख्या (v) मंगल एवं बृहस्पति के बीच क्षुद्रग्रह पट्टी, (vi) लाखों धूमकेतू एवं उल्का पिंड, और (vii) ग्रहों की बीच धूलकणों एवं गैसों की उपस्थिति।

सौर निहारिका सिद्धांत (Solar Nebula Theory) सौरमंडल की रचना से संबंधित तार्किक व्याख्या देता है जिसमे विकास का इतिहास एवं ग्रह और उनके उपग्रह आंतरिक एवं बाहरी ग्रहों के गठन की विविधता और क्षुद्रग्रह पट्टी की व्याख्या शामिल है। ब्रह्मांड की रासायनिक संघटन समय के साथ बदल चुका है। पहले इनमें 100% हाइड्रोजन और हीलियम था जो बाद में 98% हाइड्रोजन और 2% अन्य तत्व हो गये। इस भारी तत्वों की प्रचुरता की जानकारी हमें उल्कापिंडों से ज्ञात हुई है।

ब्रह्मांड के रासायनिक संघटन में परिवर्तन को हम इस प्रकार समझ सकते है।

जर्मन दार्शनिक काण्ट (Kant) ने **निहारिका परिकल्पना** (nebular hypothesis) दी जो सौरमंडल के उत्पत्ति के विषय मे यह बताती है कि यह गैस (हाइड्रोजन एवं हीलियम) के बादल एवं महीन धूल कणों से निर्मित निहारिका थी। इन गैसों से ही सूर्य भी बना है एवं इन धूलकण के आकार के पदार्थ की रासायनिक संरचना पृथ्वी पर पाई जाने वाले पदार्थों के समान ही है। गुरुत्वाकर्षण बल के तहत, घूमते हुए बादल धीरे-धीरे समीप

आने लगे एवं उनके कणों में तेजी से घूर्णन प्रारंभ हो गय। हम इसकी तुलना उन बर्फ पर चलने वाले स्केटस से करते हैं जिनके घूर्णन की गति हाथों के समेटने से बढ़ जाती है।

जैसे ब्रह्मांड का विस्तार एवं ठंडा होना जारी रहा, जिससे सितारों एवं आकाशगंगाओं की रचना प्रारंभ हो गई। घूमते हुए विशाल गैसों का बादल सिकुड़ कर एवं चौरस होकर गैस एवं धूलकणों का एक डिस्क का निर्माण किया जिसे हम मिल्की वे आकाशगंगा कहते हैं जिसके केन्द्र में सूर्य का निर्माण हुआ और भंवरों से के पदार्थों के जमाव से ग्रहों का निर्माण हुआ। गुरुत्व बल के प्रभाव से सभी पदार्थ केन्द्र की ओर बढ़ने लगे। पदार्थों के केन्द्र की ओर अग्रसर होने से केन्द्र में पदार्थों का संग्रहण होने लगा और एक पिंड का निर्माण हुआ जिसे हम **प्रारंभिक सूर्य** या **आद्य सूर्य** (Primitive Sun or Proto Sun) कहते हैं, जिससे वर्तमान सूर्य का निर्माण हुआ। आद्य सूर्य दबाव के कारण घना एवं गर्म हो गया। लगातार दबाव के कारण आद्य सूर्य का आंतरिक तापमान सिकुड़न के कारण बढ़ कर लाखों डिग्री सेंटीग्रेड हो गया और नाभिकीय संलयन (nuclear fusion) प्रारंभ हो गया जिससे इसमें स्वयं की ऊर्जा का निर्माण होंने लगा। यह नाभिकीय संलयन एक हाइड्रोजन बम में होने वाले नाभिकीय प्रतिक्रिया के समान है।

निहारिका जिससे हमारा सौरमंडल बना हुआ माना जाता है टूटना शुरू हुआ और क्रोड का निर्माण लगभग 5 से 5.6 अरब वर्ष पहले शुरू हुआ तथा ग्रहों का निर्माण लगभग 4.6 अरब वर्ष पहले हुआ। आंतरिक ग्रह (बुध, शुक्र, पृथ्वी और मंगल) मुख्य रूप से पत्थर, धातु एवं कुछ मात्रा में गैसीय पिंडो के बने होते है। बाहर्री ग्रह (बृहस्पति, अरुण और वरुण) आंतरिक ग्रहों के तुलना में बड़े एवं कम घनत्व वाले हैं। बाहरी ग्रह, ग्रह बनने की प्रक्रिया के प्रारंभिक उत्पाद हैं और इनमे ग्रह व्यवस्था का लगभग पूरा द्रव्यमान मौजूद है।

जैसे ही ग्रहों का निर्माण हुआ, सूर्य के समीप वाले ग्रहों को कक्षा एवं सूर्य से दूर वाले ग्रहों की कक्षा का निर्माण विभिन्न तरीके से हुआ। दूसरे शब्दों में, उनकी संरचना सूर्य से बढ़ती दूरी के साथ परिवर्तित होती रही। आंतरिक ग्रह घने एवं चट्टानों से बने हुए उभरे और बाहरी ग्रह मुख्य रूप से चट्टानी क्रोड एवं हाइड्रोजन, हीलियम तथा मूल निहारिका के अन्य हल्के घटकों के बने।

अभी हमने अपने सौरमंडल के तारों एवं ग्रहों के गठन के बारे में संक्षिप्त में चर्चा की, अब हम जानेंगे कि पृथ्वी ग्रह की उत्पत्ति कैसे हुई।

2.4 पृथ्वी की उत्पत्ति

आपके मन में पृथ्वी के संबंध में कई तरह के सवाल होंगे। जैसे पृथ्वी की आयु क्या है? पृथ्वी कैसे बनी? मनुष्य हमेशा इन सवालों के जवाब खोजने में दिलचस्पी लेता रहा है। पृथ्वी की उत्पत्ति एवं विकास के संबंध में वर्तमान जानकारी किसी एक खोज से नहीं हुई है, परन्तु विभिन्न शोधकर्ताओं द्वारा लंबी अवधि में निरंतर अनुसंधान द्वारा में आया है यह समय के साथ परिपक्व हो गयी है। इसलिए, अब हम इस अनुभाग में पृथ्वी की उत्पत्ति के विषय में जानकारी प्राप्त करेंगे जिसे कई अनुसंधानकर्ताओं ने विभिन्न सिद्धांतों एवं परिकल्पनाओं के माध्यम से वर्णित किया है।

हमने पिछले अनुभाग में पृथ्वी एवं अन्य ग्रहों की उत्पत्ति के, सौर निहारिका परिकल्पना के बारे में चर्चा की। वैज्ञानिकों का बहुमत से मानना है कि पृथ्वी और सौरमंडल ग्रहाणु

अभिवृद्धि (Planetesimal accretion) एवं एक विशाल निहारिका के गुरुत्वीय संकुचन (gravitational contraction) से गठित हुआ है। मौलिक (Primitive) ठंडी पृथ्वी क्रमशः गर्म होने लगी, जिसका मुख्य कारण संग्रहित पदार्थों के संकुचन से बढ़ता हुआ वजन एवं प्राकृतिक रेडियोधर्मी सामग्री का क्षय है। जब गर्मी शीघ्र उत्पन्न हुई तो बाहर चली गई जिससे कुछ घटक पिघल गये। भारी पदार्थ गुरुत्वाकर्षण के कारण पृथ्वी के केन्द्र में चले गये हैं जिससे क्रोड का निर्माण हुआ जो कम घनत्व वाले प्रावार एवं बाहरी पर्पटी से घिरा हुआ था।

पृथ्वी की उत्पत्ति के संबंध में कई सिद्धांत एवं परिकल्पना प्रस्तावित हुए हैं जिन्हे मोटे तौर पर निम्नलिखित दो समूहों में बाँटा जा सकता है।

A) **एकपैतृक या अद्वैतिक परिकल्पनाएँ (Uniparental or monistic hypotheses)** इस समूह की परिकल्पनाएँ इस धारणा पर आधारित हैं कि पृथ्वी की उत्पत्ति एक ही वृहत् पिंड से व्यवस्थित विकासवादी प्रक्रिया से हुई है। इस परिकल्पना के पक्ष में काण्ट, लाप्लास, कार्ल विजेकर, हेराल्ड यूरी और कुईपर ने अपने विचार रखे।

B) **द्विजनकीय या द्वैतवादी परिकल्पनाएँ (Biparental or Dualistic hypotheses)** इस समूह की परिकल्पनाएँ इस धारणा पर आधारित हैं कि पृथ्वी के निर्माण में दो पिंडो का योगदान था। इसके अनुसार पृथ्वी एवं दूसरे ग्रहों की रचना किसी विस्फोटक गतिविधि का परिणाम था। यह परिकल्पना बफन, चैंबरलिन और मुल्टन, जेम्स जींस, जेफरी, रसेल, लिटलटॉन और बनर्जी के द्वारा दी गई है।

अब हम संक्षेप में कुछ परिकल्पनाओं की चर्चा करेंगे।

1. **काण्ट की निहारिका परिकल्पना** : 1755 में जर्मन दार्शनिक इमैनुअल काण्ट ने सुझाव दिया कि सौरमंडल की रचना का पता घूमते हुए गैसों के बादल एवं महीन धूल कण, जिसे निहारिका कहते है, से लगाया जा सकता है और इस विचार को **निहारिका परिकल्पना** कहा जाता है। इस परिकल्पना के अनुसार, सौरमंडल एक बृहत्, चपटे, घूमते हुए निहारिका से निर्मित हुई है जिसका फैलाव सबसे दूर स्थित ग्रह से परे था। घूर्णन निहारिका (Rotating nebula), सार्वभौमिक गुरुत्व के सिद्धांत के अनुसार, घूर्णन की गति में वृद्धि के कारण और अधिक संकुचित एवं ठोस हो गया। जैसे ही यह निहारिका संकुचित हुअी वैसे ही सारा द्रव्यमान केन्द्र की ओर एकत्रित हो गया। इससे घूर्णन की गति के दर में वृद्धि हुई और अपकेन्द्री बल (centrifugal force) मे वृद्धि हुई। इससे पदार्थ के कण आपसी गुरुत्वाकर्षण के तहत एक दूसरे से टकराने लगे। इससे गर्मी उत्पन्न हुई और पैतृक पिंड में धूर्णन प्रारम्भ हुआ। इस प्रकार से वह बादल गैसों का एक घूमता हुआ पिंड बन गया जिसे **निहारिका** कहते है। उन्होंने सुझाव दिया कि पृथ्वी सहित आठ ग्रहों का निर्माण इस उभरते हुए पिंड के भूमध्य रेखीय तल पर उभार से हुआ।

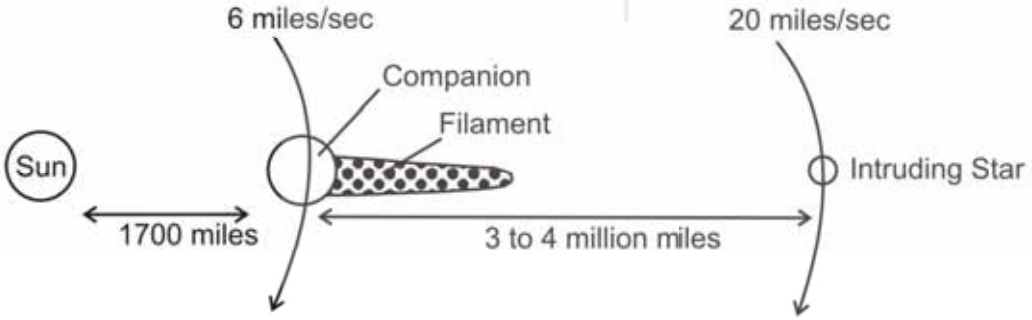
2. **लाप्लास की निहारिका परिकल्पना** : 1796 में लाप्लास ने सुझाव दिया कि गैसीय निहारिका में सिकुड़न एवं संघनन के कारण गर्म गैसीय घुमती हुई निहारिका की गति में अत्यधिक वृद्धि हुई। जिससे अपकेन्द्रीय बल आसंजन बल (force of adhesion) से अधिक हो गया। जिससे गैसीय पिंड का एक छल्ला (ring) बाहर निकल गया। यह छल्ला पृथक होकर एक ग्रह बन गया। इस घटना की पुनरावृत्ति ने अन्य ग्रहों को जन्म दिया और मध्य भाग सूर्य के रूप में बना रहा।

3. **चैंबरलिन एवं मोल्टन की ग्रहाणु परिकल्पना** : इस परिकल्पना के अनुसार, जब एक दूसरा तारा सूर्य की तरफ अग्रसर हुआ तो गर्म गैसों का विशाल ज्वार या तंतु सूर्य से बाहर निकल आये। उस तारे के गुजरने के बाद, गैसों के निकले हुए भाग में घूर्णी गति (rotational motion) उत्पन्न हो गई। तारे के जाने के बाद, गैसों के निकले हुए भाग संघनित होकर ठोस पिंड में परिवर्तित हो गए और क्रमशः परस्पर आकर्षित होकर ग्रहों का निर्माण किया।

4. **जीन्स की ज्वारीय सिद्धांत** : यह सिद्धांत जीन्स के द्वारा 1919 में दिया गया। इसके अनुसार एक गुजरते हुए तारे के कारण सूर्य पर ज्वारीय प्रभाव हुआ। गुजरते हुए तारे के गुरुत्वाकर्षण प्रभाव के कारण सिगार के आकार की एक प्रक्षेपण (projection) सूर्य से बाहर निकला और जिससे पैतृक (parental) पिंड का निर्माण हुआ। इस सिगार आकार के तंतु के ठंडा होने एवं संघनन से ग्रहों की रचना हुई।

5. **जेफरी का टकराव परिकल्पना** : यह परिकल्पना जेफरी द्वारा 1929 में प्रस्तावित की गयी। उनके अनुसार सूर्य एवं गुजरते हुए तारे में टकराव हुआ था। जिससे कुछ सौर पदार्थ (solar matter) बाहर निकल आया। उन्होंने सुझाव दिया कि ग्रहों की रचना इसी पिंड के संघनन से हुआ है।

6. **एच एन रसेल का युग्म तारा परिकल्पना** : युग्म तारों को जुड़वा तारा भी कहा जाता है (चित्र 2.2)। उन्होंने दो पिंडों की कल्पना की जिसमें एक सूर्य एवं उसका सहचर (companion) था। इनमें से एक दूसरे के चारों ओर घूमता था। उनके अनुसार घुसपैठीया तारा (intruding star) सहचर के समीप आया जिससे एक तंतु (filament) बाहर निकला जिससे संघनित होकर ग्रहों की रचना हुई।



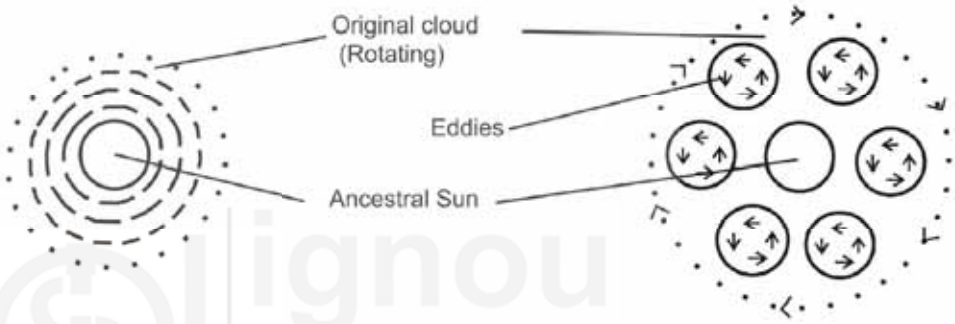
चित्र 2.2 : युग्म तारा, घुसपैठीया तारा एवं उनके घटकों को दर्शाता आरेख।

7. **आधुनिक विचारधारा** : एक पैतृक परिकल्पना के अंतर्गत गणितज्ञ, खगोलविद, भौतिकविद, रासायनश्शास्त्री एवं भूवैज्ञानिक विकासवादी प्रक्रिया के पक्ष में हैं। कार्ल विज़ेकर का विचार 1943 में आया जिसमें संशोधन हेराल्ड यूरी ने 1952 में किया जो बाद में कुइपर द्वारा 1957 में पुनःसंशोधित किया गया। अब हम इन विचारों की संक्षेप में चर्चा करेंगे।

a) **युरी-कुइपर की परिकल्पना :** इस परिकल्पना के अनुसार, अंतरिक्ष में धूल और गैसों का एक बड़ा बादल था। जिसमें संघनित पानी का वाष्प, अमोनियम, मीथेन जैसा हाइड्रोकार्बन गैस एवं आयरन ऑक्साइड के धूल कण का मिश्रण था। सितारों के रोशनी के प्रभाव से उस बड़े बादल के घटकों में संपीडन प्रारंभ हो गया। जिससे

बड़े बादल के मध्य में संघनन की प्रक्रिया द्वारा पैतृक सूर्य (ancestral sun) का विकास शुरू हो गया (चित्र 2.3)। कुछ समय पश्चात् पैतृक सूर्य के चारों तरफ घूमता हुआ धूल कणों और गैसों का बृहत बादल असमान आकार के प्रक्षुब्ध भँवरों (eddies) में बंट गया।

कुइपर के अनुसार, भँवर का आकार सूर्य से बढ़ती हुई दूरी के साथ-साथ बढ़ता गया। वे एक दूसरे से टकराने से छोटे ग्रहों (planetesimal या protoplanets) का गठन एवं एक दूसरे से जुटने एवं संघनन के कारण बड़े ग्रहों का निर्माण हुआ। जिनमें से एक हमारी पृथ्वी है। पिघलने के पश्चात् पृथ्वी के अवयवों में विभेदन (diffrerntiation) प्रारंभ हो गया। पृथ्वी की रचना के बाद कई तरह के गैसों का पृथ्वी के अंदर से निकलना प्रारंभ हो गया और इन गैसों से वायुमंडल का निर्माण हुआ।



चित्र 2.3 : संघनन की प्रक्रिया को दर्शाता आरेख।

b) **फ्रेड हॉयल का चुंबकीय सिद्धांत** : 1958 में फ्रेड हॉयल ने अपनी परिकल्पना प्रतिपादित की, उनके अनुसार संकुचित हो रहे मूल निहारिका पिंड से सूर्य के विभेदन की प्रक्रिया में आद्यग्रहीय बादल का निर्माण हुआ। यह विभेदन निहारिका के द्रव्यमान के तीव्र घूर्णन के कारण था। विभेदन की यह प्रक्रिया सूर्य और गैसीय बादलों के बीच चुंबकीय युग्मन (coupling) के कारण समाप्त हो गई जिससे ग्रहों का निर्माण हुआ।

भारतीय भौतिक वैज्ञानिक जयंत नार्लीकर ने फ्रेड हॉयल के साथ एक सिद्धांत का प्रस्ताव दिया जिसे हॉयल नार्लीकर सिद्धांत कहा जाता है। जो कि ब्रह्मांड की स्थायी अवस्था मॉडल में उनके विश्वास से प्रेरित था।

c) **बिग बैंग सिद्धांत** : वर्तमान में बिग बैंग सिद्धांत पृथ्वी की उत्पत्ति बताने के लिए सबसे अच्छा मॉडल है। यह बताता है कि ब्रह्मांड अरबों वर्ष पहले गर्म एवं घने अवस्था में बना हैं। प्राथमिक कणों (इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन, न्यूट्रॉन) आदि के इस सूप से आधुनिक आवर्त सारिणी के सभी ज्ञात तत्वों की रचना हुई। बिग बैंग न्यूक्लियो संश्लेषण (Big Bang Nucleosynthesis) सिद्धांत इससे संबंधित प्रक्रिया की व्याख्या करने का प्रयास करता है। बिग बैंग न्यूक्लियो संश्लेषण पहले तीन मिनट में ही हुआ। बिग बैंग के बाद से ब्रह्मांड का लगातार विस्तार हो रहा है। इस सिद्धांत को सबसे पहले जार्ज गैमोव ने 1940 में प्रतिपादित किया और बाद में विस्तृत रूप में फ्रेड हॉयल और विलियम फॉलर ने बताया। "बिग बैंग" शब्द का

उपयोग सबसे पहले एक प्रसिद्ध अंग्रेज खगोलशास्त्री फ्रेड हॉयल ने किया था। बेशक ब्रह्मांड की शुरूआत को इंगित करने वाला कोई विस्फोट या बैंग नहीं हुआ लेकिन यह निश्चित रूप से एक प्रचंड घटना थी। चूंकि आज के ब्रह्मांड में उपस्थित सारे पदार्थ एवं ऊर्जा का निर्माण उसी क्षण हुआ था। खगोलविदों का मानना था कि यह घटना लगभग 14 अरब वर्ष पूर्व हुई थी। बिग बैंग सिद्धांत उल्लेखनीय रूप से ब्रह्मांड के बारे मे कई प्रेक्षणों को समझाने में सफल रहा हैं। हमारे सौरमंडल में उपस्थित कई ग्रहाणुओं ने परस्पर एकत्र होकर पर्याप्त पदार्थ बना लिए जिससे लगभग 4.6 अरब वर्ष पहले पृथ्वी सहित अन्य ग्रह बन गये। उसके बाद से पृथ्वी में लगातार विकास एवं परिवर्तन हो रहा है। यह माना जाता है कि प्रारंभिक अवस्था में पृथ्वी ठंड़ी थी जो ज्यादातर सिलिकेट एवं सिलिकेट तथा ऑक्सीजन के यौगिक, लौह एवं मैग्नेशियम के ऑक्साइड तथा कम मात्रा में दूसरे अन्य तत्वों से बनी थी। सामान्यतः इसका संघटन एवं घनत्व एक समान था। शुरूआती दस लाख वर्षों में पृथ्वी के विकास में कई घटनाओं का समन्वय था जैसेः (i) उल्कापिंड की तरह छोटे निकायों का प्रभाव; (ii) गुरुत्वाकर्षण संपीडन; (iii) पदार्थों के निष्पीड़न और (iv) रेडियोधर्मी क्षय के कारण, पृथ्वी के तापमान में वृद्धि। तापमान इतना बढ़ गया कि इसके कुछ घटक पिघल गए जिससे समांग संघटन (homogeneous composition) समाप्त हो गए और वे विभिन्न संघटन व घनत्वों वाले संकेन्द्रीय परतों में प्रतिस्थापित हो गए। इससे पृथ्वी अकेन्द्रीय परतों (पर्पटी, प्रावार और क्रोड) वाले ऐसे ग्रह में विभेदित हो गई। हम इन तीन परतों की चर्चा इस इकाई के अनुभाग 2.5 में तथा बाद में इकाई 3 में करेंगे।

इस अनुभाग में हमने पृथ्वी की उत्पत्ति के संबंध में कई परिकल्पनाओं एवं सिद्धांतों की चर्चा की। पृथ्वी की आयु के बारे में चर्चा करने से पहले अगले अनुभाग में हम पृथ्वी की सतह पर उभरी हुई आकृतियों की चर्चा करेंगे।

बोध प्रश्न 2

a) बिग बैंग क्या है ?

b) जींस के ज्वारीय सिद्धांत एवं द्वैतवादी/द्विजनकीय परिकल्पना के बीच क्या अंतर हैं ?

c) एकपैतृक (uniparental) एवं द्विजनकीय (biparental) परिकल्पना के बीच क्या अंतर है ?

d) द्वैतारक परिकल्पना (Binary Star Hyothesis) क्या है ?

अब हम वह ग्रह जिस पर हम रहते हैं अर्थात् पृथ्वी के भौतिक पहलुओं के बारे में अध्ययन करेंगें।

2.5 पृथ्वी की आकृति एवं संरचना

पृथ्वी जिस पर हम रहते हैं, सभ्यता के प्रारंभ से ही मानव जाति इसके रहस्यों को जानने का इच्छुक रहा है। पौधे, जीव, बर्फ से ढकी चोटियाँ, नीले आकाश और सफेद बादल से सजी यह पृथ्वी एक खूबसूरत ग्रह हैं। मनुष्यों ने बड़े पैमाने पर इसका अन्वेष्ण किया है। फिर भी, पृथ्वी से संबंधित हमारी जानकारी पतली चट्टानी परतों और पानी की सतह से कुछ किलोमीटर नीचे और ऊपर में वायुमंडल तक ही सीमेत रही है। हालांकि अप्रत्यक्ष

तरीके जैसे भूकंप के दौरान उत्पन्न हुई तरंगों का अध्ययन करके पृथ्वी की आतंरिक संरचना की जानकारी एकत्रित किया क्योंकि हम पृथ्वी के अंदर न तो प्रत्यक्ष देख सकते है और न ही उसका नमूना ले सकते है। अब हम संक्षेप में पृथ्वी के आकार, सतही विशेषता और इसकी संरचन के मौजूदा वैज्ञानिक ज्ञान पर चर्चा करेंगें।

2.5.1 पृथ्वी के भौतिक पहलु

पृथ्वी लगभग एक गोलाकार ग्रह है। यह ध्रुवों पर थोड़ी चपटी है तथा दैनिक घूर्णन के कारण भूमध्य रेखा पर थोड़ी उभरी हुआ है। पृथ्वी 360° घूमती है और सूर्य की परिक्रमा लगभग 365¼ दिन में करती है। पृथ्वी की सतह की समतल वक्रता पहाड़ों एवं घाटियों से भंग होती है। इस स्थलाकृतिक भिन्नता का मापन समुद्र तल (mean sea level) से किया जाता है। पृथ्वी का आकार, क्षेत्रफल, आयतन, घनत्व, द्रव्यमान और उच्चावच संबंधी प्राचलों को सारणी 2.3 में बताया गया है।

सारणी 2.3 : आकार, क्षेत्रफल, आयतन, घनत्व, द्रव्यमान और उच्चावच संबंधी पृथ्वी के प्राचल

(A)	**आकार**	**आंकड़ा**
1.	विषुवतीय व्यास	12,757 कि.मी.
2.	ध्रुवीय व्यास	12,714 कि.मी.
3.	विषुवतीय परिधि	40,077 कि.मी.
4.	ध्रुवीय परिधि	40,000 कि.मी.
5.	त्रिज्या	6371 कि.मी.
(B)	**क्षेत्रफल**	
1.	समुद्र अधस्तल का क्षेत्रफल (70.78%)	361 मिलियन वर्ग कि.मी.
2.	भूमि का क्षेत्रफल (29.22%)	149 मिलियन वर्ग कि.मी.
3.	कुल क्षेत्रफल	510 मिलियन वर्ग कि.मी.
(C)	**आयतन, घनत्व और द्रव्यमान**	
1.	आयतन	1.0817×10^{21} घन मी.
2.	घनत्व	5.527 ग्राम प्रति घन से.मी.
3.	द्रव्यमान	6×10^{21} टन
(D)	**उच्चावच**	
1.	समुद्र तल से अधिकतम उंचाई (हिमालय में माउंट एवरेस्ट)	8848 मी.
2.	समुद्र तल से अधिकतम गहराई (मारियाना खाई, जापान एवं फिलीपाइन उपतर)	10,971 मी.

2.5.2 भूपटल उच्चावच लक्षण

पृथ्वी की पर्पटी के भौतिक लक्षणों या उच्चावच लक्षणों को मोटे तौर पर तीन भागों में बाँटा जा सकता है :

a) **महाद्वीप** : यह पृथ्वी की सतह का लगभग 29.2% भाग है। पृथ्वी की सतह पर भूमि का 75% भाग भूमध्यरेखा के उत्तर में अवस्थित है। महाद्वीप मैदान, पठार, पर्वत श्रृंखला आदि से बने हुए हैं।

b) **महासागर** : यह पृथ्वी के सतह का 70.8% भाग है। प्रशांत महासागर, जिसकी औसत गहराई 4267 मीटर है, सबसे बड़ा महासागर है जो पृथ्वी के लगभग आधे भाग में अवस्थित है। महासागरीय खड्ड, समुद्री टीले, खाईयां, इत्यादि महासागरों के विभिन्न भागों में मिलते हैं।

c) **मध्य महासागरीय कटक (Mid Oceanic Ridge)** : ये समुद्र के अंदर उभरी हुए पहाड़ी की तरह होते है जैसे मध्य अटलांटिक कटक। यह अटलांटिक महासागर के पूर्वी एवं पश्चिमी छोरों के मध्य स्थित है और इसकी चौड़ाई लगभग 1610 कि.मी. है और समुद्र अधस्तल से लगभग 4.2 कि.मी. उँचा है। द्वीप महासागरीय कटकों के समुद्र तल के ऊपर एक उठे हुए भाग है।

पृथ्वी के सतह पर विभिन्न उचाईयों के बहुत सारे लक्षण है जो पृथ्वी के अंदर और उसकी सतह पर कार्यरत विभिन्न आतंरिक एवं ब्राह्य प्रक्रियाओं का परिणाम है। जब पृथ्वी की सतह अपेक्षाकृत सपाट हो तो हम उसे अल्प उच्चावच (low relief) कहते हैं और जब सतह सपाट नहीं हो और उस पर अधिक या कम ऊंचाई वाली हो तो उसे अति उच्चावच (high relief) कहते हैं। अतः जब हम उच्चावच (relief) की बात करते हैं तो यह दो बिन्दुओं के बीच की उंचाई मे अंतर है।

पृथ्वी की सतह के उच्चावच लक्षणों को उनके विस्तार, आकार एवं रचना के आधार पर पांच क्रमों में बाँट सकते हैं।

1) **पहले क्रम के उच्चावच लक्षण** : सबसे बृहत तौर पर पहचाने जाने वाले लक्षणों (जैसे महाद्वीपीय प्लेटें और महासागरीय द्रोणियों) को प्रथम क्रम के उच्चावच लक्षण कहते है। ये लक्षण विवर्तनिकी प्लेटें होती है जिनका विस्तार बहुत अधिक होता है। ये प्लेट महाद्वीपीय प्लेट, महासागरीय प्लेट या उन दोनो के मिश्रण होते है जिनकी विशेषता उनके शैलों एवं खनिज संयोंजन है। महाद्वीपीय प्लेट घनत्व में हल्की तथा महासागरीय प्लेट भारी होती है। महाद्वीपीय प्लेटफार्म और महासागरीय द्रोणी के सीमा पर महाद्वीपीय शेल्फ होता है।

2) **दूसरे क्रम के उच्चावच लक्षण** : दूसरे क्रम के उच्चावच लक्षणों के उदाहरण में पर्वत श्रृंखलाएँ (जैसे हिमालय, किलिमंजारो पर्वत आदि) और घाटियां (जैसे अफ्रीका की ग्रेट रिफ्ट घाटी आदि) हैं जो महाद्वीपीय प्लेटफार्म या महासागर में बनते है। इनका निर्माण महाद्वीपीय प्लेटफार्म एवं महासागरीय द्रोणी के संचलन के परिणामस्वरूप होता है।

3) **तीसरे क्रम के उच्चावच लक्षण** : दूसरे क्रम के उच्चावच लक्षणों की तुलना में तीसरे क्रम के उच्चावच लक्षण कम विस्तार एवं छोटे आकार के होते हैं। ये सतह के अपरदन एवं निक्षेपण की वजह से बनते है न कि विवर्तनिकी प्लेटों के संचलन

के कारण। हालांकि, इस तीसरे क्रम के उच्चावच लक्षणों के आकार की कोई ऊपरी एवं निचली सीमा नहीं होती है पर हम दूसरे एवं तीसरे क्रम के उच्चावच लक्षणों में अंतर कर सकते है। अगर हम उच्चावच के लक्षणों को पूर्ण तौर पर देख सकते है तो ये तीसरे क्रम के ही उच्चावच के लक्षण हैं। असतत् पर्वत श्रृंखला, पहाड़ियों का समूह एवं बड़ी नदी घाटी तीसरे क्रम के उच्चावच के उदाहरण है।

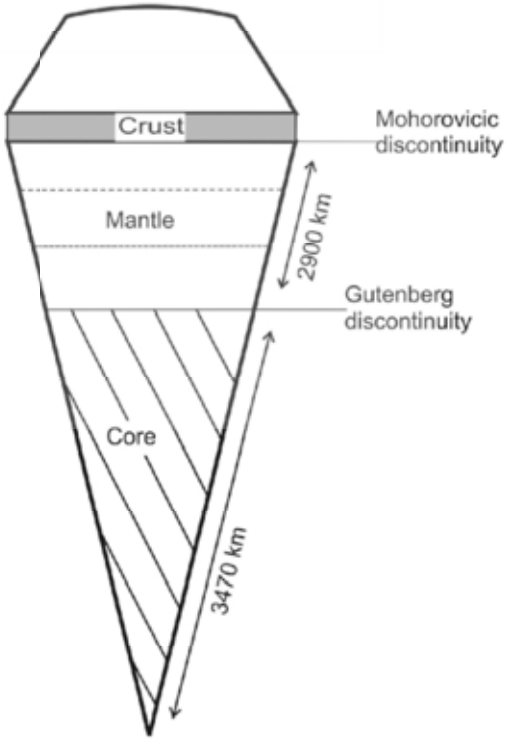
4) **चौथे क्रम के उच्चावच लक्षण** : ये तीसरे क्रम के उच्चावच लक्षणों के मूर्त रूप से विवरण है। तीसरे स्तर के उच्चावच लक्षणों के अंदर एकाकी भूआकृतियां जैसे पर्वत या पहाड़ी चौथे स्तर के उच्चावच लक्षण हैं।

5) **पाँचवें क्रम के उच्चावच लक्षण** : ये चौथे क्रम के उच्चावच लक्षणों के एकाकी लक्षण जैसे भृगु, जलप्रपात, बालूरोधिका आदि पांचवे क्रम के उच्चावच लक्षण है।

2.5.3 संरचना

अब हम पृथ्वी की संरचना को संक्षेप में समझेंगें। पृथ्वी कई परतों में विभाजित है, जिनमें से तीन मुख्य परत पर्पटी, प्रावार एवं क्रोड है (चित्र 2.4)। पृथ्वी की सतह पर सबसे बाहरी ठोस परत है जो पर्पटी (crust) कहलाती है। इसकी मोटाई महासागरों में लगभग 10 कि.मी. और महाद्वीपों में लगभग 40 कि.मी. है। यदि आप पृथ्वी की कल्पना एक सेब से करेंगें तो पर्पटी की मोटाई सेब के छिलके के बराबर होगी।

पर्पटी पृथ्वी के स्थलमंडल (lithosphere) की सबसे बाहरी परत है। स्थलमंडल पर जो गाँठे (lumps) है उसे हम पर्वत के रूप में देखते हैं और जो झुर्रियाँ (wrinkles) है वे सागर में खाईयों के रूप में हैं। पर्पट्री के नीचे पृथ्वी के अधिकांश आतंरिक भाग गर्म और आंशिक रूप से पिघला हुआ है।



चित्र 2.4 : पर्पटी, प्रावार, क्रोड और प्रमुख सीमाओं को दर्शाती पृथ्वी की वेज।

पृथ्वी का सबसे भीतरी भाग क्रोड (core) है। क्रोड और पर्पटी के बीच का भाग प्रावार (mantle) नाम से जाना जाता है। यह लगभग 2900 कि.मी. मोटा है और पृथ्वी के कुल आयतन का लगभग 80% भाग है। क्रोड, प्रावार से गुटेनबर्ग असांतत्य द्वारा पृथक है। स्थलमंडल और प्रावार को विभाजित करने वाली काल्पनिक रेखा **मोहो** या **मोहरोविसिक असांतत्य** कहलाती हैं।

अभी तक आपने पृथ्वी की उत्पत्ति, प्रमुख विशेषताओं तथा उसके घटकों के बारे में जाना है। पृथ्वी की आयु के बारे में चर्चा करने के पहले अपनी प्रगति जाँचे।

बोध प्रश्न 3

a) पृथ्वी की सतह के उच्चावच लक्षणों की सूची बनाएँ।

b) पृथ्वी की तीन परतों के नाम बताएं।

c) स्थलमंडल को परिभाषित करें।

d) प्रावार क्या है ?

2.6 पृथ्वी की आयु

हमने जाना है कि पृथ्वी की उत्पत्ति लगभग 4.6 अरब वर्ष पहले हुई थी। लेकिन हम इस निष्कर्ष पर कैसे पहुंचे! आपने डायनासोर के बारे में सुना होगा जो पृथ्वी पर लगभग 6.6 करोड़ वर्ष पहले रहते थे। जीवन का विकास पृथ्वी के इतिहास में दर्ज है। हम यकीन से कैसे कह सकते है कि डायनासोर 6.6 करोड़ वर्ष पहले पृथ्वी पर थे। आप आश्चर्य कर रहे होंगें कि आज हम यह कैसे बता सकते है कि कोई शैल 10 लाख वर्ष पुरानी है, या कोई जीवाश्म 6.6 करोड़ वर्ष पुराना हैं। भूविज्ञान की शाखा **स्तरक्रम विज्ञान** (stratigraphy) में हम पृथ्वी की आयु के बारे में पढ़ते हैं। यह पृथ्वी के शैलों के काल निर्धारण से संबंधित विज्ञान है।

आइए अब हम पृथ्वी की आयु निर्धारण एवं आकलन करने की विधियों को जानें।

2.6.1 शैलों का आयु निर्धारण

पृथ्वी एवं शैलों की आयु जानने के लिए कई विधियों का इस्तेमाल होता है जिन्हें हम मोटे तौर पर दो समूहों में बांट सकते हैं।

a) **अप्रत्यक्ष विधियां** : जिसमें भूवैज्ञानिक घटनाओं का आपेक्षिक कालनिर्धारण किया जाता है।

आपेक्षिक आय किसी जीवाश्म या भूवैज्ञानिक घटना या विशेषता की भूवैज्ञानिक आयु है जिसकी अभिव्यक्ति जीव, शैल, विशेष लक्षण के संदर्भ में की जाती है ना कि समय की इकाई की विशिष्ट संख्या में।

b) **प्रत्यक्ष विधियां** : जिसके अंतर्गत रेडियोसक्रिय विधियों द्वारा निरपेक्ष आयु ज्ञात की जाती है।

निरपेक्ष आयु (Absolute age) किसी भी प्रतिदर्श जैसे जीवाश्म, खनिज, शैल या भूवैज्ञानिक घटना जिसे समय की इकाईयों में व्यक्त किया जाता है, का वास्तविक भूवैज्ञानिक आयु है। निरपेक्ष आयु का निर्धारण भूवैज्ञानिक तथा रेडियोसक्रिय विधियों द्वारा किया जाता है।

आपेक्षिक आयु किसी जीवाश्म शैल, भूवैज्ञानिक घटना या लक्षण का किसी अन्य जीवाश्म शैल, भूवैज्ञानिक घटना या लक्षण के संदर्भ मे तुलनात्मक आयु है। कुछ प्रमुख विधियां निम्न है :

A) **भूवैज्ञानिक विधियां**

i) **अनाच्छादन या अवसादन (Denudation or sedimentation)** : यह विधि इस तथ्य पर आधारित है कि पृथ्वी की उत्पत्ति के साथ ही निक्षेपण की प्रक्रिया द्रोणियों में लगातार जारी रहती है। यह प्रस्तावित किया गया था कि यदि अवसादों की कुल मोटाई जान ली जाए और निक्षेपण का दर मालूम कर लिया जाए तो आयु का निर्धारण निम्न सूत्र द्वारा किया जा सकता है :

$$\text{आयु} = \frac{\text{अवसादों की कुल मोटाई}}{\text{एक साल में निक्षेपित अवसाद}}$$

इस विधि द्वारा आयु की गणना कैम्ब्रियन अवसादन के बाद शुरूआत से 51 करोड़ वर्ष की गई।

ii) **लवणता (Salinity)** : इस विधि में यह माना जाता है कि सर्वप्रथम बने हुए समुद्रों में खारा पानी नहीं था। आज समुद्र के पानी में जितनी लवणता है वह जमीन पर पाई जाने वाली शैलों के निरंतर अपक्षय और अपरदन से जनित है। यह प्रस्तावित किया गया कि समुद्र में आज कितनी नमक मौजूद है और प्रतिवर्ष इसमें कितनी बढ़ोतरी हो रही है यह जान लिया जाए तो पृथ्वी की आयु की गणना की जा सकती है। इस विधि से, जॉली द्वारा पृथ्वी की आयु 10 करोड़ वर्ष निम्नलिखित सूत्र के माध्यम से निर्धारित की गई है :

$$\text{आयु} = \frac{\text{महासागरों में कुल नमक}}{\text{नमक में प्रतिवर्ष बढ़ोतरी}}$$

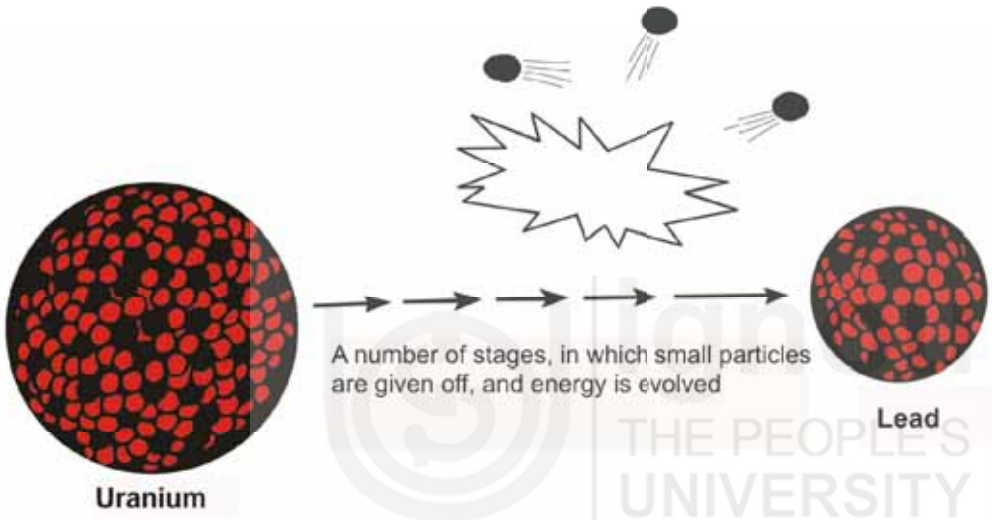
iii) **हिमनदीय वार्व (Glacier varves)** : नदी एवं हिमनद की संयुक्त क्रिया से उत्पन्न निक्षेप को हिमनदीय वार्व कहते है। गर्मियों में बड़े कणों वाले एवं सर्दियों में सूक्ष्म कण वाले अवसादों का जमाव होता है। बड़े एवं महीन कण वाले एक जोड़े निक्षेप को हम **वार्व** कहते हैं जो एक वर्ष का प्रतिनिधित्व करता है। इस विधि से वर्ष की गणना करके लगभग 10,000 वर्ष तक भूवैज्ञानिक आयु की गणना की गई है। इस विधि का उपयोग कश्मीर के करेवा बेसिन के अवसादों के लिए किया गया है।

iv) **वृक्ष वलय (Tree rings)** : वृक्षों में वार्षिक वृद्वि वलय होते है। द्वितीयक वृद्वि वलयों की गणना की जा सकती है। इन वलयों का एक जोड़ा एक वर्ष को दर्शाता है। इन वृद्वि वलयों के आधार पर कुछ हजार वर्षों तक की गणना की जा सकती है।

v) **जीवाश्मीय प्रमाण (Palaeontological evidence)** : 1867 में चार्ल्स लयेल ने जीवों एवं पौधों के विकास के आधार पर पृथ्वी की आयु का अनुमान किया था। उन्होंने विकास के 12 चक्र पाये जिसमें हर चक्र 2 करोड़ वर्ष का था। इस पद्धति से पृथ्वी की उत्पत्ति के बाद की आयु की गणना मोटे तौर पर करने में सहायता मिली है।

B) रेडियोसक्रिय विधियां (Radioactive Method)

रेडियोसक्रियता के बढ़ते हुए ज्ञान से कुछ विशेष तरह के शैलों की सटीक आयु का निर्धारण कर पाना संभव हो गया है। कुछ उपकरणों का उपयोग करके रेडियोसक्रिय पदार्थों का आसानी से पता लगाया जा सकता है। रेडियोसक्रिय समस्थानिकों (isotopes) के रूप मे घड़ियों का निर्माण किया गया है। यदि यह ज्ञात हो तो शैलों के निर्माण की आयु की गणना हम उस शैल में मौजूद रेडियोसक्रिय समस्थानिकों एवं उसके गैर रेडियोसक्रिय पदार्थों में परिवर्तित हुए पदार्थों की मात्रा ज्ञात करके कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, यूरेनियम गैर रेडियोसक्रिय समस्थानिक सीसा (lead) में परिवर्तित हो जाता है। तो यूरेनियम युक्त शैल की आयु की गणना हम अक्षय यूरेनियम एवं उसमें मौजूद सीसा के समस्थानिकों से तुलना करके (अनुपात की) कर सकते हैं (चित्र 2.6)।



चित्र 2.6 : रेडियोसक्रिय परमाणु में अस्थिर नाभिक होता है। जब इन नाभिकों का क्षय होता है या वो टूटते हैं, तो वे विशिष्ट तरह के कणों या किरणों का उत्सर्जन करते हैं। इस रेडियोसक्रिय क्षय के परिणामस्वरूप दूसरे तरह के परमाणु का निर्माण होता है।

एक रेडियोसक्रिय **मूल** तत्व एक स्थिर दर पर क्षय होकर एक स्थिर दुहिता तत्व (daughter element) बनाता है। सामान्यतः **अर्ध आयु** (half life) वह समय होता है जिसमे तत्व समाप्त एवं विघटित हो जाते है और आधी संख्या में परमाणु अपने मूल अवस्था में रह जाते हैं। उनकी आयु की इस अवधारणा का उपयोग पृथ्वी की निरपेक्ष (absolute) आयु का पता लगाने के लिए किया जाता है। रेडियोसक्रिय तत्व जैसे रेडियम, यूरेनियम और थोरियम विघटित होकर क्रमशः कम परमाणु भार वाले सरल तत्व बनाते हैं। यह परिवर्तन एक स्थिर दर पर होता है और तब तक जारी रहता है जब तक कि एक स्थिर पदार्थ का गठन नहीं हो जाता। यह स्थिर पदार्थ **'अंत उत्पाद'** (end product) या **दुहिता तत्व** कहलाता है। इन तीनों तत्वों (रेडियम, यूरेनियम और थोरियम) के संदर्भ में अंत उत्पाद सीसा (Pb) है जो विभिन्न समस्थानिकों के रूप में मिलता है। एकीकरण की इस प्रक्रिया में निम्न तीन तरह के विकिरण पहचाने गए है :

- α (ॲल्फा) कण हीलियम (He^{+}) अणु के साथ
- β (बीटा) कण इलेक्ट्रान के साथ
- Υ (गामा) गैसीय साम्रग्री जो कि एक्स-रे है

दूसरी विधियों की तुलना में रेडियोसक्रिय विधियों के महत्वपूर्ण लाभ निम्नलिखित हैं :

- यह शैलों की निरपेक्ष आयु बतलाता है।
- पृथ्वी के पर्पटी के सभी शैलों में थोड़ी मात्रा में रेडियो सक्रिय तत्व होते हैं।
- रेडियोसक्रिय विधि से आयु की गणना इस तथ्य पर आधारित है कि रेडियोसक्रियता पर तापमान, दबाव एवं रासायनिक तरल पदार्थों का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

रेडियोसक्रियता की इस प्रक्रिया में, यह माना जाता है कि उत्पत्ति के बाद, हीलियम एवं सीसा दोनों मूल शैल में ही फँस के रह गए है। रेडियोसक्रियता श्रृंखला के आधार पर आयु की गणना करने के लिए निम्न पाँच विधियों का उपयोग किया जाता है :

- U^{238}
- U^{235}
- Th^{232}
- Ar^{40} या K^{40}
- Sr^{87} या Rb^{87}

मुख्य रेडियोसक्रिय श्रृंखला के साथ अर्ध आयु एवं दुहिता तत्व सारणी 2.5 में देखें।

सारणी 2.5 : रेडियोसक्रिय श्रृंखला, मूल तत्व, दुहिता तत्व एवं अर्ध आयु

रेडियोसक्रिय श्रृंखला	मूल तत्व	दुहिता तत्व	अर्ध आयु
1	U^{238}	Pb^{206}- 8 He^4	4.498×10^9 वर्ष
2	U^{235}	Pb^{207}-7 He^4	0.0713×10^9 वर्ष
3	Th^{232}	Pb^{208}-6 He^4	13.9×10^9 वर्ष
4	Rb^{87}	Sr^{87}	50×10^9 वर्ष
5	K^{40}	Ar^{40}, Ca^{40}	11.9×10^9 वर्ष
6	C^{14}	N^{14}	5730 वर्ष

पृथ्वी की आयु का निर्धारण करने के लिए आमतौर पर इस्तेमाल होने वाली विधियां निम्नलिखित हैं :

a) **यूरेनियम-सीसा विधि** : यूरेनियम के दो समस्थानिक U^{238} एवं U^{235} इस्तेमाल किए जा सकते है। उनकी अर्ध आयु क्रमशः 449.8 करोड़ वर्ष एवं 71.3 करोड़ वर्ष है।

b) **थोरियम-सीसा विधि** : थोरियम Th^{232} के रेडियोसक्रिय क्षय से सीसा Pb^{208} बनता है जिसकी अर्ध आयु 13,900 करोड़ वर्ष है।

c) **पोटैशियम-आर्गन विधि** : K-Ar कालनिर्धारण स्वभाविक रूप से पाए जाने वाले K^{40} समस्थानिक के क्षय होकर Ar^{40} एवं Ca^{40} बनने पर निर्भर है। पोटैशियम के तीन समस्थानिक हैं K^{39} K^{40} और K^{41} लेकिन केवल K^{40} ही रेडियोसक्रिय है। इसकी अर्ध आयु 11-९ $\times 10^9$ वर्ष है। लगभग 90% K^{40} क्षय होकर Ca^{40} और बाकी 10% क्षय होकर Ar^{40} बनाता है। यह मानते हुए कि कोई Ar^{40} मौजूद नहीं

था जब शैल बना, शैल की आयु की गणना की जा सकती है। शैल में मौजूद Ar^{40} एवं पोटैशियम की मात्रा की गणना करके उस शैल के नमूने के आयु का निर्धारण कर सकते है। इस विधि में कुछ कमियां है जो व्यावहारिक रूप से आर्गन की छोटी मात्रा मापने में कठिनाई से संबंधित है।

d) **रूबीडियम - स्ट्रांशियम विधि** : Rb^{87} से Sr^{87} बनता है जिसकी अर्ध आयु लगभग 50×10^9 वर्ष है। यह कैम्ब्रियन पूर्व काल के कायांतरित शैलों के लिए उपयोगी है। रूबीडियम - स्ट्रांशियम कालनिर्धारण प्राकृतिक रूप से पाये जाने वाले Rb^{87} के क्षय के दौरान β (बीटा) उत्सर्जन पर आधारित है। द्रव्यमान स्पेक्ट्रसमिति से शैल में मौजूद Rb^{87} एवं Sr^{87} दोनो को मापा जा सकता है।

e) **रेडियोकार्बन कालनिर्धारण विधि** : रेडियोकार्बन विधि सबसे अधिक इस्तेमाल किया जाने वाली विधि है जिसमें C^{14} के समस्थानिक, (जिसे हम $Carbon^{-14}$ भी कहते है) का विश्लेषण 6000 वर्ष से कम आयु वाले पदार्थों के लिए करते हैं। C^{14} का रेडियोसक्रिय क्षय होता है जिसकी अर्ध आयु 5730 वर्ष है लेकिन ब्रह्मांडीय किरणों के प्रभाव से वातावरण में मौजूद कुछ नाइट्रोजन C^{14} में परिवर्तित हो जाते हैं। साधारण C^{12} जिससे सारे जीवित प्राणी बने हैं, में C^{14} समस्थानिक होते हैं जो अस्थिर हैं। वातावरण में मौजूद कुछ C^{14} ऑक्सीजन से प्रतिक्रिया करके कार्बन डाइऑक्साइड बनाते हैं। वायुमंडल में मौजूद लगभग सभी कार्बनडाइऑक्साइड साधारण कार्बन या C^{12} से बने होते हैं जबकि कुछ C^{14} से। रासायनिक तौर पर C^{14} साधारण कार्बन की ही तरह हैं। अतः पौधों एवं जानवरों दोनों के ही उत्तकों द्वारा उसी अनुपात में अवशोषित होते हैं जिस अनुपात में वे वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड के रूप में मौजूद होते हैं। पौधे इस कार्बन डाइऑक्साइड का उपयोग अपना भोजन बनाने में करते हैं जिसे बाद में जानवरों द्वारा ग्रहण कर किया जाता है। इसलिए, हर पौधे एवं जानवर के शरीर में कुछ मात्रा में रेडियोसक्रिय C^{14} मौजूद होता है। पौधों एवं जानवरों के उत्तकों में C^{14} का अनुपात उसी तरह का होता है जिस तरह का वातावरण में होता है, तब तक जब पौधा या जीव जिन्दा रहता है। जब जीव या पौधा मर जाता है, तब उपापचय (metabolism) बंद हो जाता है और इसके बाद C^{14} की मात्रा में कोई वृद्वि नहीं होती है। मृत्यु के बाद, शरीर में मौजूद C^{14}, साधारण कार्बन में तेजी से बदलने लगता है। अतः जीवाश्म में जितनी कम C^{14} की संख्या होगीं वह उतना ही पुराना जीवाश्म होगा। लकड़ी के टुकड़े या हड्डी में मौजूद वर्तमान C^{14} की मात्रा की गणना करके वैज्ञानिक यह आंकलन कर सकते है कि पौधे या जीव की मृत्यु कब हुई है। C^{14} और C^{12} का अनुपात एक ज्ञात दर से कम होती है। C^{14} एवं C^{12} के बीच का अनुपात ज्ञात करके और उसे अर्ध आयु से गुणा करके आयु की गणना की जा सकती है।

इस तकनीक का उपयोग ज्ञात आयु की सामग्री पर करके अज्ञात आयु के नमूने की जिसके आयु ज्ञात हो, जिससे निर्धारण करके इसकी सटीकता का परीक्षण किया जा चुका है। यह पद्धति केवल जैविक सामग्री के लिए है, जिसमें कार्बन विद्यमान है। यह उन जीवाश्मों के लिए उपयोग में नही लाया जा सकता जिसके सारे कार्बनिक पदार्थ का क्षय हो चुका है। उस मामले में जीवाश्म की आयु का निर्धारण दूसरे रेडियोसक्रिय तत्वों की उपस्थिति से किया जा सकता है।

1949 में, अमेरिकी रसायनज्ञ विलार्ड लिबी ने रेडियोकार्बन कालनिर्धारण विधि की खोज की जिससे हम जीवों के अवशेष की आयु की गणना यथार्थ रूप में कर सकते है। इस विधि से पश्च अत्यंतनूतन (Late Pleistocene) तक के शैलों की आयु ज्ञात कर सकते है।

2.6.2 आयु की गणना

आइए अब हम यह समझें कि आयु की गणना कैसे की जाती है एवं महत्वपूर्ण निष्कर्ष क्या है:

i) पृथ्वी की आयु यूरेनियम-सीसा अनुपात विधि द्वारा प्राप्त की गयी और वर्तमान में पर्पटी (Crust) की आयु 350 से 555 करोड़ वर्ष आकलित की गई है।

ii) उल्का पिंड के Pb^{207} और Pb^{206} की माप से यदि पर्पटी में आद्य (primordial) सीसा की मात्रा उल्का पिंड मे मौजूद मात्रा के समान मान ली गयी तो पृथ्वी की आयु 450 करोड़ वर्ष आंकलित की गई है।

iii) U-He और K-Ar काल निर्धारण विधि से उल्का पिंड़ों का उम्र 458 से 452 करोड़ वर्ष निर्धारित हुई है। Sr^{87}/ Sr^{86} निर्धारण भी इसी आयु का सुझाव देता है।

iv) विकिरणमितिय काल निर्धारण विधि के आधार पर यह निष्कर्ष निकला है कि पृथ्वी की पर्पटी की रचना 4.6 अरब वर्ष पहले हुई होगी।

भारत में सबसे पुराने शैल सिंहभूम क्रेटन (Singhbhum Craton) में मिला जो लगभग 3.77 अरब वर्ष पुराना है (Saha, 1994)। आस्ट्रेलिया के एक कायांतरित इलाके में जिरकॉन क्रिस्टल की आयु 4.1-4.3 अरब वर्ष निकली जो कि सबसे पुराना अभिलेख है (Composton et al. 1986)। जो यह बतलाता है कि पृथ्वी की आद्य पर्पटी अभी भी अस्तित्व में है जिसमें जिरकॉन क्रिस्टल मौजूद है।

2.7 सारांश

हमने इस इकाई से क्या सीखा, आइए, संक्षेप में देखें।

- पृथ्वी ग्रह हमारे सौरमंडल का एक हिस्सा है। हालांकि पृथ्वी की उत्पत्ति की व्याख्या करने के लिए कई परिकल्पना प्रस्तावित हैं, सौर निहारिका सिद्धांत वर्तमान में सबसे ज्यादा स्वीकार्य है।
- पृथ्वी की उत्पत्ति गैस एवं धूल से भरे एक धूर्णन करते हुए बादल से हुआ है। उसके ठंडा होने एवं संघनन से बाहरी पट्टिका में ग्रहों की रचना हुई और शेष भाग से सूर्य का निर्माण हुआ।
- पृथ्वी हमारे सौरमंडल नें सूर्य से तीसरा ग्रह है जिसमें वायुमंडल एवं जलमंडल जीवन के अनुकूल है। मोटे तौर पर, यह तीन परतों पर्पटी, प्रावार एवं क्रोड से बना है जो एक दूसरे से असांतत्यों (discontinuities) द्वारा पृथक हैं।

- हालांकि पृथ्वी की आयु निर्धारण के कई विधियां उपलब्ध है, लेकिन रेडियोसक्रिय विधियां पृथ्वी एवं शैलों की आयु निर्धारण करने में यथार्थ के ज्यादा करीब हैं। उपलब्ध प्रमाण इंगित करते हैं कि पृथ्वी की रचना लगभग 4.6 अरब वर्ष पहले हुई है।

2.8 क्रियाकलाप

1. एक गुब्बारा लो और उसे आधा फुलाओ। उसके बाद उस पर कुछ बिन्दु चिह्नित करो। अब गुब्बारे को थोड़ा और फुलाओ। क्या आप देखते हैं कि वे बिन्दु एक दूसरे से दूर जा रहे है? इसे आप ब्रह्मांड के विस्तार से जोड़ कर देख सकते हैं।

2. एक कार्ड बोर्ड लें और उस पर सूर्य एवं अन्य ग्रहों को उनकी कक्षाओं सहित थोड़े-थोड़े अंतराल पर चिन्हित करें। सूर्य एवं अन्य ग्रहों के चिन्हों पर उनके सापेक्षिक आकार के गेंदें रखें। क्या यह आपको हमारे सौरमंडल को बेहतर समझने में मदद करता है?

3. एक फोम की गेंद लें, उसे आधा काटें और उसे पृथ्वी समझते हुए उसकी तीन परतों को चिन्हित करें।

2.9 सात्रिक प्रश्न

1. सौरमंडल में हमारे ग्रह पृथ्वी की स्थिति की चर्चा करें।
2. ब्रह्मांड की रचना कैसे हुई ?
3. पृथ्वी की उत्पत्ति को समझने के लिए प्रतिपादित विभिन्न सिद्धांत कौन से है ? और कौन सा सिद्धांत संभावित मॉडल के रूप में माना जाता है।
4. पृथ्वी एवं उसके चट्टानों की आयु का निर्धारण करने की कौन सी विधियां है ।

2.10 संदर्भ

- Compston, W., Williams, I.S., Campbell, I.H. and Gresham, J. J. (1986) Zircon Xenocyrsts from the Kambalda Volcanic Age Constraints and Direct Evidence for Older Continental crust Below the Kambalda-Norseman Greenstones, Earth and Planetary Science Letters, Volume 76, pp.299-311.
- Saha, A.K. (1994) Crustal Evolution of Singhbhum-North Orissa, Eastern India. Memoir Geological Society of India, 27, p.341.
- www.windows2universe.org/our_solar_system/planets_table.html

(वेबसाइट 5th May 2014 को देखा गया)

2.11 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Dutta, A.K. (2010) Introduction to Physical Geology, Kalyani Publishers, Ludhiana, 230p.
- Mahapatra, G.B. (2012) A Textbook of Geology, CBS Publishers, New Delhi, 326p.

2.12 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) आकाशगंगा

   b) आकाशगंगा, तारों धूल के बादल एवं गैसों का एक समूह है। मिल्की वे आकाशगंगा ब्रह्मांड में मौजूद अरबों आकाशगंगाओं में से एक है।

   c) सौरमंडल सर्पिल निहारिका या आकाशगंगा के रूप में जाना जाता है जो सितारों की प्रणाली का एक छोटा-सा हिस्सा है। तारों एवं ग्रहों की मण्डली को सौरमंडल के रूप मे जाना जाता है।

   d) सूर्य से उनकी बढ़ती दूरी के क्रम में हमारे सौरमंडल के सदस्य क्रमशः बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगल, बृहस्पति, शनि, अरूण और वरूण हैं।

2. a) एक अंग्रेज खगोलशास्त्री फ्रेड हॉयल द्वारा बिग बैंग शब्द गढ़ा गया था। बिग बैंग सिद्धांत पृथ्वी की उत्पत्ति की व्याख्या करने के लिए वर्तमान समय में सबसे अच्छा मॉडल है। इसमें यह माना जाता है कि एक प्रचंड घटना जो लगभग 14 अरब वर्ष पहले घटित हुई थी, ब्रह्मांड के निर्माण के लिए जिम्मेदार है।

   b) जींस का ज्वारीय सिद्धांत 1919 में जींस द्वारा दी गई थी। इस सिद्धांत के अनुसार गुजरते हुए एक तारे के गुरुत्वाकर्षण के कारण सूर्य से एक सिगार के आकार के पुंज का निर्गमन हुआ और जिससे मूल पिंड का निर्माण हुआ। इस सिगार के आकार के तंतु के ठंडा होने एवं संघनन से ग्रहों की रचना हुई।

   c) एक जनकीय परिकल्पना इस धारणा से संबंधित है कि पृथ्वी की उत्पत्ति एक ही पिंड से विकासवादी प्रक्रिया के तहत हुई है जबकि द्विजनकीय परिकल्पना इस धारणा से संबंधित है कि पृथ्वी की उत्पत्ति दो पिंडों में विकासवादी प्रक्रिया के तहत हुई है। और पृथ्वी और अन्य ग्रहों की रचना विस्फोटक गतिविधि का परिणाम है।

   d) द्विआधारी स्टार (Binary Star) परिकल्पना के अनुसार सर्वप्रथम दो प्रारंभिक निकाय (युग्म तारे) सूर्य एवं उसके अनुगामी थे, जिसमें से एक दूसरे के चारों तरफ घूमता था। जब एक घुसपैठिया तारा अनुगामी तारा के समीप पहुँचा, एक तंतु का निर्माण हुआ जिसके संघनन से ग्रहों का निर्माण हुआ।

3. a) पृथ्वी की सतह के तीन प्रमुख उच्चावच लक्षण महाद्वीप, महासागर एवं मध्य महासागरीय कटक हैं। परंतु उन लक्षणों के विस्तार, आकार एवं निर्माण

प्रक्रिया के आधार पर मोटे तौर पर पाँच क्रमों में विभाजित किया जा सकता है : पहले क्रम में महाद्वीपीय एवं महासागरीय प्लेटें, दूसरे क्रम में पर्वत चोटियाँ और घाटियाँ, तीसरे क्रम में पर्वत श्रृंखलाएं, चौथे क्रम में पहाड़ या पहाड़ी और पांचवें क्रम में बालु रोधिका या नदी के मुहाने पर रेत।

b) पृथ्वी की तीन परतें पर्पटी, प्रावार एवं क्रोड हैं।

c) स्थलमंडल पृथ्वी की ऊपरी परत है जो कि पर्पटी एवं प्रावार के ऊपरी भाग में बना है।

d) क्रोड एवं पर्पटी के बीच का परत प्रावार के नाम से जाना जाता है। यह लगभग 2900 कि.मी. मोटा है और इसमें पृथ्वी की कुल आयतन का लगभग 80 प्रतिशत है।

सात्रिक प्रश्न

1. यह ग्रह पृथ्वी हमारे सौरमंडल में सूर्य से दूरी के आधार पर तीसरे क्रम में स्थित है। अपने उत्तर के लिए उपअनुभाग 2.2.3 का संदर्भ लें।

2. यह माना जाता है कि ब्रह्मांड का निर्माण लगभग 14 अरब वर्ष पहले एक प्रचंड घटना से हुआ। जितनी भी पदार्थ एवं ऊर्जा आज वर्तमान में है, उस सभी का निर्माण लगभग उसी क्षण हुआ था। जैसे जैसे ब्रह्मांड का विस्तार एवं ठंडा होना जारी रहा तारों एवं आकाशगंगा का निर्माण शुरू हुआ। ब्रह्मांड में द्रव्यमान सारे पिंड और लगभग सारे तारें हाइड्रोजन एवं हीलियम से गठित हैं जिनका निर्माण बिग बैंग के दौरान हुआ था।

3. कई परिकल्पना एवं सिद्धांत जो पृथ्वी की उत्पत्ति की व्याख्या करने के लिए प्रस्तावित किया गया है, को मोटे तौर पर दो समूह एक जनकीय एवं द्विजनकीय समूह में विभाजित किया गया है। वर्तमान में बिग बैंग सिद्धांत व्यापक रूप में स्वीकार्य सिद्धांत है। आप अपने उत्तर के लिए अनुभाग 2.4 का संदर्भ लें।

4. पृथ्वी एवं उसके शैलों के आयु निर्धारण के कई विधियां हैं जो कि मोटे तौर पर दो भागों में विभाजित किए जा सकते हैं : a) भूवैज्ञानिक घटनाओं के सापेक्षिक कालनिर्धारण के भूवैज्ञानिक विधियां, और b) रेडियोसक्रिय विधियों द्वारा निरपेक्ष आयु का आकलन। अपने उत्तर की चर्चा के लिए आप अनुभाग 2.6 का संदर्भ लें।

इकाई 3

पृथ्वी की संरचना और संयोजन

इकाई की रूपरेखा

3.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
3.2 पृथ्वी के संघटक
वायुमंडल
जलमंडल
स्थलमंडल
जैवमंडल
वायुमंडल, जलमंडल और जैवमंडल की उत्पत्ति
3.3 पृथ्वी की आंतरिक संरचना : परतन और संयोजन
हम पृथ्वी की आंतरिक संरचना का अध्ययन कैसे करते हैं?
परतन और संरचना
3.4 पृथ्वी का आंतरिक तापमान
स्थलमंडल से संचलन
प्रावार और क्रोड में संवहन
3.5 पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र और भूडायनेमो
3.6 सारांश
3.7 सात्रिक प्रश्न
3.8 संदर्भ
3.9 आगे/प्रस्तावित अध्ययन
3.10 उत्तर

3.1 प्रस्तावना

पृथ्वी एक अद्भुत ग्रह है, जिसमें अनगिनत जीव रहते हैं। जीवन के लिए जरूरी परिस्थितियों से संतुलित यह एकमात्र ग्रह है। शोधकर्ताओं ने पाया है कि पृथ्वी का आकार, रचना और सूर्य से इसकी दूरी इसके चारों मंडलों वायुमंडल, जलमंडल, स्थलमंडल और जैवमंडल को बनाए रखने के लिए उपयुक्त हैं। पृथ्वी सूर्य से बिलकुल उचित दूरी पर हैं जिससे कि यहाँ विभिन्न रूपों में पानी का अस्तित्व संभव हो सके। अगर यह सूर्य के कुछ और करीब होती, तो हमारे महासागरों का अस्तित्व नहीं होता और यदि सूर्य से थोड़ी दूर होती तो महासागर ठोस रूप में जम जाते। पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र, वायुमंडल को थामे रखने के लिए पर्याप्त है। ब्रह्मांड की विशालता को देखें तो पृथ्वी एक बहुत ही छोटी जगह है। हम पृथ्वी की तुलना अंतरिक्ष में एक नखलिस्तान (oasis) से कर सकते हैं।

इस इकाई में हम पृथ्वी के घटकों और इसकी आंतरिक संरचना और प्रक्रियाओं के बारे में चर्चा करेंगे। हम वायुमंडल, जलमंडल और जैवमंडल की उत्पत्ति और पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के बारे में भी चर्चा करेंगें।

अपेक्षित लक्ष्य

इस इकाई के अध्ययन के बाद आप निम्न कर सकेंगे :

- पृथ्वी के संघटकों की चर्चा;
- वायुमंडल, जलमंडल और जैवमंडल की उत्पति के बारे में वर्णन;
- पृथ्वी की आंतरिक संरचना तथा इसकी विभिन्न परतों की व्याख्या;
- पृथ्वी के आंतरिक तापमान के बारे में चर्चा; और
- पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र और भूडायनेमो की व्याख्या।

3.2 पृथ्वी के संघटक

आइए हम पृथ्वी के संघटकों की चर्चा के साथ अध्ययन प्रारम्भ करें। पृथ्वी का बाहरी भाग वायु की परतों, जल और जीवित वस्तुओं से घिरा हुआ है। वे लगातार भूपर्पटी के साथ परस्पर प्रतिक्रिया करते हैं। पृथ्वी के बाह्य भाग में निम्नलिखित चार मंडल शामिल होते हैं :

1. वायुमंडल
2. जलमंडल
3. स्थलमंडल
4. जैवमंडल

अब हम इन चार मंडलों की विशेषताओं और संरचनाओं के बारे में चर्चा करेंगे।

3.2.1 वायुमंडल

वायुमंडल गैसीय पदार्थ से निर्मित है जो स्थलीय भूमि और महासागर सहित धरती को लिफाफे की तरह आच्छादित किए हुये है। यह काफी ऊँचाई तक विस्तृत है। वायुमंडल का घनत्व सभी जगह समान नहीं है और वायुमंडलीय दबाव ऊंचाई के साथ घटती जाती है। इसके संघटक मुख्य रूप से नाइट्रोजन (78-03%), ऑक्सीजन (20-99%) और अन्य गैसें (1% - आर्गन 0.94%, CO_2 0.03%, भिन्न मात्रा में जलवाष्प और हाइड्रोजन, ओजोन, मीथेन, कार्बन मोनोऑक्साइड और दुर्लभ गैसों के अंश) है। यह जलवायु और मौसम, हवाओं, बादलों, बारिश और बर्फ आदि का माध्यम है।

वायुमंडल की संरचना : यह संरचना और तापमान के आधार पर कई भागों में विभाजित है जैसा चित्र 3.1 में दर्शाया गया है। इसमें निम्नलिखित पांच परतें शामिल हैं :

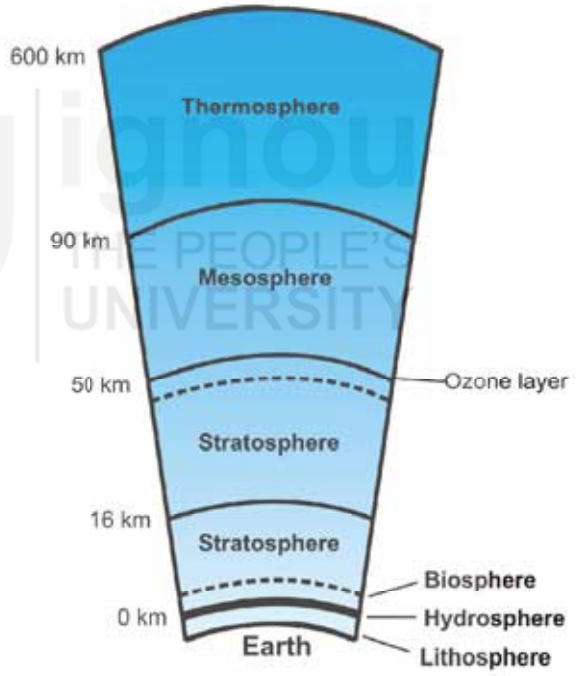
- **क्षोभ मंडल (Troposphere)** वायुमंडल की सबसे निचली और महत्वपूर्ण परत है। इसकी औसत ऊंचाई 16 कि.मी. है। भूमध्य रेखा पर इसकी मोटाई 18 कि.मी. और ध्रुवों के ऊपर 8 कि.मी. है। इस मडंल में हवा उपस्थित होती है जिससे हम सांस लेते हैं। क्षोभ मंडल में वायुमंडल के कुल द्रव्यमान का लगभग तीन-चौथाई हिस्सा होता है, इस प्रकार, यह सभी परतों में सर्वाधिक घनी है।
- **समताप मंडल (Stratosphere)** 16 से 50 कि.मी. ऊंचाई तक की परत है। यहाँ हवा स्थिर अवस्था में है। यह बादल, धूल और जल वाष्प से मुक्त है। ऊपरी भाग

ओजोन से समृद्ध है। ओजोन परत एक कवच के रूप में कार्य करती है, जो सूर्य की किरणों में पाए जाने वाली अधिकांश पराबैंगनी (Ultravoilet – UV) विकिरण को अवशोषित कर इनसे क्षोभ मंडल और पृथ्वी की सतह की रक्षा करता है।

- **मध्यमंडल (Mesosphere)** पृथ्वी की सतह से 50 से 90 कि.मी. ऊंचाई तक फैली हुआ है। यह समताप मंडल के ऊपर स्थित है और एक ठंडा क्षेत्र है। मध्यमंडल में एक परत होती है जिसे रेडियो तरंगों को अवशोषित करने वाली परत कहते हैं।

- **तापमंडल (Thermosphere)** 90 से 600 कि.मी. की ऊंचाई के बीच मध्यमंडल के ऊपर विस्तृत है। **आयनमंडल (Ionosphere)** इस परत का एक हिस्सा है। पृथ्वी से प्रेषित रेडियो तरंगों को इस परत द्वारा प्रतिबिंबित किया जाता है जिससे स्थानों के बीच संचार संभव होता है। अंतरिक्ष से प्रवेश करने वाले उल्कापिंड इस परत में जल जाते हैं।

- **बहिर्मंडल (Exosphere)** वायुमंडल की सबसे ऊपरी परत है जिसमें हवा काफी कम मात्रा में है।



चित्र 3.1: वायुमंडल की परतें।

तपमान : क्षोभ मंडल के विपरीत समताप मंडल से तापमंडल क्षेत्र तक तापमान तेजी से बढ़ता जाता है। उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में सतह से तापमान लगभग 16 कि.मी. तक घटता है और उसके बाद ऊंचाई के साथ बढ़ता जाता है। तापमंडल क्षेत्र में ऊपर की ओर तापमान में काफी तेजी से वृद्धि होती है।

3.2.2 जलमंडल

जलमंडल 'जल क्षेत्र' है, जिसमें विश्व के सभी प्राकृतिक जल संसाधन शामिल हैं जैसे- महासागर, झील, जलधाराएँ, नदियां, भूमिगत जल, और हिमनद। जल ही एकमात्र ज्ञात पदार्थ है जो पृथ्वी की सतह और वातावरण में अपने तीनों भौतिक रूपों यथा तरल, ठोस

और गैस के रूप में मौजूद है। अपने तीन रूपों में पानी की उपस्थिति और एक रूप से दूसरे रूप में इसका रूपांतरण जलवायु स्थितियों के प्रबंधन और पृथ्वी के पारिस्थितिक तंत्रों के संरक्षण के लिए महत्वपूर्ण है। पृथ्वी पर जीवन को बनाए रखने के लिए मीठे पानी की उपस्थिति बहुत महत्वपूर्ण है, इसलिए यह सबसे कीमती किन्तु दुर्लभ प्राकृतिक संसाधन है। मीठे जल की उपलब्धता महासागरों के जल वाष्प के वायुमंडल के माध्यम से भूमि पर वर्षा और बर्फ के रूप में परिवहन पर निर्भर करती है।

पृथ्वी की जलराशि का अधिकांश भाग महासागरों में है, लेकिन पानी के कुछ अंश उसके वायुमंडल और ताजे पानी की झीलों, नदियों, बर्फ हिमनद और भूजल में मौजूद हैं जैसा कि सारणी 3.1 में दिखाया गया है। महासागरों, वायुमंडल, मीठे पानी, भूजल और ध्रुवीय बर्फ की चादरों में जल प्रसारित होता रहता है, और इस प्रक्रिया को **जल चक्र** कहा जाता है।

विश्व के महासागर वैश्विक सतह का लगभग 70.8% भाग होते हैं और इसकी औसत गहराई लगभग 4267 मीटर है। विश्व महासागर का कुल घनत्व लगभग 1.4 अरब घन कि.मी. है। समुद्री जल खारा है और इसमें सोडियम, पोटेशियम और मैग्नीशियम जैसे लवण परस्पर समान अनुपात में शामिल हैं, जो एक लंबे भूवैज्ञानिक कालखंड मे संग्रहीत होते रहे हैं। समुद्र के पानी में लवण या विलायकों का सम्मिश्रण पृथ्वी की सतह के चट्टानों के क्षरण और उनके समुद्री जल में आ मिलने से होता है।

सारणी 3.1 : वैश्विक जल का वितरण

जल की अवस्थिति	जल का आयतन (घन मी.)	कुल प्रतिशत
महासागर	317,000,000	97.2
बर्फ की टोपियां/चादरें और हिमनद	7,000,000	2.15
वायुमंडल	3,100	0.001
भूतसतही जल (मीठा जल और खारी झीलें, नदियां और अंतर्देशीय समुद्र)	110,300	0.017
उपसतही जल (मिट्टी की नमी और भूजल)	2,016,000	0.625

3.2.3 स्थलमंडल

भौतिक गुणों के आधार पर, पृथ्वी के बाह्यतम भाग को दो भागों में विभाजित किया जा सकता है, अर्थात् स्थलमंडल (lithosphere) और दुर्बलता मंडल (asthenosphere)। स्थलमंडल पृथ्वी की कठोर ऊपरी परत है और दुर्बलता मंडल स्थलमंडल के नीचे पृथ्वी की पिघली हुई परत है। स्थलमंडल शब्द का उपयोग समुद्र और पर्वतों के नीचे स्थित बाह्य ठोस आवरण के लिए किया जाता है जिसमें चट्टानी भूपर्पटी और प्रावार का ऊपरी भाग शामिल होता हैं। इस भाग की मोटाई लगभग 100 कि..मी. तक है। भूकंपीय तरंगों के धीमे प्रसार से पता चलता है कि स्थलमंडल के नीचे लगभग 300 कि.मी. की गहराई तक गर्म, पिघली हुई और प्लास्टिक (plastic) दुर्बलतामंडल स्थित है जिस पर स्थलमंडल गति करता है। लिथोस्फीयर ग्रीक शब्द 'लिथोस' से लिया गया है, जिसका संदर्भ 'पत्थर से' है और एस्थेनोस्फीयर ग्रीक शब्द से 'एस्थेनोस' लिया गया है, जिसका अर्थ है 'ताकत के बिना' या 'बल रहित'। हम दुर्बलतामंडल में चट्टानों की तुलना टूथपेस्ट की

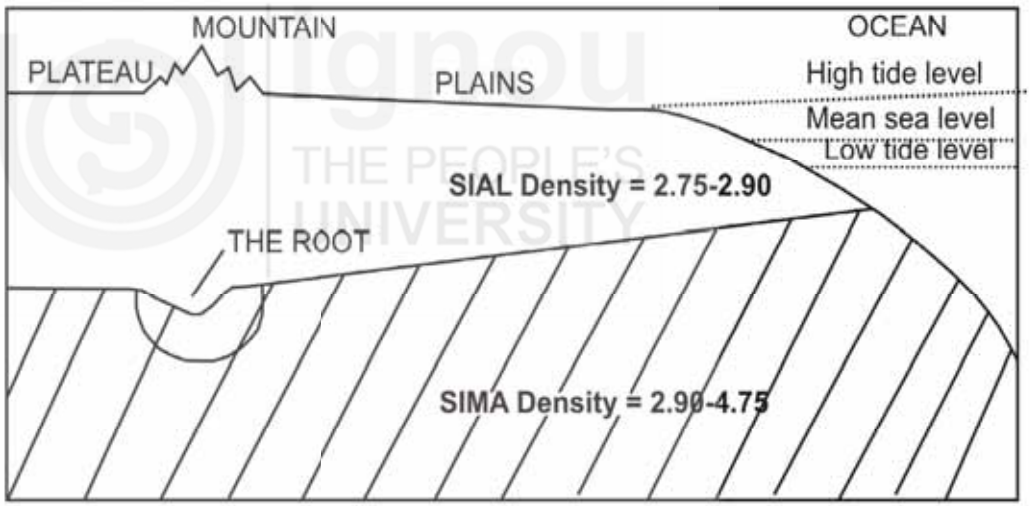
एक खुली नली से कर सकते हैं, जो धीमे दबाने से धीरे-धीरे बहती है। हालांकि, दुर्बलता मंडल जब भूकंप से प्रभावित होता है तब एक ठोस की तरह व्यवहार करता है।

हम उनके घनत्व के आधार पर भूपपर्टी की प्रमुख चट्टानों को निम्नलिखित दो समूहों में वर्गीकृत कर सकते हैं जैसा कि चित्र 3.2 में दिखाया गया है।

i) **सियाल (SiAl)**: वे हल्के रंग की सिलिका समृद्ध (~70%) चट्टानें हैं, जैसे ग्रैनाइट जो महाद्वीपीय भाग का निर्माण करते हैं जिनका घनत्व 2.75 से 2.9 g/cm^3 तक होता है। एल्यूमिनियम दूसरा सर्वाधिक प्रचुर मात्रा में उपलब्ध घटक है। इसलिए, इसे सियाल (Si - Silica/ सिलिका और Al - Alumina / एलुमिना) कहा जाता है।

ii) **साइमा या सिमा (SiMa)**: ये सियाल के नीचे स्थित हैं और महासागरों का आधार निर्मित करते हैं। वे 40% से 50% तक सिलिका युक्त बेसाल्ट जैसे काले रंग की चट्टानें हैं। मैग्नीशियम दूसरे स्थान पर आता है अतः इसे सिमा (Si & Silica / सिलिका और Mg & Magnesia / मैग्नीशिया) कहा जाता है। उनका घनत्व 2.9 से 4.75 g/cm^3 तक होता है।

क्लार्क और वाशिंगटन द्वारा किए गए आकलन के अनुसार, स्थलमंडल में 95% आग्नेय शैलें (igneous rocks), 5% अवसादी शैलें (sedimentary rocks) हैं (कायांतरित शैलें इन शैलों में एक या अन्य के परिवर्तित रूप होते हैं)।



चित्र 3.2: सियाल और सिमा का रेखाचित्र।

3.2.4 जैवमंडल

जैवमंडल पृथ्वी प्रणालियों का जैविक घटक है, जो अन्य क्षेत्रों के साथ परस्पर प्रतिक्रिया करता है और पदार्थों तथा ऊर्जा का आदान-प्रदान करता है, क्योंकि इसमें वायुमंडल, जलमंडल और स्थलमंडल शामिल होते हैं। यह पृथ्वी का वह हिस्सा है जिसमें जीव-जन्तु बसे हुये हैं। जैसा कि इसके नाम से स्पष्ट है जैवमंडल अर्थात 'जीवन क्षेत्र' है जिसमें पृथ्वी के सभी जीव और उनके द्वारा निर्मित मृत कार्बनिक पदार्थ जैसे जंगल, जीव-जंतु, कीड़े, पक्षी, बैक्टीरिया आदि शामिल हैं। यह मंडल वायुमंडल में लगभग 10 कि.मी. ऊँचाई से लेकर गहरे समुद्र तल के 11 कि. मी. तक विस्तृत होता है। जैवमंडल की संरचना विशिष्ट है और इसके मुख्य घटक कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के यौगिक हैं। जैवमंडल निर्जीव वस्तुओं से पृथक नहीं है क्योंकि इसका शैलें, मृदा, जल और वायुमंडल के साथ एक जटिल संबंध है।

3.2.5 वायुमंडल, जलमंडल और जैवमंडल की उत्पत्ति

जैसा कि इकाई 2 में चर्चा की गई है, हम जानते हैं कि पृथ्वी की उत्पत्ति गैसों के बादल और अंतरिक्ष धूल से हुई है। कुछ लोग मानते हैं कि प्राग्ग्रहीय (protoplanetary) बादल गर्म थे जबकि अन्य का मानना है कि ये शीतल थे। यद्यपि, हमारे पास बहुत स्पष्ट तस्वीर नहीं है कि पृथ्वी के चारों ओर जल और गैसीय पदार्थ किस प्रकार संचित हुये, यह काफी हद तक माना जाता है कि पृथ्वी के वायुमंडल और जलमंडल का गठन पृथ्वी के निर्माण के पश्चात् हुये ज्वालामुखीय विस्फोटों से हुआ है।

वायुमंडल की उत्पत्ति : पृथ्वी की उत्पत्ति, अवशिष्ट वायुमंडल की परिकल्पना (residential atmosphere hypothesis) और संचित वायुमंडल की परिकल्पना (accumulated atmosphere hypothesis) के आधार पर, पृथ्वी के वायुमंडल और जलमंडल की उत्पत्ति की व्याख्या करने के लिए परिकल्पनाओं के दो समूह प्रस्तावित किए गए हैं। अवशिष्ट वातावरण परिकल्पना के समर्थकों का मानना है कि वायुमंडल और जलमंडल प्रारम्भिक वातावरण की अवशिष्ट सामग्री हैं जो धरती पर छा गए हैं। हालांकि, ये परिकल्पनाएं निष्क्रिय गैसों की बहुत छोटी मात्रा की उपस्थिति को स्पष्ट करने में विफल रही हैं।

संचित वायुमंडल परिकल्पना के समर्थकों का मानना है कि वायुमंडल और जलमंडल पृथ्वी की आंतरिक संरचना से गैसीय निष्कासन और ठोस ग्रहाणु संचित होने के दौरान रासायनिक अभिक्रियाओं के माध्यम से जमा होते हैं। सूर्य के विकिरण ने पृथ्वी की सतह से गैसों को हटा दिया था, इसलिए प्रारंभिक पृथ्वी का कोई वातावरण नहीं था। पृथ्वी का वायुमंडल इसके प्रारंभिक काल में बना था। जब यह गर्म और ज्यादातर पिघली अवस्था में था तो लौह और निकेल (nickel) जैसे भारी तत्व केंद्र की ओर चले गए, सिलिकॉन और एल्यूमीनियम जैसे हल्के तत्व ऊपर की सतह की ओर बढ़ गए और हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, मीथेन, जल वाष्प आदि जैसे अत्यंत हल्के तत्व अपनी सतह से और अधिक ऊपर की ओर स्थानांतरित हो गए। जल वाष्प, कार्बन डाइऑक्साइड, मीथेन और अमोनिया पिघले हुए पदार्थों और ज्वालामुखी विस्फोटों द्वारा मुक्त हुये और प्रारंभिक वायुमंडल का गठन किया। पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र अपने वायुमंडल को थामे रहने में सक्षम था। हीलियम और हाइड्रोजन, सर्वाधिक हल्के गैसीय तत्व पृथ्वी से पलायन कर अंतरिक्ष में व्याप्त हो गए थे। ऑक्सीजन, अमोनिया और मीथेन के साथ संयुक्त होकर पानी नाइट्रोजन, कार्बन डाइऑक्साइड और अन्य यौगिकों के निर्माण में संलग्न थे। ऑक्सीजन के तीन परमाणुओं के जुडने से ओजोन अणुओं का निर्माण होता है, इसलिए ओजोन परत भी उसी समय ही निर्मित हुई थी।

प्राचीन चट्टानों और लोहे (Fe) के ऑक्सीकरण स्थिति की जांच कर, वैज्ञानिकों ने जानकारी एकत्रित की है कि समय के साथ वायुमंडल कैसे विकसित हुआ है। कुछ खनिजों जो केवल गैर-ऑक्सीकरण वातावरण और चट्टानें जो गहरे जल के वातावरण में निर्मित हो सकती हैं, की उपस्थिति वायुमंडल के विकास के विभिन्न चरणों को दर्शाती है। इससे पता चलता है कि समय के साथ पृथ्वी के वायुमंडल में ऑक्सीजन का प्रतिशत बढ़ गया। यह 2.5 अरब साल पहले की अवधि में लगभग 0.1% था और उसके बाद ऑक्सीजन के प्रतिशत की वृद्धि वर्तमान स्तर तक पहुँच गयी।

जलमंडल की उत्पत्ति : वातावरण के निर्माण के बाद, ठंडी होती पृथ्वी की झुर्रीदार परतें ठोस होती गईं। सूर्य की पराबैंगनी (UV) किरणों ने पानी को अपने घटकों यानि

हाइड्रोजन और ऑक्सीजन में विखंडित कर दिया। पृथ्वी ज्यों-ज्यों और ठंडी होती गई, जल वाष्प तरल जल के रूप में घनीभूत होता गया और वर्षा के रूप में पृथ्वी पर गिरा जिसने पृथ्वी पर स्थित विशाल विवर (crater) भरे। इस प्रकार पृथ्वी पर जल पिंडों का निर्माण हुआ।

जैवमंडल की उत्पत्ति : हम जीवन की उत्पत्ति के विषय में विस्तार से मूल पाठ्यक्रम BGYCT-137 स्तरक्रम विज्ञान और जीवाश्म विज्ञान में पढ़ेंगे। जीवन की उत्पत्ति विज्ञान के सर्वाधिक कठिन प्रश्नों मे से एक है। वायुमंडल और जलमंडल के गठन के पश्चात् स्थितियों का अनुकूलन होने पर जैवमंडल की उत्पत्ति हुई। हमने पूर्व में चर्चा की है कि वायुमंडल की संरचना वर्तमान से काफी अलग थी। जब पिघली हुई पृथ्वी की सतह शीतल हो रही थी, तब ज्वालामुखियों से CO_2, अमोनिया और मीथेन जैसी गैसों का बड़े पैमाने पर उत्सर्जन हो रहा था। गैसों के संघनित होने से जल का निर्माण हुआ जिनसे उथले समुद्रों की उत्पत्ति हुई। उस समय कोई ऑक्सीजन नहीं थी। लगभग 3.8 अरब साल पहले के चट्टानी संरचनाओं में बैक्टीरिया जैसे स्ट्रोमेटोलाईट (stromatolites) की उपस्थिति से जीवन के प्रारंभिक रूप के प्रमाण प्राप्त होते हैं। जिससे पता चलता है कि प्रारंभिक जीवन तापीय निकासों (thermal vents) के निकट स्थित उथले समुद्र में मौजूद था जो यह दर्शाता है कि उन्हें ऊष्मा और खनिजों के स्रोत की आवश्यकता रही होगी।

यद्यपि यह ज्ञात है कि कैम्ब्रियनपूर्व महाकाल (Precambrian eon) के 3.8 अरब वर्ष प्राचीन शैलों में जीवन के प्रमाण थे, जो न तो प्राणी थे और न ही पादप। अतः ऐसा माना जाता है कि पृथ्वी पर जीवन लगभग 3.8 अरब साल पहले आर्कियन युग के प्रारम्भ में उत्पन्न हुआ था। लगभग 2.7 अरब वर्ष पूर्व की चट्टानों में बहुकोशिकीय जीव पाए गए हैं। यद्यपि, यह स्पष्ट नहीं है कि जीवन का जन्म कैसे हुआ। कुछ वैज्ञानिक मानते हैं कि जीवन बाह्य अंतरिक्ष के ऊष्ण वातावरण में उत्पन्न हुआ है और फिर उल्कापिंडों के माध्यम से पृथ्वी पर उतरा। कुछ का मानना है कि जीवन रासायनिक प्रतिक्रियाओं की एक श्रृंखला है, जिसमें अकार्बनिक यौगिकों का धीरे-धीरे कार्बनिक यौगिकों के रूप में परिवर्तन हुआ और फिर कार्बनिक यौगिकों का ऑक्सीजन संचय के साथ प्रारंभिक कोशिकाओं (जीवन) के रूप में ।

वैज्ञानिकों का मानना है कि आम गैसों जैसे कि कार्बन डाइऑक्साइड, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, सल्फर और फास्फोरस ने प्रारम्भिक वायुमंडल में संयुक्त हो सबसे पहले सरल अकार्बनिक यौगिकों मीथेन, अमोनिया, जल वाष्प और हाइड्रोजन साइनाइड की रचना की। फिर इन अकार्बनिक यौगिकों ने आगे परस्पर संयोजित और संयुक्त हो सरल कार्बनिक यौगिकों जैसे शर्करा, अमीनो एसिड, प्युरिन्स और पाइरीमिडीन की रचना की। और आखिरी चरण में, सरल कार्बनिक यौगिक महासागरीय जल की उपस्थिति में स्टार्च, प्रोटीन, लिपिड और न्यूक्लिक एसिड जैसे जटिल कार्बनिक यौगिकों में बदल गए। यह सुझाव दिया गया है कि इन जटिल कार्बनिक यौगिकों ने जीवित जीवों के कुछ गुणों का अधिग्रहण किया और पोषक तत्वों को अवशोषित करने, बढ़ने और पुनः उत्पन्न करने में सक्षम हो गये जैसे कि रिबोन्यूक्लिक एसिड (ribonucleic acid - RNA) और डीऑक्सीरिबोन्यूक्लिक एसिड (deoxyribonucleic acid - DNA)। भूवैज्ञानिक काल के साथ जीवन धीरे-धीरे और लगातार सरल एककोशिकीय रूपों से जटिल बहुकोशिकीय रूपों जैसा कि आज अस्तित्व में है, में रूपांतरित हुआ।

ऑक्सीजन का संकेन्द्रण करीब 2.1 अरब साल पूर्व काफी बढ़ गया, जिससे ओजोन परत का निर्माण हुआ। जैसा कि हम जानते हैं ओजोन परत हानिकारक पराबैंगनी किरणों को निस्पंदन (filter) करती है। यह निस्पंदन उथले समुद्र में नए जीवों के विकास का कारण

बन सकता है। कैम्ब्रियन पूर्व जीवाश्म काफी छोटे होते हैं और इन्हें आंखों से नहीं पहचाना जा सकता है, जबकि बाद में पाए जाने वाले दृश्यजीवी महाकाल (phanenogoic eon) जीवाश्मों के कवच, हड्डियां या काष्ठ हैं जो आसानी से पहचाने जाने योग्य हैं। कैम्ब्रियन शैलों से प्रथम जीवाश्म ट्राइलोबाइट्स (trilobites) पाये गए हैं। पुराजीवी (Palaeozic) शैलों से ठोस कवच वाले जीवाश्म और आधुनिक पादपों की बहुतायत दर्ज की गई है। हालांकि, मध्यजीवी (Mesozoic) शैलों में बड़े सरीसृप (reptiles) पाये गए हैं। फिर स्तनधारियों का युग आया जब जीवन विभिन्न रूपों और समूहों जैसे समुद्री, स्थलीय और उड़ने वाले जीवों के रूप में विस्तृत हुआ। पक्षियों और फूलों के पौधे का विकास सीनोजोइक महाकल्प (Cenozoic era) में देखा गया। इन महाकालों एवं महाकल्पों और भूवैज्ञानिक कालखंडों के बारे में हम विस्तार से पाठ्यक्रम BGYCT-137 में अध्ययन करेंगे।

अब तक आप पृथ्वी के घटकों अर्थात् वायुमंडल, जलमंडल, स्थलमंडल और जैवमंडल के बारे में जान चुके हैं। पृथ्वी की आंतरिक संरचना के बारे में चर्चा करने से पहले अपनी प्रगति की जांच के लिए कुछ समय लगाते हैं।

बोध प्रश्न 1

a) पृथ्वी के चार मंडलों की सूची बनाएँ।

b) समतापमंडल क्या है?

c) जैवमंडल को परिभाषित करें।

d) सियाल और सिमा क्या हैं?

3.3 पृथ्वी की आंतरिक संरचना : परतन और संयोजन

आइए अब हम पृथ्वी की आंतरिक संरचना और इसके अध्ययन करने के तरीकों पर चर्चा करें। हमने इससे पूर्व इकाई 2 में सीखा है कि पृथ्वी कई स्तरों से गठित है। आप निश्चित रूप से सोच रहे होंगे कि हम कैसे जानते हैं कि ऐसी परतें मौजूद हैं। मानव स्वर्ण और अन्य खनिजों के उत्खनन के लिए लगभग 4 कि.मी. की गहराई तक और पेट्रोलियम की खोज में करीब 10 कि. मी. तक पृथ्वी की गहराई में जा चुका है। हालांकि, इन प्रयासों से हमारी पृथ्वी की भूपर्पटी को मुश्किल से खरोंचा ही जा सका है। पृथ्वी की आंतरिक संरचना जानकारी के संबंध में हमारा अधिकांश ज्ञान प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष अवलोकनों और अनुमानों पर आधारित है।

आइए अब हम अपने पैरों के नीचे 6400 कि.मी. तक की जानकारी प्राप्त करें। आप पहले पढ़ चुके हैं कि हमारी पृथ्वी की स्तरीय संरचना है जिसमें निम्न शामिल हैं :

- भूपर्पटी (crust)
- प्रावार (mantle), और
- क्रोड (core)।

आप पृथ्वी की इस स्तरीय संरचना की तुलना उबले हुए अंडे से कर सकते हैं। अंडे के छिल्के की तरह, पृथ्वी की परत पर्पटी और भंगुर होती है जो आसानी से टूट सकती है। प्रावार गर्म और घना होता है क्योंकि पृथ्वी के अंदर तापमान और दबाव गहराई के साथ बढ़ता है। आप उबले अंडे के सफेद तथा पीले भाग को क्रमशः प्रावार तथा क्रोड से

तुलना कर सकते हैं। पृथ्वी के केंद्र में क्रोड है, जो कि अपनी संरचना के कारण प्रावार से लगभग दो गुना घना है। अंडे की जर्दी के विपरीत, हालांकि, पृथ्वी का क्रोड, वास्तव में तरल बाह्य क्रोड और मोटी ठोस आंतरिक क्रोड से निर्मित है। हमें उम्मीद है कि यह उदाहरण आपके लिए पृथ्वी की संरचना को समझने में सहायक सिद्ध होगी।

3.3.1 हम पृथ्वी की आंतरिक संरचना का अध्ययन कैसे करते हैं?

पृथ्वी की त्रिज्या लगभग 6370 कि.मी. है। आप पृथ्वी के केंद्र तक नहीं पहुंच सकते और न ही विश्लेषण कर सकते हैं या नमूने एकत्र कर सकते हैं। ऐसी परिस्थितियों में, आपको अचरज हो रहा होगा कि भूवैज्ञानिक पृथ्वी की आकृति और आंतरिक संरचना के बारे में हमें कैसे बताते हैं। हमारा अधिकांश ज्ञान मुख्यतः प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष विश्लेषणों से प्राप्त संदर्भों पर आधारित होता है।

भूकंपीय आंकड़ों ने तार्किक रूप से साबित किया है कि धरती में कई परतें होती हैं, जो प्याज के छिलके के समान हैं, और एक दूसरे के ऊपर स्थित हैं। पृथ्वी की संरचना के अध्ययन के लिए **भूकंपीय तरंगों (seismic waves)** का उपयोग कैसे किया जाता है, इसके बारे में जानने से पहले, हम पृथ्वी की आंतरिक संरचना का अध्ययन करने के लिए अपनाए गए कुछ बुनियादी तरीकों के बारे में सीखेंगे :

1. **पृथ्वी का आंतरिक तापमान** : ज्वालामुखी विस्फोट और गर्म झरनों के साक्ष्य से संकेत मिलता है कि पृथ्वी के अंतर में उच्च तापमान होता है। बढ़ती गहराई के साथ तापमान में क्रमिक वृद्धि विश्व के खानों और गहरे कुओं में दर्ज की गई है। **भूतापीय ढाल (Geothermal gradient)** पृथ्वी की भूपर्पटी में नीचे जाते हुये प्रति कि. मी. 20° से 30°C की दर से बढ़ता है। भूवैज्ञानिकों ने पृथ्वी की आंतरिक संरचना को समझने के लिए भूतापीय ढाल का अध्ययन किया।

2. **पृथ्वी का आंतरिक दबाव** : 1 से 6 कि.मी. की गहराई पर प्रति वर्ग फुट लगभग 450 टन का दबाव है। अनुमान लगाया जाता है कि क्रोड में प्रति वर्ग फुट लगभग 20 लाख टन दबाव हो सकता है, लेकिन अंदर गुरुत्वाकर्षण घटते जाने के कारण दबाव कम भी हो सकता है।

3. **घनत्व का वितरण** : सामान्यतः पृथ्वी की भूपर्पटी की चट्टानों में घनत्व केवल 2–6 से 3.0 g/cm³ है। पृथ्वी का औसत घनत्व 5-52 g/cm³ है। इसलिए क्रोड निश्चित रूप से कोई भारी पदार्थ से निर्मित होना चाहिए जैसे लोहा और निकल।

4. **गुरुत्वाकर्षण और चुंबकीय सर्वेक्षण** : पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण और चुंबकीय क्षेत्र पृथ्वी के भीतर द्रव्यमान सामग्री के असमान वितरण से प्रभावित हैं। ये गुरुत्वाकर्षण और चुंबकीय सर्वेक्षण भी भूपर्पटी में चुंबकीय सामग्री को द्रव्यमान (mass magnetic materials) के वितरण के बारे में जानकारी प्रदान करते हैं।

5. **उल्कापिंडों से प्रमाण** : उल्कापिंड अन्य सितारों से पृथ्वी की सतह पर गिरने वाले टुकड़े हैं। ऐसे हजारों टन भ्रमण करती सामग्रियों को धरती पर प्रति वर्ष प्राप्त किया जाता है। इनमें मौलिक सौर पदार्थ शामिल होते हैं। बाह्य अंतरिक्ष ग्रहों से विघटित सामग्री को **उल्कापिंड (meteorites)** कहा जाता है। वे या तो चट्टानी (stony) हो सकते हैं जिन्हें **एरोलाईट (aerolites)**, अथवा मुख्यतः धात्विक (metallic) होते हैं जिन्हें **सिडेराइट** कहते हैं, या फिर चट्टान और धातु का मिश्रण होते हैं जिसे **सिडेरोलॉइट (siderolites)** कहा जाता है। उल्का पिंड पृथ्वी के संघटन को दर्शाती है। उल्कापिंडों का निर्माण पृथ्वी के निर्माण के समय ही

(लगभग 4.6 अरब वर्ष पूर्व) हुआ था। उल्का पिंड का अध्ययन हमें पृथ्वी की संरचना तथा संयोजन को समझने में मदद करता है।

6. **ज्वालामुखीय गतिविधियों से प्रमाण** : ज्वालामुखी वो झरोखे हैं जिनके माध्यम से आप पृथ्वी के अंदर देख सकते हैं। और जब पिघ्ला हुआ पदार्थ पृथ्वी की सतह पर उत्सार्जित होता है, जैसे ज्वालामुखी विस्फोट के दौरान, तब यह पृथ्वी की संरचना के विश्लेषण के लिए उपलब्ध होता है।

7. **भूकंपीय तरंगें** : पृथ्वी की आंतरिक संरचना और संयोजन के बारे में ज्यादातर जानकारी **भूकंप विज्ञान (seismology)** से प्राप्त होती है। भूकंपीय तरंगो का अध्ययन पृथ्वी की पूर्ण आंतरिक तस्वीर प्रदान करता है। बड़े भूकंपों से उत्पन्न भूकंपीय तरंगें या कंपन पृथ्वी से होकर गुजरती हैं। ये भूकंपीय तरंगें एक दूसरे से प्रसार वेग, तरंगदैर्ध्य पथ की दिशा और कंपन की प्रकृति के आधार पर भिन्न होते हैं। आइए हम भूकंपीय तरंगों के प्रकारों के बारे में विस्तार से जानें :

भूकंपीय तरंगें मूलतः दो प्रकार की होती हैं :

1. काय तरंगें (Body waves)
2. पृष्ठीय तरंगें (Surface waves)

1. काय तरंगें

भूकंप के केंद्र (focus) पर ऊर्जा मुक्त होने के कारण काय तरंगें उत्पन्न होती हैं। ये लहरें पृथ्वी में विभिन्न दिशाओं में भ्रमण करती हैं। जितना पदार्थ घना होता है उतनी ही ज्यादा वेग से ये तरंगें संचालित होती है। इन तरंगों की विभिन्न घनत्व वाले पदार्थों से गुजरने के दौरान उनकी दिशा भी परावर्तन या अपवर्तन के कारण बदल जाती है जिसे क्रमशः **भूकंपीय परावर्तन** (seismic reflection) और **भूकंपी अपवर्तन** (seismic refraction) कहते हैं। काय तरंगें दो प्रकार की होती हैं :

प्राथमिक तरंगें (Primary waves) या P तरंगें (P waves)

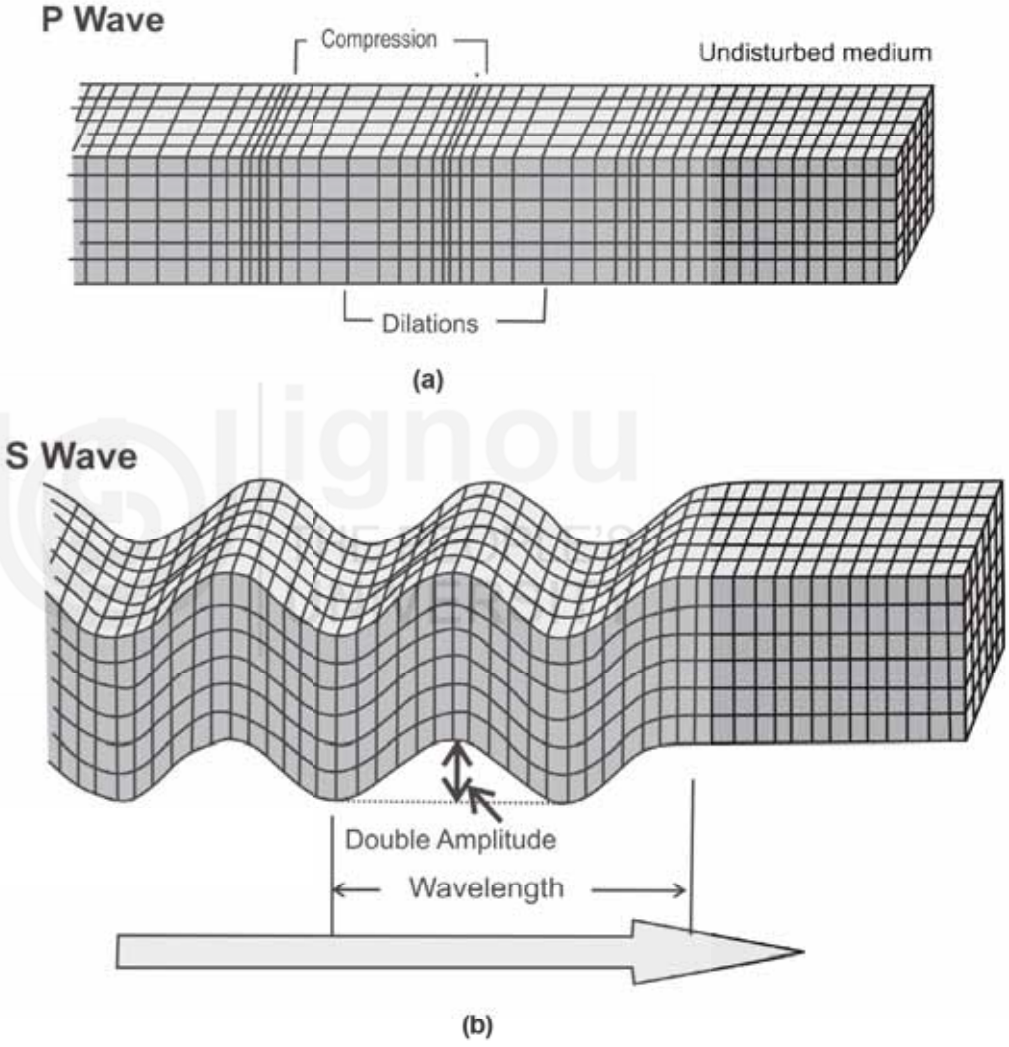
तरंगें जो भूकंप के केंद्र से पृथ्वी के माध्यम से यात्रा करती हैं और सतह पर सबसे पहले पहुँचती हैं, वो P लहर कहलाती हैं। वे वायु में ध्वनि की लहर के समान हैं, अंतर सिर्फ यह है कि ये लहरें लगभग 6 कि.मी. प्रति सेकेंड की गति से पृथ्वी की घनी चट्टानों के माध्यम से यात्रा करती हैं, जो कि वायु के माध्यम से ध्वनि तरंगों की यात्रा से 20 गुना तेज होती है। P लहरें संपीड़न तरंग हैं क्योंकि वे ठोस, तरल या गैसीय सामग्री के माध्यम से क्रमिक संपीड़न और विस्तार के माध्यम से यात्रा करते हैं (चित्र 3.3) और इसलिए, इन्हें **अनुदैर्ध्य** (longitudinal) या **संपीडन तरंगों** (compressional waves) रूप में भी जाना जाता है। P तरंगों को कर्षापकर्ष तरंगों (push & pull waves) के रूप में माना जा सकता है। P तरंगें यात्रा के मार्ग की दिशा में पदार्थ के कणों को धकेलती अथवा खींचती हैं। प्राथमिक तरंगों की तरंगदैर्ध्य कम और आवृत्ति उच्च होती है।

द्वितीयक तरंगें या S तरंगें या अपरूपण तरंगें (Shear waves)

S तरंग P तरंगों के आधे से अधिक गति से ठोस चट्टानों के माध्यम से यात्रा करती है। वे अपरूपण तरंगें हैं जो यात्रा के अपने पथ पर स्थित पदार्थों को समकोण पर विस्थापित करती हैं। अपरूपण तरंगें तरल पदार्थों और गैसों के माध्यम से यात्रा नहीं करती हैं। वे अनुप्रस्थ या संक्रमणकालीन (transitional) तरंगें (चित्र 3.3b) हैं। ये ठोस भागों के माध्यम से विभिन्न वेगों से यात्रा करते हैं, जो पदार्थों के घनत्व आनुपातिक होते हैं और लघु तरंगदैर्ध्य और उच्च आवृत्ति वाली होती हैं।

2. पृष्ठीय तरंगें

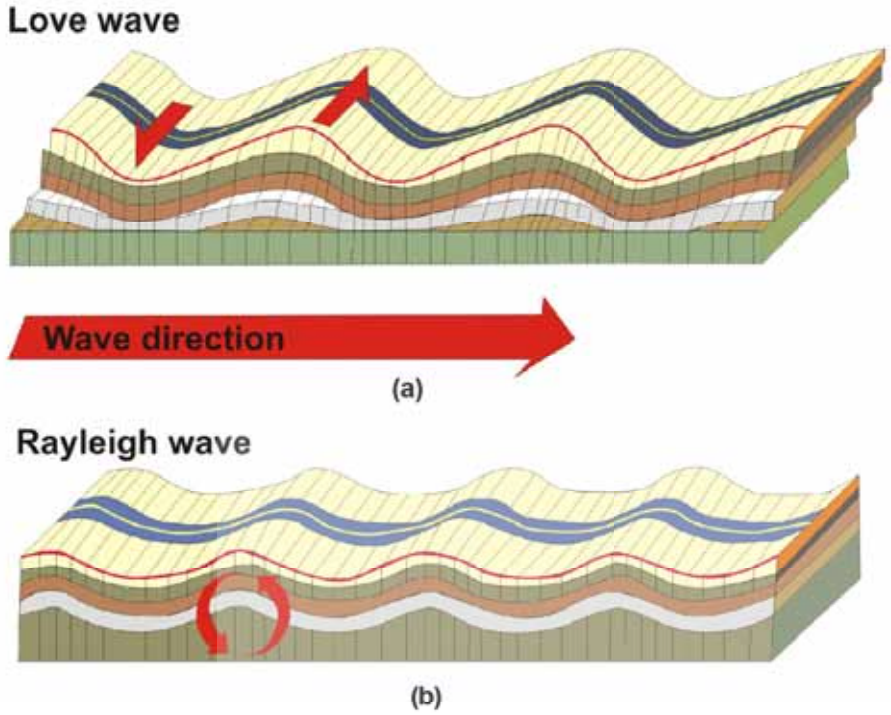
काय तरंगें सतह की चट्टानों से सहभागिता करती हैं और तरंगों के नए समुच्चय निर्मित करती हैं जिन्हें **पृष्ठीय तरंगें** कहते हैं। S तरंगों के कंपन की दिशा पृथ्वी की सतह तक सीमित और ऊर्ध्वाधर तल में तरंग की दिशा के लंबवत् होती है, जैसे समुद्र पर लहरें। इनका वेग S तरंगों की तुलना में थोड़ा कम होता है। आमतौर पर अवसादी द्रोणियों (sedimentary basin) में पृष्ठीय तरंगें सबसे अधिक विनाशकारी तरंगें हैं जो कि बड़े उथले फोकस वाले भूकंपों में होती हैं। यह कम वेग, कम आवृत्ति वाली और लंबी तरंगदैर्ध्य है। पृष्ठीय तरंगें दो प्रकार की होती हैं :



चित्र 3.3: पृथ्वी के भीतर संचालित होने वाली काय तरंगें : a) प्राथमिक तरंगें, और b) द्वितीयक तरंगें।

लव तरंग (Love wave) : वे पृष्ठीय तरंगें हैं, जहां भूमि बिना किसी ऊर्ध्वाधर गति (चित्र 3.4a) के साथ प्रसार की दिशा में क्षैतिज रूप से संचालित होती है।

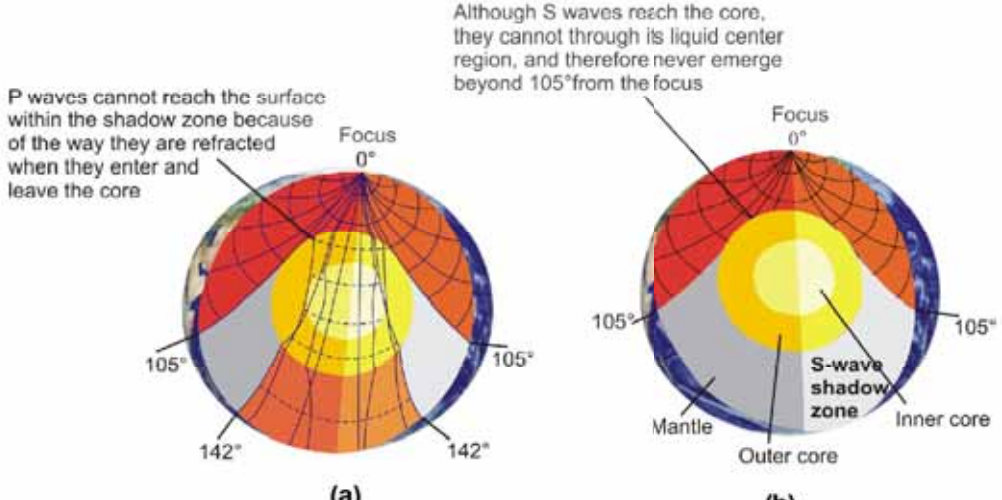
रैले तरंग (Rayleigh wave) : ये जटिल पृष्ठीय तरंगें हैं, जिनमें जमीन एक रोलिंग, अण्डाकार गति में कंपन करती है, जिसका संचालन आंशिक रूप से गहराई की दिशा के साथ बढ़ जाता है और आंशिक रूप से समकोण में कम हो जाता है (चित्र 3.4b)।



चित्र 3.4: पृथ्वी के भीतर संचालित पृष्ठीय तरंगों को दर्शाता आरेख : उपरी पैनल लव तरंग तथा निचले पैनल में रेलै तरंग। तरगों की दिशा दाईं ओर है।

P तरंग और S तरंग छाया क्षेत्र

यह देखा गया कि भूकंप के अभिकेन्द्र के 105° के भीतर किसी भी दूरी पर स्थित सिस्मोग्राफ (भूकंपलेखी) ने P और S दोनों तरंगों के आने का रिकॉर्ड दर्ज किया था। हालांकि, **भूकंपलेखी** (seismograph), जो कि अभिकेन्द्र से 105°-142° के बीच स्थित है, केवल P तरंगों को रिकॉर्ड करता है, लेकिन S तरंगों को रिकॉर्ड नहीं करता है इस क्षेत्र को **छाया क्षेत्र** (shadow zone) के रूप में पहचाना जाता है (चित्र 3.5)। छाया क्षेत्र पृथ्वी के विपरीत दिशा में विशिष्ट क्षेत्र है जहां भूकंपीय तरंगें प्राप्त नहीं होती हैं। S-तरंग का छाया क्षेत्र P-तरंग की तुलना में काफी बड़ा है। यदि आप एक ऐसी स्थिति की कल्पना करते हैं जिसमें विश्व एकरूप था, तो भूकंपीय तरंगों में नियत (constant) वेग होता। वास्तविकता में, पृथ्वी स्तरित है और तरंगें अपने वेग को बदलती हैं। पृथ्वी की पदार्थों की विविधता के कारण, तरंगें विभिन्न माध्यमों द्वारा परावर्तित, और/या अपवर्तित और /या अवशोषित होती हैं।



चित्र 3.5: पृथ्वी का क्रोड सृजित करता है (a) प्राथमिक तरंगें, और (b) पृष्ठीय तरंग का छाया क्षेत्र।

3.3.2 परतन और संरचना

हमने पहले चर्चा की है कि भूकंपीय लहरों के व्यवहार, भौतिक और रासायनिक गुणों के आधार पर पृथ्वी की आंतरिक संरचना को तीन परतों के रूप में पहचाना गया है। पृथ्वी की तीन प्रमुख परतें भूपर्पटी, प्रावार और क्रोड हैं (चित्र 3.6)।

भूपर्पटी पृथ्वी की सतह की सबसे बाह्य ठोस परत है। यह भंगुर चट्टानों से निर्मित है जो कि आसानी से भंग होती है। यह मोटाई और रासायनिक संरचना में भिन्न होती है, जो कि इसके महासागरीय या महाद्वीपीय होने पर निर्भर करता है। वे पूर्णतः पृथक भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं द्वारा निर्मित होते हैं। पृथ्वी की भूपर्पटी असदृश्य जमी चट्टानों की एक बहुत पतली परत के रूप में है।

भूपर्पटी लगभग 35 कि.मी. मोटी है और असदृश्य शैलों से निर्मित है (सारणी 3.2 देखें)। भूकंपीय तरंगों से संकेत मिलता है कि महाद्वीपों की तुलना में महासागरों के नीचे भूपर्पटी पतली और घनी है। सारणी 3.3 का अध्ययन महासागरीय और महाद्वीपीय परत की विशेषताओं के बीच अंतर दिखाता है।

सारणी 3.2: पृथ्वी की परतें- भूपर्पटी से ोड तक

परत	पृथ्वी की सतह से नीचे इसकी मोटाई किमी में
स्थलमंडल	0– 70 महासागरीय सतह के नीचे 125-250 महाद्वीपीय सतह के नीचे
भूपर्पटी	0 – 35
ऊपरी प्रावार	35 – 60
प्रावार	35 – 2890
दुर्बलता मंडल	100 – 700
बाह्य क्रोड	2890 – 5100
आंतरिक क्रोड	5100 – 6378

सारणी 3.3: महासागरीय और महाद्वीपीय भूपर्पटी की विशेषताएँ

म सं.	गुण	महासागरीय भूपर्पटी	महाद्वीपीय भूपर्पटी
1.	औसत मोटाई	5.10 कि.मी	30 से 50 कि.मी. 55-70 कि.मी. पर्वतीय पेटियों में
2.	भूकंपीय P तरंग वेग	7 कि.मी./सेकेण्ड	6 कि.मी./सेकेण्ड (निचली भूपर्पटी में उच्च)
3.	घनत्व	3.0 ग्राम प्रतिघन से.मी.	2.7 ग्राम प्रतिघन से.मी.
4.	संभावित संयोजन	गैब्रो के उपर बेसाल्ट	ग्रेनाइट, अन्य वितलीय शैलों (plutonic Rocks), सिस्ट, नाइस (अवसादी आवरण के साथ)

पृथ्वी की भूपपर्टी को उनके संयोजन के आधार पर दो उपप्रतों में विभाजित किया गया है :

सियाल (SiAl): यह ऊपरी गहाद्वीपीय परत के रूप में भी जानी जाती है और इरागें स्थलीय सतह पर पाये जाने वाली सभी प्रकार की चट्टानें पाई जाती हैं। इसका घनत्व लगभग 2.7 ग्राम/सेमी^{3} है। सियाल में ग्रेनाइट ग्रैनोडायोराईटिक (granodioritic) संयोजन की **फेल्सिक** (felsic) चट्टानें शागिल हैं। सिलिका (Si) की गात्रा लगभग 70% है। इराके बाद एल्यूगीनियग (Al) दूसरे प्रचुर मात्रा में घटक के रूप में होता है और इसलिए इसे SiAl कहा जाता है।

सिमा (SiMa): यह 22 कि.मी. मोटी परत है और इसे निम्न महाद्वीपीय भूपर्पटी (Lower continental crust) कहा जाता है। यह एक ऐसी परत है जो संभवतः पूरी धरती पर आच्छादित है। यह गहरे रंग का और भारी है तथा बेसाल्ट इसकी विशिष्ट चट्टान है। इसका घनत्व लगभग 3 से 3.4 ग्राम/सेमी^{3} है। सिलिका की मात्रा 40 से 50% है और मैग्नीशियम दूसरे स्थान पर है। इसलिए, इसे सिमा (SiMa, Si-सिलिका, Ma-मैग्नेशियम) कहा जाता है। इसके संयोजन के आधार पर, सिमा को निम्न भागों में विभाजित किया गया है :

- **बाह्य सिमा (Outer SiMa)**: यह 19 किमी की गहराई तक फैली हुई है और इसमें **मध्यवर्ती संयोजन** (intermediate composition) की शैलें शामिल हैं। मध्यवर्ती संयोजन की शैलों में 55 से 65% तक सिलिका होता है
- **आंतरिक सिमा (Inner SiMa)**: यह 19 किमी की गहराई से 33 किमी की गहराई तक विस्तृत है और इसकी चट्टानें **मैफिक** (mafic) से **अतिमैफिक** (ultramafic) संयोजन से निर्मित हैं।

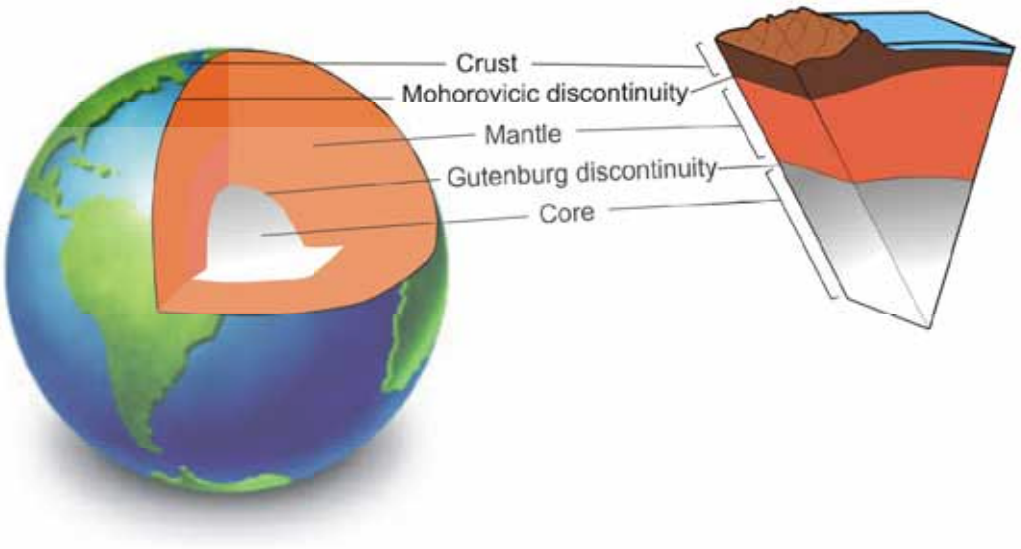
कॉनरेड असांतत्य (Conrad Discontinuity) लगभग 11 किमी की गहराई में स्थित है जो सियाल परत को नीचे स्थित सिमा परत (चित्र 3.8) से अलग करती है।

प्रावार, क्रोड और भूपर्पटी के बीच स्थित है। इसकी ऊपरी सतह महासागरीय परत से करीब 5 से 10 कि.मी. नीचे है और महाद्वीपीय परत से लगभग 20 से 80 कि.मी. नीचे है। वह काल्पनिक रेखा जो स्थलमंडल को प्रावार से अलग करती है उसे **'मोहो'** (Moho) या **मोहरोविसिक असांतत्य** कहते हैं।

मोहरोविसिक (Mohorovicic) और **गुटेनबर्ग** (Gutenberg), दो प्रमुख असंबद्धतायें हैं। मोहरोविसिक या मोहो असांतत्य प्रावार की बाह्य सीम का निर्धारण करती है। गुटेनबर्ग असंबद्धता (Gutenberg discontinuity) प्रावार की आंतरिक सीमा का निर्धारण करती है (चित्र 3.6 और 3.8)। प्रावार पृथ्वी के आयतन का 83% और इसके द्रव्यमान का 68% है। इसकी औसत मोटाई लगभग 2865 किमी है और इसका विस्तार 35 से 2890 किमी है। प्रावार भी प्रकृति में विषमरूप है, जिसका कई निम्न क्रम की असांतत्यों से संकेत मिलता है। यह महासागरीय तल के प्रसार, महाद्वीपीय विस्थापन, पर्वत निर्माण प्रक्रिया और बड़े भूकंपों के लिए जिम्मेदार अधिकांश बलों का स्रोत क्षेत्र है। प्रावार में भूपर्पटीय चट्टानों की तुलना में उच्च भूकंपीय तरंग वेग (8 कि. मी./सेकेंड) इसके घने, अतिमैफिक संयोजन का संकेत है।

भूपर्पटी और ऊपरी प्रावार मिलकर स्थलमंडल निर्मित करते हैं, जो करीब 100 किमी की औसत गहराई तक विस्तृत है, और विवर्तनिक प्लेटों का भी निर्माण करते हैं। महासागरों के नीचे यह लगभग 70 कि.मी. मोटी है और महाद्वीपों से नीचे 125 से 250 कि.मी. मोटी है (सारिणी 3.2)। स्थलमंडल के नीचे, भूकंपीय तरंग की गति अचानक एक नम्य (plastic) कम वेग वाले क्षेत्र (low velocity zone) में घट जाती है जिसे **दुर्बलतामंडल** कहा जाता है (चित्र 3.7)।

क्रोड प्रावार के नीचे स्थित पृथ्वी का सबसे आंतरिक भाग है। भूकंप तरंगों के अध्ययन के आधार पर, क्रोड को बाह्य और आंतरिक क्रोड में विभाजित किया गया है। आंतरिक क्रोड को 'निफे' (Nife) भी कहा जाता है क्योंकि इसमें निकेल और लौह शामिल होते हैं। क्रोड **गुटेनबर्ग असांतत्य** (Gutenberg Discontinuity) द्वारा प्रावार से पृथक होता है।



चित्र 3.6: पृथ्वी की स्तरित संरचना।

क्रोड का विस्तार 2890 से 6371 किलोमीटर तक (सारणी 3. 2) है। इसकी ऊपरी सीमा गुटेनबर्ग असांतत्य द्वारा चिह्नित है। खगोलीय आंकड़े प्रयोगशाला प्रयोग और भूकम्प विज्ञान क्रोड के बारे में हमारी जानकारी में योगदान करते हैं। क्रोड की संरचना संभवतः निकल और लोहे से है और इसलिए, इसे **निफे/ Nife** (नी/ Ni = निकेल/Nickel, फ्रे/Fe = लौह/ Ferrous) कहा जाता है। क्रोड संयोजन का अनुमान इसके परिकलित घनत्व, भौतिकीय और विद्युत चुम्बकीय गुणों तथा उल्कापिंडों की संरचना के आधार पर किया गया है।

आप P तरंगों के व्यवहार से पूर्व में ही अवगत हैं कि आंतरिक क्रोड ठोस है। S-तरंगें जो तरल पदार्थों के माध्यम में प्रवेश नहीं कर सकती हैं। यह संकेत करता है कि प्रावार तक विस्तृत बाह्य क्रोड जो कि छाया क्षेत्र का निर्माण करता है तरल अवस्था में है, अर्थात बाह्य क्रोड तरल अवस्था में है तथा **आंतरिक क्रोड** ठोस अवस्था में है।

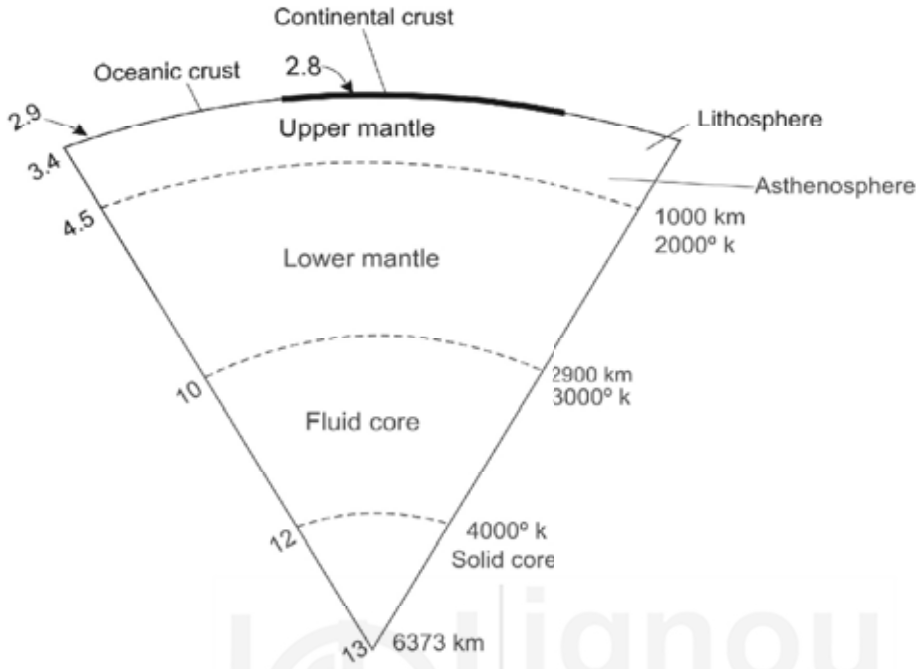
असांतत्य (Discontinuities): गहरे और उथले भूकंपों के विश्लेषण से पता चला है कि एक निश्चित गहराई में भूकंप की लहरों के वेग और अन्य विशेषताओं में अचानक परिवर्तन या भंग उत्पन्न होता है, जो असांतत्य को दर्शाता है (चित्र 3. 8)। उन्हें निम्न दो समूहों में रखा जा सकता है :

1) **प्रमुख असांतत्य** : इन्हें प्रथम क्रम की असंबद्धता के रूप में निर्दिष्ट किया गया है।

   a) **मोहरोविसिक असांतत्य (Mohorovicic discontinuity)** या सामान्यतः मोहो असांतत्य (Moho discontinuity) भूपर्पटी को प्रावार से अलग करती है। इसकी गहराई परिवर्तनीय है जो महासागरों के नीचे 2 से 10 कि.मी. की गहराई पर तथा महाद्वीपों के नीचे औसतन 35 कि.मी. की गहराई पर है। यहां

ध्यान दें कि मोहो पर्वतों के नीचे 70 कि.मी. गहराई तक हो सकता है, उदाहरण-तिब्बत का पठार।

b) **गुटेनबर्ग असांतत्य (Gutenberg discontinuity)** प्रावार को क्रोड से अलग करता है।



चित्र 3.7: भूपर्पटी, प्रावार और क्रोड तथा प्रमुख असांतत्य को दर्शाते हुए पृथ्वी का अनुप्रस्थ काट। दायीं तरफ सतह से गहराई कि.मी. मे, तापमान डिग्री केल्विन में, बायीं तरफ के अंक द्रव्यमान घनत्व 10^3 kg/m^3 में। (स्रोत : After Bott, 1982)

2) **सामान्य असांतत्य** : इन्हें दूसरे क्रम की असंबद्धता के रूप में भी जाना जाता है।

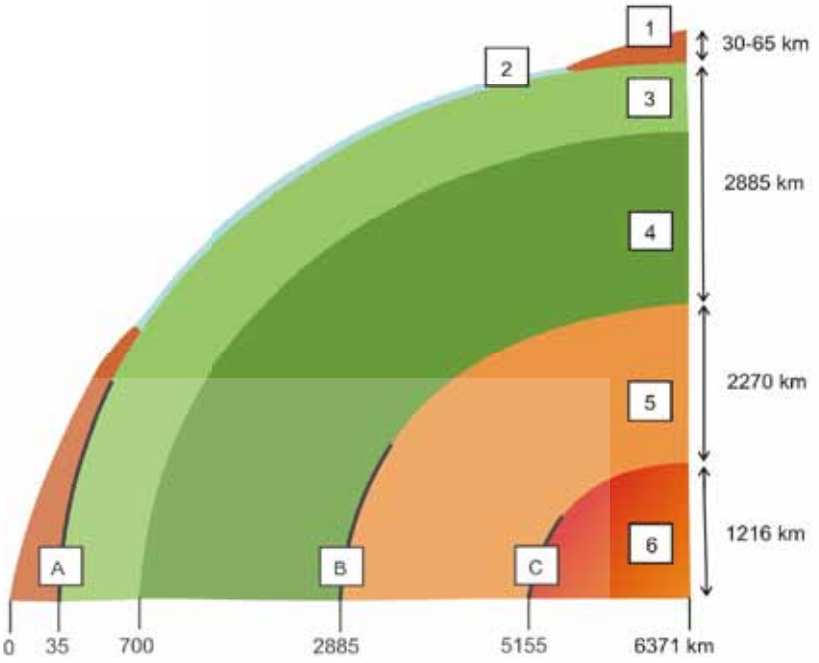
a) आंतरिक और बाह्य क्रोड के बीच **लेमन-बुलन (Lehmann - Bullen)** असांतत्य पायी जाती है।

b) **कॉनरेड असांतत्य (Conrad discontinuity)** ऊपरी और निचली भूपपर्टी के मध्य स्थित है जो आठ ऐसी असांतत्यों में से एक है।

3.4 पृथ्वी का आंतरिक तापमान

पृथ्वी की आंतरिक ऊष्मा का प्रमाण ज्वालामुखी, गर्म झरनों तथा खानों और वेध छिद्र में मापे गए उच्च तापमान के माध्यम से ज्ञात होता है। ग्रह की उग्र उत्पत्ति के दौरान, ग्रहाणुओं के टकराने से उत्पन्न उर्जा से बाह्य क्षेत्र गर्म हो गये। क्रोड में विभेदन से उत्पन्न गुरूत्वाकर्षण उर्जा से पृथ्वी गहरायी तक गर्म हो गई। इसके अलावा, पृथ्वी के अंदर रेडियोसमस्थानिकों का क्षय भी लगातार ऊष्मा मुक्त करता रहता है।

ऊष्मा प्रवाह पृथ्वी की सतह के माध्यम से ऊष्मा के क्रमिक क्षय को इंगित करता है। धरती दो तरीकों से ठंडी होती है : ऊष्मा का संचलन द्वारा प्रवाहन से तथा ऊष्मा के और अधिक तेज प्रवहण संवहन के माध्यम से। स्थलमंडल में प्रवाहन ज्यादा प्रभावी है, जबकि पृथ्वी के आंतरिक भाग में संवहन अधिक प्रभावशाली है।



चित्र 3.8: पृथ्वी की आंतरिक संरचना का व्यवस्थित काट: 1. महाद्वीपीय भूपर्पटी, 2. महासागरीय भूपर्पटी, 3. ऊपरी प्रावार, 4. निचली प्रावार, 5. बाहरी क्रोड, 6. आंतरिक क्रोड। मोहरोविसिक असांतत्य गुटेनबर्ग असांतत्य लेमन–बुलन असांतत्य। ध्यान दीजिए कि ऊपरी और निचली भूपर्पटी के बीच कॉनरेड असांतत्य भी मौजूद है।

3.4.1 स्थलमंडल से संचलन

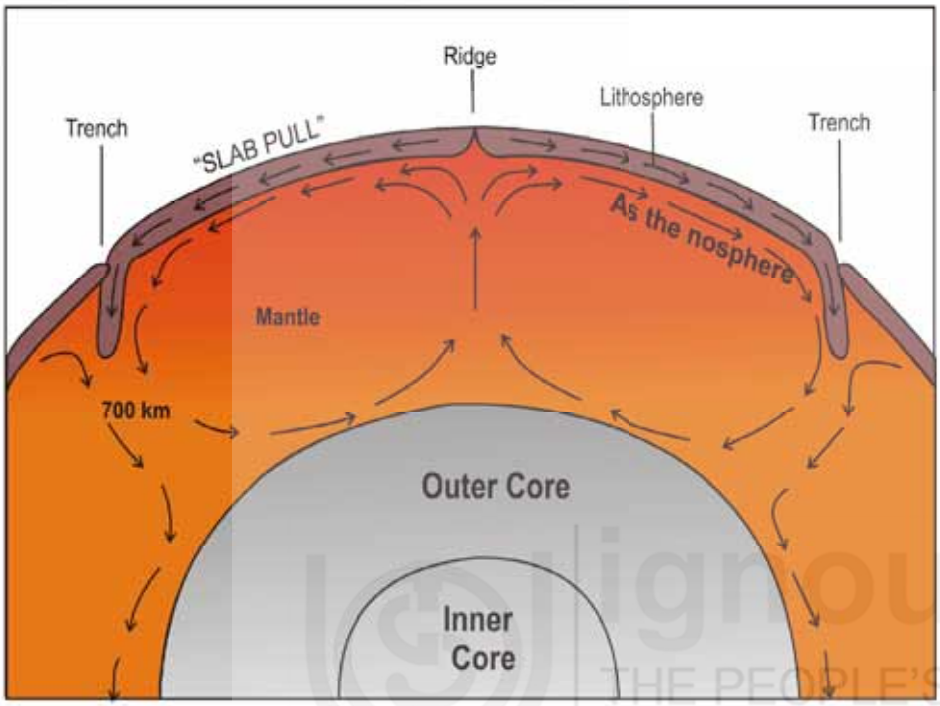
चट्टानें ऊष्मा का संचलन इतनी कठिनता से करती हैं कि 100 मीटर मोटाई के एक लावा प्रवाह को 1000°C से भू-सतह तापमान तक ठंडा होने में करीब 300 वर्ष लगते हैं (Grotzinger and Jordan, 2010)। स्थलमंडल की बाहरी सतह के माध्यम से ऊष्मा के प्रवाह बहुत अंतराल में धीमी गति से ठंडा होने का कारण बनता है। ज्यों-ज्यों स्थलमंडल ठंडा होता जाता है, इसकी मोटाई बढ़ जाती है, जिस प्रकार किसी कटोरी में गरम मोम समय के साथ ठंडी और मोटी होती जाती है। धरती को कई प्लेटों में विभाजित किया गया है ये प्लेट सीमाओं पर लगातार निर्मित और नष्ट होती रहती हैं। प्लेट विवर्तनिकी के बारे में आप पाठ्यक्रम के इकाई 16 में पढेंगें। स्थलमंडल गर्म पिघले हुये दुर्बलतामंडल के ऊपर स्थित है। संवहन धाराओं के माध्यम से स्थलमंडलीय प्लेटों में दुर्बलतामंडल से पहुंचने वाली गर्मी संचालन द्वारा खो जाती है।

3.4.2 प्रावार तथा क्रोड में संवहन

संवहन, ऊष्मा को संचलन की तुलना में ज्यादा कुशलता से स्थानांतरित करता है क्योंकि इसमें गर्म पदार्थ स्वयं भी गति करते हैं। कठोर स्थलमंडल के नीचे स्थित दुर्बलतामंडल तन्य (ductile) है। यह एक काफी श्यान (viscous) द्रव की तरह प्रवाह कर सकता है। प्रावार के ऊपरी हिस्से में संवहन धारायें उत्पन्न होती हैं जिसका कारण उच्च तापमान और दबाव के कारण उत्पन्न लचीलापन है।

प्रावार में संवहन को सतह पर विवर्तनिक प्लेटों की गति के माध्यम से व्यक्त किया गया है जैसा कि चित्र 3.9 में दिखाया गया है। इसके अलावा, प्रावार की गहराई में, तीव्र दबाव की वृद्धि होती है जिससे कि प्रावर का निचला भाग ऊपरी भाग की तुलना में आसानी से प्रवाहित होता है।

पृथ्वी के अंदर सबसे गहरी परत (आंतरिक क्रोड) एक ठोस लोहे की गेंद की तरह है। हालांकि यह बहुत गर्म है, परंतु इसका दबाव इतना अधिक है कि इसमें लोहा पिघल नहीं सकता। आंतरिक क्रोड के ऊपर बाह्य क्रोड है जो तरल लोहे का एक कवच है। यद्यपि यह परत ठंडी है लेकिन फिर भी संभवतः 4000° से 5000°C तक गर्म है। इसके तापमान की सीमा 4400° C से लेकर 6100°C तक है। इस प्रकार, बाहरी क्रोड दबाव ठोस अवस्था में होने के लिए पर्याप्त नहीं है, अतः यह तरल है।



चित्र 3.9: प्रावार मे संवहन धाराएं।

3.5 पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र और भूडायनेमो

पिछले अनुभाग में, आपने पृथ्वी के आंतरिक तापमान के साथ ही गर्मी के संचालन और संवहन और इसके प्रभाव के बारे में अध्ययन किया है। इस अनुभाग मे, आईए देखें कि क्रोड और प्रावार में संवहन कैसे पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र को प्रभावित करता है। भूचुंबकीय क्षेत्र पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र है जो अपने आंतरिक क्रोड से जहां यह सौर हवा (solar wind) से मिलती है वहाँ तक विस्तृत है। पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र समय के साथ बदलता है क्योंकि यह पृथ्वी के बाह्य क्रोड में पिघले हुये लौह मिश्र धातुओं की गति से उत्पन्न होता है जिसे 'भूडायनेमो' (geodynamo) भी कहा जाता है। भूडायनेमो सिद्धांत बताता है कि पृथ्वी के बाहरी केंद्र में पिघला हुआ लोहा और निकल एक संचालन द्रव बनाते हैं। इस द्रवीय क्रोड में, संवहन धाराएं उत्पन्न होती हैं। जैसे-जैसे पृथ्वी घूमती है, द्रवीय बाह्य क्रोड भी घूर्णन करता है, जिससे पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का निर्माण होता है। ये धाराएं तारों द्वारा वाहित विद्युतीय धाराओं की तरह काम करती हैं और पूरी प्रणाली एक विशाल डायनेमो की तरह काम करती है। यह वो डायनेमो है जो पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र को लगातार पुनर्सृजित करता है। यह चुंबकीय क्षेत्र पृथ्वी से बाहर की ओर हजारों किलोमीटर तक विस्तृत है और पृथ्वी के चारों ओर एक सुरक्षात्मक आवरण बनाता है जो सूर्य की सौर हवा को विक्षेपित (deflect) करता है। इस सुरक्षात्मक परत की अनुपस्थिति में सौर हवा पृथ्वी के वायुमंडल को धीरे-धीरे क्षीण कर देगी जिससे पृथ्वी लगभग निर्जीव हो जाएगी।

बोध प्रश्न 2

a) पृथ्वी की तीन परतों के नाम बताइए।

b) प्राथमिक तरंगें क्या हैं?

c) निफे से आपका क्या तात्पर्य है?

d) भूडायनेमो की अवधारणा के बारे में लिखिए।

3.6 सारांश

आइए इस इकाई में हमने जो सीखा है, उसे संक्षेप में दोहराते हैं :

- पृथ्वी के प्रमुख घटक वायुमंडल, जलमंडल, स्थलमंडल और जैवमंडल हैं। वायुमंडल और जलमंडल के उद्‌भव के बाद जब स्थिति अनुकूल थी तब पृथ्वी का जैवमंडल उत्पन्न हुआ।
- भौतिक गुणों के आधार पर, पृथ्वी के बाहरी हिस्से को दो भागों में विभाजित किया जा सकता है, अर्थात् स्थलमंडल और दुर्बलतामंडल।
- पृथ्वी की आंतरिक संरचना के बारे में हमारा अधिकांश ज्ञान प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष अध्ययन से प्राप्त संदर्भों पर आधारित है।
- पृथ्वी की आंतरिक आकृति और संरचना के बारे में ज्यादातर जानकारी भूकंप विज्ञान से मिली है।
- धरती में तीन परतों में भूपर्पटी, प्रावार और क्रोड शामिल हैं।
- गहरे और उथले भूकंपों के विश्लेषण से एक निश्चित गहराई पर भूकंपीय तरंगों के वेग में अचानक परिवर्तन या भंग अथवा अन्य लक्षण पता चले हैं। यह एक असंगतता की उपस्थिति की ओर इंगित करता है। प्रमुख असांतत्य मोहरोविसिक और गुटेनबर्ग असांतत्य हैं।
- पृथ्वी दो तरीकों से ठंडी होती है : गर्मी के प्रवाहन संचालन द्वारा तथा गर्मी के काफी तेज परिवहन संवहन के माध्यम से। स्थलमंडल में संचालन का ज्यादा प्रभाव है, जबकि पृथ्वी के आंतरिक भाग में संवहन अधिक प्रभावशाली है।
- भूचुंबकीय क्षेत्र पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र है जो अपने आंतरिक क्रोड से जहां यह सौर हवाओं से मिलती है वहाँ तक विस्तृत है। पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र समय के साथ बदलता रहता है क्योंकि यह पृथ्वी के बाहरी क्रोड में पिघले हुये लौह मिश्र धातुओं की गति से उत्पन्न होता है जिसे 'भूडायनेमो' भी कहा जाता है।

3.7 सात्रिक प्रश्न

1. हम पृथ्वी के आंतरिक भाग का अध्ययन कैसे करते हैं?
2. प्रावार और क्रोड में संवहन की प्रक्रिया को समझाएं।
3. पृथ्वी पर वायुमंडल की उत्पत्ति कैसे हुई?
4. भूपर्पटी और प्रावार तथ प्रावार और क्रोड के बीच की प्रमुख असांतत्यों के नाम बताएं।

3.8 संदर्भ

- Bott, M.H.P. (1982) The Interior of Earth, 2nd Edition, Edward Arnold, London and Elsevier, New York.
- Grotzinger, J. and Jordan, T. (2010) Understanding Earth, 6th Edition,W.M. Freeman and Company, New York, 654p.
- Tarbuck, L. (1984) The Earth - Introduction to Physical Geology, Bell & Howell co. Ohio.

3.9 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Dutta. A.K. (2010), Introduction to Physical Geology, Kalyani Publishers, Ludhiana, 230p.
- Mahapatra. G.B. (2012), A Textbook of Geology, CBS Publishers, New Delhi, 326p.

3.10 उत्तर

बोध प्रश्न 1

1. a) वायुमंडल, जलमंडल, जैवमंडल और स्थलमंडल।

2. b) समताप मंडल (Stratosphere) वायुमंडल में पृथ्वी से 16 से 50 कि.मी. की ऊंचाई पर स्थित परत है। यहाँ हवा शांत होती है और बादल, धूल और जल कणों से मुक्त होती है। ऊपरी परत ओजोन से समृद्ध होती है जो एक छतरी की तरह काम करती हुई पराबैंगनी विकिरणों को स्वयं में समाहित कर इनसे क्षोभ मंडल और पृथ्वी की सतह की सुरक्षा करती है।

   c) जैवमंडल पृथ्वी का एक जैविक अवयव है, जो पृथ्वी के अन्य मंडलों के साथ पदार्थों और ऊर्जा का परस्पर आदान-प्रदान करता है इसलिए इसमें वातावरण, जलमंडल और स्थलमंडल शामिल हैं।

   d) SiAl और SiMa भूपर्पटी की प्रमुख शैलों के दो समूह हैं। SiAl (Si–सिलिका और Al–एल्यूमिना) एल्यूमिनियम के साथ हल्के रंग की सिलिका युक्त शैल है जो कि दूसरी सबसे प्रचुर मात्रा में घटक हैं। Sima (Si–सिलिका और Ma-मैग्नेशिया) महासागरों के SiAl गठन के नीचे स्थित हैं। वे गहरे रंग की शैलें हैं जैसे बेसाल्ट जिसमें 40% से 50% तक की सिलिका और मैग्नीशियम दूसरे स्थान पर हैं।

2. a) प्रावार, भूपर्पटी और क्रोड।

   b) प्राथमिक तरंगें या P तरंगें या अनुदैर्ध्य या संपीडन तरंगें। P तरंगों को कर्षापकर्ष तरंगों की तरह समझा जा सकता है क्योंकि ये कणों को अपनी गति की दिशा में खींचते या धकेलते हैं। प्राथमिक तरंगों की तरंगदैर्ध्य छोटी और आवृति उच्च होती है। भूकंप के केंद्र से तरंगें पृथ्वी से होकर गुजरती हैं और इनमें पहले पहुँचने वाली तरंगें P तरंग होती हैं। ये हवा में ध्वनि तरंगों के समान होती हैं।

c) क्रोड की संरचना संभवतः निकेल (nickel) और लोहे (ferrous) की होती है इसलिए इसे Nife (Ni = Nickel, Fe = Ferrous i. e. Iron) भी कहते हैं।

d) पृथ्वी का गुरुत्व क्षेत्र समय के साथ परिवर्तित होता रहता है क्योंकि यह पृथ्वी के बाह्य क्रोड में पिघले लौह मिश्र धातु की गतिशीलता से निर्मित होता है जिसे 'भूडायनेगो' (geodynamo) कहते हैं।

सात्रिक प्रश्न

1. आपके उत्तर में उपअनुभाग 3.3.1 में उल्लेखित बिन्दु शामिल होने चाहिए।
2. आपके उत्तर में उपअनुभाग 3.4.2 में उल्लेखित बिन्दु शामिल होने चाहिए।
3. आपके उत्तर में उपअनुभाग 3.2.5 में उल्लेखित बिन्दु शामिल होने चाहिए।
4. मोहोरोविसिक और गुटेनबर्ग असांतत्य।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

इकाई 4

भूकंप और ज्वालामुखी

इकाई की रूपरेखा

4.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
4.2 अंतरजनित प्रक्रियाएँ
4.3 भूकंप
कारण
प्रकार
भूकंपीय तरंगें
परिमाण तथा तीव्रता
भूकंप का अभिलेखन
भूकंप कटिबंध का वितरण
भूकंप से नुकसान
भारत का भूकंपीय अनुक्षेत्र वर्गीकरण
4.4 ज्वालामुखी
कारण
प्रकार
ज्वालामुखीय भूआकृतियां
ज्वालामुखी उद्‌गार के उत्पाद
ज्वालामुखी उद्‌भव के प्रभाव
ज्वालामुखीय कटिबंध का वितरण
4.5 भूकंप और ज्वालामुखीय कटिबंधों में संबंध
4.6 सूनामी
कारण
परिणाम
4.7 सारांश
4.8 क्रियाकलाप
4.9 सात्रिक प्रश्न
4.10 संदर्भ
4.11 आगे / प्रस्तावित अध्ययन
4.12 उत्तर

4.1 प्रस्तावना

पृथ्वी का संरूपण मुख्यतः इसकी आंतरिक प्रक्रियाओं का परिणाम हैं, हालांकि यह बहिर्जनित प्रक्रियाओं द्वारा भी परिवर्तित होती हैं। बहिर्जनित और अंतरजनित दोनों प्रक्रियाएँ दृश्यभूमि को लगातार एक आकार देती रंहती हैं। आप पिछली इकाई में पृथ्वी की आंतरिक संरचना और संघटन के साथ ही जलमंडल, वायुमंडल और जैवमंडल के विषय में पढ़ चुके हैं। आप आगे भूवैज्ञानिक कारकों (यानी नदी, वायु, भूमिगत जल, हिमनद और महासागर के विषय में पढ़ेंगे। आप खंड 2 में पृथ्वी की भूतलीय प्रक्रियाओं के अंतर्गत बाह्य प्रक्रियाओं से परिचित होंगे। इस इकाई में हम पृथ्वी के अंदर की अंतरजनित प्रक्रियाओं के विषय में पढ़ेंगे। ये अंतरजनित प्रक्रियाएँ तब ज्यादा स्पष्ट होती हैं जब इनके प्रभाव पृथ्वी की सतह पर दिखाई देते हैं। आशा है यह इकाई पृथ्वी की सतह पर कार्यरत अंतरजनित प्रक्रियाओं के विषय में आपकी जानकारी को बढ़ाएगा।

अपेक्षित लक्ष्य

इस इकाई के अध्ययन के बाद आप निम्न में सक्षम हो जाएंगे :

- अंतरजनित प्रक्रियाओं को समझाने में;
- भूकंप के कारण, प्रकार, अभिलेखन तथा वितरण की व्याख्या करने में;
- भूकंप के परिमाण तथा तीव्रता में अंतर करने में;
- ज्वालामुखी के प्रकार, कारण, प्रभाव, उत्पाद तथा उनसे निर्मित भूआकृतियाँ एवं इनके वितरण का वर्णन करने में;
- वैश्विक परिप्रेक्ष्य में भूकंप और ज्वालामुखीय कटिबंधों में संबंध की चर्चा करने में; तथा
- सूनामी, इसके कारण और प्रभाव की व्याख्या करने में।

4.2 अंतरजनित प्रक्रियाएँ

आइये भूकंप और ज्वालामुखी के अध्ययन से पूर्व हम अंतरजनित प्रक्रियाओं (endogenic Processes) को समझ लें। Endogenic शब्द दो ग्रीक शब्दों ***Endotha*** (अर्थात् आंतरिक) और ***Genus*** (अर्थात उत्पत्ति) से निर्मित हुआ है। भू-पटल के अंदर उत्पन्न होने वाली प्रक्रियाओं को **अंतरजनित प्रक्रिया** कहते हैं जो अपनी ऊर्जा पृथ्वी के अंदर निम्न माध्यमों से प्राप्त करती हैं :

- पृथ्वी का घूर्णन
- ज्वारीय घर्षण
- रेडियोसक्रियता
- इसकी उत्पत्ति के समय से ही उपस्थित आद्य ऊर्जा।

अंतरजनित प्रक्रियाओं में निम्न शामिल हैं :

- भूकंप
- ज्वालामुखीय गतिविधियाँ
- पृथ्वी का संचलन तथा पर्वत निर्माण
- संवहनी धाराएं और इनके प्रभाव से महाद्वीपीय विस्थापन
- प्लेट विवर्तनिकी।

इस इकाई में हम प्रथम दो प्रक्रियाओं यानि भूकंप और ज्वालामुखी पर चर्चा करेंगे। अंतिम अनुभाग में सूनामी घटनाएँ जो कि सामान्यतः समुद्र के अंदर के भूकंप से उत्पन्न होती है पर भी चर्चा की गई है। अंतिम तीन प्रक्रियाओं यानि पर्वत निर्माण; महाद्वीपीय विस्थापन और प्लेट विवर्तनिकी पर हम खंड 4 में चर्चा करेंगे।

4.3 भूकंप

आपने दरवाजों और खिड़कियों के हिलने तथा उनसे उत्पन्न तीव्र आवाजों का अनुभव किया होगा। दीवारों के हिलने का अनुभव कर कभी आप घबरा गए होंगे और अन्य लोगों को चिल्लाते हुये सुना होगा, "यह भूकंप है!" विभिन्न कारणों से जब स्थानीय

चट्टानों में प्रतिबल (stress) जमा होते-होते इसकी क्षमता से ज्यादा हो जाती है तब यह चट्टानों के टूटने और विभंग के अनुदिश संचलन करने का कारण बनता है। चट्टानों के संचलन के साथ ही एक छोटे स्तर का प्रतिघात भी उत्पन्न होता है। इन गतिविधियों में अत्यधिक ऊर्जा होने के कारण भूमि में प्रकंपन होता है। भूपर्पटी में प्राकृतिक कारणों से कोई भी आकस्मिक संचलन जो भूतल में प्रकंपन अथवा कंपन उत्पन्न होती है वह **भूकंप** कहलाता है। भूकंप के अध्ययन को **भूकंप विज्ञान** (Seismology) कहते हैं।

आगे अध्ययन से पूर्व आइये हम भूकंप से जुड़ी कुछ महत्वपूर्ण शब्दावलियों से परिचित हो लें जिनका उपयोग इस इकाई मे आगे होगा (चित्र 4.1)।

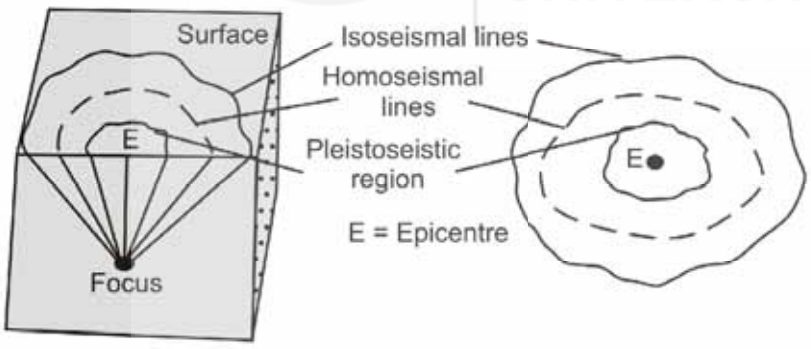
i) **उद्गम केंद्र (Focus or hypocentre or centrum)**: यह भूकंप की उत्पत्ति का बिन्दु अथवा केंद्र है। अतः, उद्गम केंद्र पृथ्वी के अंदर चट्टानों के टूटने की वह प्रारम्भिक स्थिति है जो भूकंपीय तरंगें उत्पन्न करती हैं।

ii) **अधिकेन्द्र (Epicentre or epifocal)**: उद्गम केंद्र से बिल्कुल ऊर्ध्वाधर धरातल पर के बिन्दु को अधिकेन्द्र कहते हैं।

iii) **सम-भूकंप रेखा (Isoseismal Line)**: भूकंप के समान तीव्रता वाले बिंदुओं को मिलाने वाली रेखा को सम-भूकंप रेखा कहते हैं। ये अधिकेन्द्र के चारों ओर वृत्ताकार आकृति में होते हैं।

iv) **सह-भूकंप रेखा (Homoseismal or coseismals line)**: जिन स्थानों पर भूकंप एक ही समय दर्ज होते हैं, उन्हें जोड़ने वाली रेखा को सह-भूकंप रेखा कहते हैं।

v) **प्लीस्टोसिस्टिक क्षेत्र (Pleistoseistic region)**: यह अधिकेन्द्र के चारों ओर का वह क्षेत्र है जिसमें भूकंप के प्रभाव से सर्वाधिक क्षति पहुँची हो।



चित्र 4.1: भूकंप के प्रसार में प्रयोग होने वाली सामान्य शब्दावली a) अनुप्रस्थ काट दृश्य; और b) ऊपरी सिरे से दृश्य।

4.3.1 कारण

आप यह अचरज कर रहे होंगे कि पृथ्वी क्यों काँपती है और भूकंप के कारण क्या हैं?

अब हम भूकंप के कारणों पर चर्चा करते हैं। इन्हें निम्न तीन वर्गों में रखा जा सकता है:

1. **भूपृष्ठीय कारण** : ये निम्न तीव्रता के भूकंप उत्पन्न करते हैं जो कि विशेष प्रभाव के नहीं होते। ये निम्न कारणों से उत्पन्न होते हैं :

i) **गुफाओं के ढहने से** : आप इस पाठ्यक्रम के खंड 2 के इकाई 7 में वायु और भूमिगत जल के भूवैज्ञानिक कार्यों के बारे में पढ़ेंगे कि भूमिगत जल की क्रिया से चूनापत्थर जैसी चट्टानों में गुफाएँ तथा खड्ड निर्मित हो जाते हैं। आस-पास के क्षेत्र के प्रभाव से ये कई बार ढह जाते हैं जिससे क्षीण भूकंप उत्पन्न होते हैं।

ii) **भूस्खलन** : बड़े स्तर पर होने वाले भूस्खलन अक्सर आस-पास के क्षेत्र में कंपन उत्पन्न करते हैं।

iii) **चट्टानों में विस्फोट** : इससे आसपास के क्षेत्रों में कंपन उत्पन्न हो सकता है जिससे मकानों में दरार या भूस्खलन भी उत्पन्न हो सकता हैं।

2. **ज्वालामुखीय कारण** : ज्वालामुखियों से जुड़े भूकंप हानि के प्रभाव और उत्पन्न तरंगों की तीव्रता के दृष्टिकोण से काफी सीमित स्तर के होते हैं।

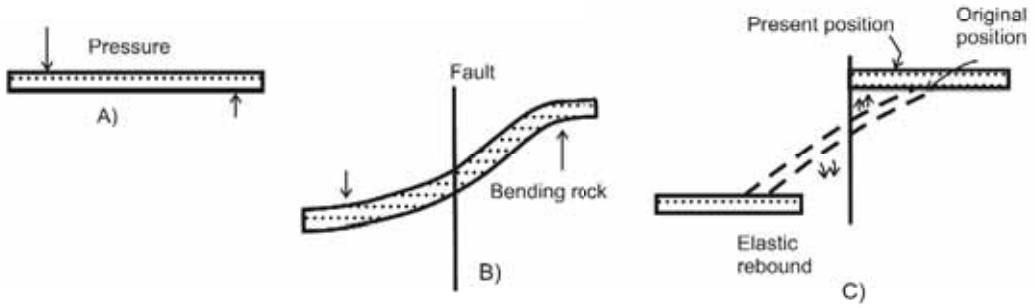
3. **विवर्तनिक कारण** : बड़े भूकंपों के मुख्य कारण इन्हीं गतिविधियों के अंतर्गत आते हैं, जो निम्न हैं:

i) **प्लेट विवर्तनिकी** : पृथ्वी की पर्पटी कई पट्टियों अथवा प्लेटों में विभक्त होती हैं जो कि महाद्वीपीय, महासागरीय अथवा दोनों का मिश्रण भी हो सकती हैं। इन प्लेटों का संचलन भूकंप उत्पन्न करता है। ज्यादातर स्थितियों में ये भूकंप विनाशकारी ही होते हैं।

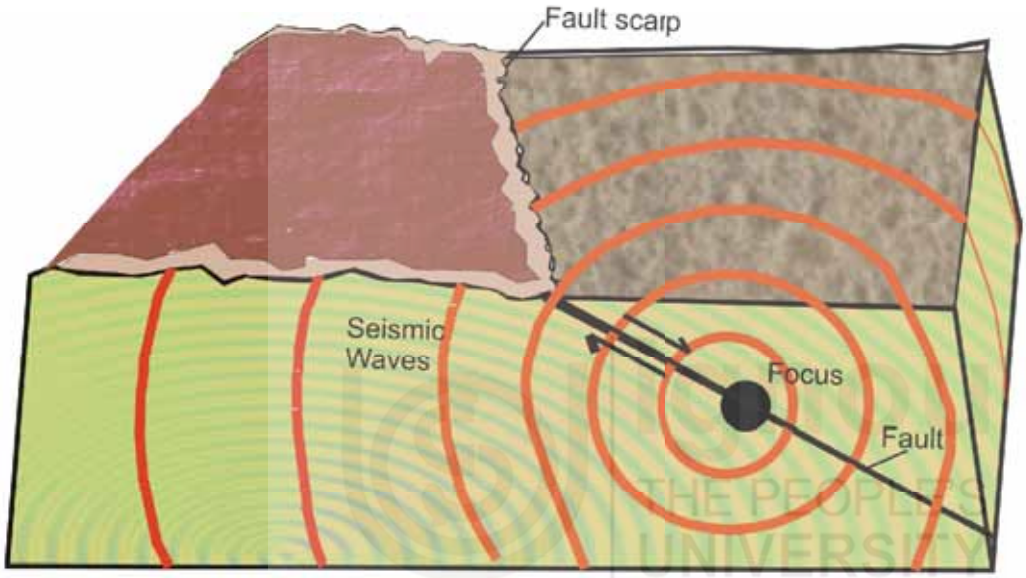
ii) **भ्रंश तल के अनुदिश संचलन** : भूपर्पटी में विस्थापन अथवा संरचनात्मक विचलन के कारण भूपर्पटी में भ्रंश सतह के अनुदिश अचानक सर्पण भी उत्पन्न हो जाता है। भ्रंश के समीपवर्ती शैल खंडों में संचलन की वजह से बड़े भूकंप उत्पन्न होते हैं। आप भ्रंश के विषय में इस पाठ्यक्रम के इकाई 11 मे पढ़ेंगें।

iii) **प्रत्यास्थ प्रतिक्षेप सिद्धांत** (Elastic Rebound Theory): यह उस क्रियाविधि की व्यख्या करता है जिससे भूकंप उत्पन्न होते हैं। यह सिद्धांत Henry Fielding Reid द्वारा 1906 में सेन फ्रांसिस्को में घटित भूकंप के अध्ययन से प्रतिपादित किया गया था। उनके अनुसार पृथ्वी में उपस्थित प्रत्यास्थ पदार्थ एक निश्चित सीमा तक ही बिना स्थाई विरूपण के दबाव को सह सकता है, किन्तु यदि यह दबाव लगातार लंबे समय तक बना रहे अथवा इसके परिमाण में वृद्धि हो जाए तो शैल में स्थाई विरूपण या विक्रति आ जाएगी और अंततः यह भंग हो जाएगा। जब यह संविदारित (भंग) होता है तो दोनों ओर के शैल खंड प्रत्यास्थता के कारण अपने वास्तविक आकार और स्थिति में आने का प्रयास करते हैं और प्रत्यास्थ प्रतिक्षेप घटित होता है (चित्र 4.2 a और b)। संक्षेप में आप यह कह सकते हैं कि प्रत्यास्थ प्रतिक्षेप सिद्धांत भ्रंश तल के दोनों ओर के शैल खंडों में अचानक उत्पन्न विचलन (सर्पण) की व्याख्या है। इस प्रक्रिया में शैल तनाव के कारण संचित ऊर्जा को मुक्त करते हैं और स्वयं को तनाव विहीन स्थिति में लाने का प्रयास करते हैं।

i)



(a)



(b)

चित्र 4.2: a) प्रत्यास्थ प्रतिक्षेप द्वारा संविदारण की विभिन्न चरणों का निरूपण। A, B और C द्वारा संविदारण की विभिन्न चरणों का प्रदर्शन; और b) भूकंप की उत्पत्ति और संबंधित शब्दों का आरेख द्वारा निरूपण। भूकंप सामान्यतः भ्रंश के अनुदिश सर्पण से जुड़े होते हैं।

4.3.2 प्रकार

भूकंप अपने आकार, प्रकार और प्रभाव में निम्न कारकों की वजह से विभिन्न प्रकार के हो सकते हैं :

- विवर्तनिक व्यवस्थापन
- आधार शैल
- उपरिशायी असंपिडित पदार्थ
- निर्माण नियमावली
- भूमिगत जल की उपस्थिति या अनुपस्थिति

अब आप भूकंप के प्रकारों के विषय में पढ़ेंगे। उत्पत्ति की गहराई के आधार पर भूकंपों को मुख्यतः तीन प्रकारों में बांटा किया गया है :

i) **सामान्य या 'छिछले-केन्द्र' के भूकंप :** इनकी उत्पत्ति 50 कि.मी. की गहराई में होती है। ज्यादातर भूकंप इसी प्रकार के हुए हैं।

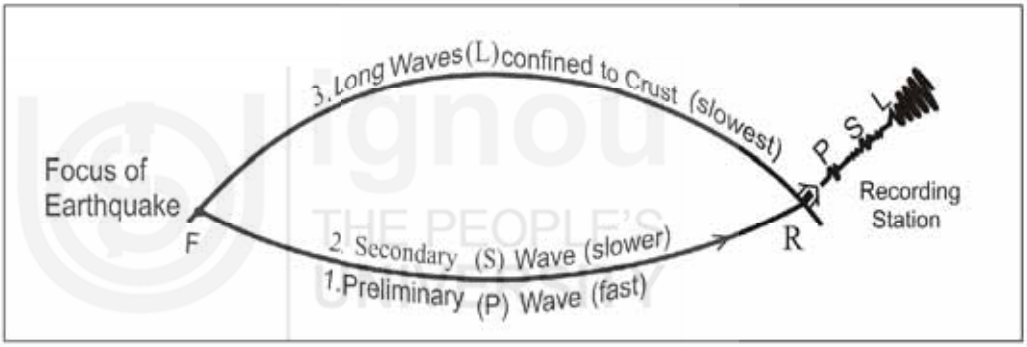
ii) **'मध्यवर्ती गहराई वाले' भूकंप :** इनकी उत्पत्ति 50 से 240 कि.मी. की गहराई में होती है। इनकी तरह के भूकंप कम ही होते है परंतु उनके प्रभाव बहुत बड़े क्षेत्र में होते है।

iii) **गहरे केंद्रित भूकंप :** इनकी उत्पत्ति अत्यधिक गहराई यानि 240 से 725 कि.मी. की गहराई में होती है। इस प्रकार के भूकंप बहुत ही विरले होते है

4.3.3 भूकंपीय तरंगें

अब हम भूकंपीय तरंगों की उन विशेषताओं पर चर्चा करेंगे जो भूकंपों के दृष्टिकोण से प्रासंगिक हैं।

ये तरंगें उद्‌गम केंद्र से उत्पन्न होती हैं और संकेंद्री वष्तों के रूप में सभी दिशाओं में प्रसारित होती हैं (चित्र 4.3)। गमन मापदंडों के दृष्टिकोण से ये चार प्रकार की होती हैं (सारणी 4.1)।



चित्र 4.3: भूकंपीय तरंगों की आरेखीय प्रस्तुति– इनकी उत्पत्ति, संचलन और स्टेशन पर अभिलेखन।

सारणी 4.1 : भूकंपीय तरंगों के लक्षण

प्रकार	सापेक्षिक गति	गति का माध्यम	संचलन का प्रकार
काय तरंगे (Body waves)			
P-तरंगे (Push waves)	सर्वाधिक गतिशील	ठोस एवं तरल	दबाव और खिंचाव
S-तरंग (Shear waves)	द्वितीय गतिशील	केवल ठोस में	पार्श्व से पार्श्व
भूपृष्ठीय तरंगे (Surface waves)			
रैले तरंगे (Reyleigh waves)	तृतीय गतिशील	भू–सतह	ऊपर और नीचे आगे और पीछे की ओर
लव तरंगे (Love waves)	सर्वाधिक धीमी	भू–सतह	पार्श्व से पार्श्व

4.3.4 परिमाण तथा तीव्रता

जब भी कोई भूकंप आता है आपने निश्चित रूप से रेडियो/टेलीविजन पर सुना/देखा होगा कि वैज्ञानिक इसके परिमाण और तीव्रता के बारे में बात करते हैं। तो आइये हम इनके बारे में जानते हैं।

परिमाण (Magnitude) भूकंप के स्रोत या अधिकेन्द्र पर मुक्त ऊर्जा की मात्रा को प्रदर्शित करता है और इसे 10 अंकों के **रिक्टर मापक** (Richter scale) पर मापा जाता है। यह भूकंप की शक्ति का मापक है जो कि **भूकंप लेखी** द्वारा मापा जाता है। रिक्टर मापक लघुगणकीय (logarithmic) है। प्रत्येक इकाई के लिए सतह में कंपन का आयाम 10 के गुणक में बढ़ जाता है। भूकंपीय तरंगें इससे चार्ल्स फ्रांसिस रिक्टर द्वारा कैलीफोर्निया प्रौद्योगिकी संस्थान के बेनो गुटेनबर्ग के साथ 1935 में हुई थी।

तीव्रता (Intensity) का प्रयोग भूकंप के द्वारा हुए ध्वंश को परिभाषित करने के लिए किया जाता है और यह न सिर्फ परिमाण बल्कि मिट्टी के प्रकार, निर्माण सामग्री, जनसंख्या और अन्य मानवीय बसाहट पर भी निर्भर करता है।

मरकाली तीव्रता पैमाना (Mercalli intensity scale) एक 12 बिंदुओ का पैमाना है जो भूकंप की गंभीरता को उनसे हुए नुकसान के संदर्भ में प्रदर्शित करता है। इसे संशोधित मरकाली तीव्रता पैमाना के नाम से जाना जाता है और यह भूकंप के परिमाण और तीव्रता को मापने के लिए प्रयुक्त होता है। यह I से XII तक 12 भागों में विभक्त होता है और मुख्यतः कंपन के प्रभाव पर निर्भर करता है।

सारणी 4.4: संशोधित मरकाली तीव्रता पैमाना

परिमाण	तीव्रता	कंपन का प्रभाव
1.0-3.0	I	भूकंप लेखी द्वारा ही भूकंप का पता चलता है।
3.0-3.9	II	अतिक्षीण - विरामरत संवेदनशील व्यक्तियों द्वारा अनुभव, मुख्यतः ऊपरी मंजिलों पर
	III	क्षीण - अंदर स्थित व्यक्तियों द्वारा कुछ अनुभव, खड़ी कारों में थोड़ी हलचल
4.0-4.9	IV	साधारण - बाहर गतिशील व्यक्तियों द्वारा भी अनुभव, डिश, खिड़कियों, दरवाजों का हिलना, दीवारों में दरार बाने सी आवाज, खड़ी कारों का ध्यान में आने योग्य हिलना।
	V	साधारण प्रबल - तकरीबन सभी को अनुभूति, सोते हुये लोगों का जाग जाना, घंटियों का बजना, अस्थिर पदार्थों का लुढ़क जाना, खिड़कियों का टूटना
5.0-5.9	VI	प्रबल - थोड़ा नुकसान, सभी को अनुभूति, कईयों का घबरा जाना, कुछ भारी फर्नीचर का सरकना

	VII	अति प्रबल - दीवारों में दरार, अच्छी डिजाईन और निर्माण वाली ईमारतों में नगण्य नुकसान, सामान्य ईमारतों में क्षीण से सामान्य नुकसान, बुरी तरह डिजाईन या निर्माण की गई ईमारतों में ज्यादा नुकसान
6.0-6.9	VIII	विनाशकारी - चिमनियों का गिर जाना, सामान्य ईमारतों का ढह जाना, बुरी तरह निर्माण की गई ईमारतों में ज्यादा नुकसान, स्मारकों दीवारों का गिरना, भरी फर्नीचरों का लुढ़क जाना
	IX	विध्वंशकारी - ईमारतों का गिरना, विशेष रूप से डिजाईन ईमारतों में भी गंभीर नुकसान और टूटना, सामान्य ईमारतों में ज्यादा नुकसान और गिर जाना, नीवों का हिल जाना
7.0 और ज्यादा	X	अनर्थकारी - कुछ अच्छी तरह निर्मित लकड़ी के भवनों का नष्ट हो जाना, कई ईटों वाली ईमारतों की नीव सहित नष्ट हो जाना, रेल की पटरियों का मुड़ जाना।
	XI	प्रलयकारी - कुछ ही ईमारतों का बचा रह पाना, जमीन पर दरार पड़ जाना, पूलों का गिर जाना, रेल पटरियों का बुरी तरह मुड़ जाना
	XII	सर्वनाशकारी - पूर्ण विनाश, वस्तुओं का हवा में उछल जाना, जमीन का विकृत हो जाना, भूमि का हिलते हुये बिखना

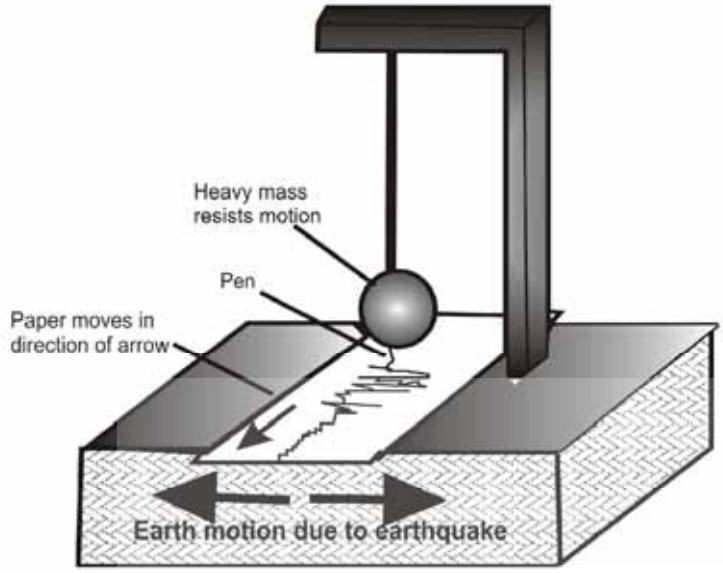
4.3.5 भूकंप का अभिलेखन

आईये अब हम ये समझते हैं कि भूकंप को कैसे मापा जाता है।

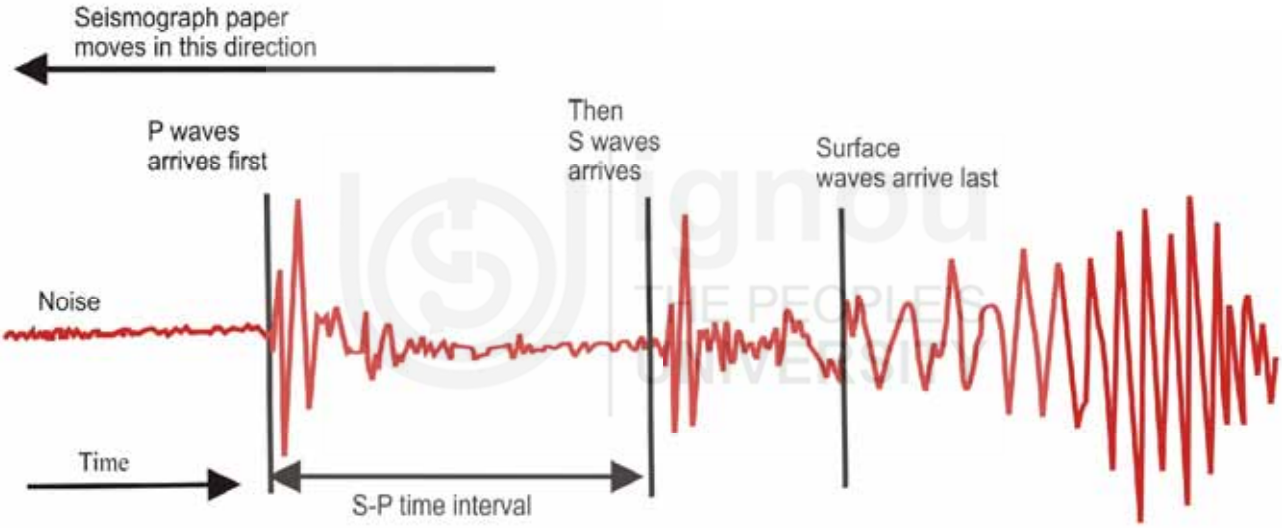
भूकंप की माप के अध्ययन के लिए प्रत्येक प्रघात के समय, तीव्रता और दिशा के अभिलेखन की आवश्यकता होती है। इसमें प्रयुक्त यंत्र को **भूकंप-लेखी** (Seismograph) कहते हैं (चित्र 4.4)। अभिलेखन एक फोटो सुग्राही कागज (photosensitised paper) पर किया जाता है, जो कि समय, तिथि के साथ ड्रम की गति के साथ तालमेल के लिए पूर्णतः योग्य होता है (चित्र 4.4)। भूकंप-लेखी उदग्र और क्षैतिज दोनों अवयवों का अभिलेखन करता है। भूकंपीय कंपनों के अभिलेखन की तैयारी और प्रस्तुति भूकंप-लेखी द्वारा होती है, जिसे **'भूकंप अभिलेख'** (seismograms) कहते हैं (चित्र 4.5)।

4.3.6 भूकंपीय तरंगों का वितरण

आपको शायद आश्चर्य होगा कि विश्व के कुछ क्षेत्रों में भूकंप बार-बार क्यों आते हैं? ये क्षेत्र **''भूकंप अथवा भूकंपीय कटिबंध''** कहलाते हैं (चित्र 4.6)। ये निम्न हैं :



चित्र 4.4: भूकंप का अभिलेखन करने वाले यंत्र भूकम्प–लेखी का आरेख।



चित्र 4.5: एक प्रतीकात्मक भूकंप अभिलेख। भूकंप-लेखी पर सबसे पहले दर्ज होने वाली तरंग **P** तरंग होती है जिसके बाद क्रमशः **S** तरंग और फिर भू-सतही तरंग होती हैं।

i) **प्रशांत कटिबंध (Pacific belt)**: विश्व के सबसे बड़े लगभग 81% भूकंप परि-प्रशांत भूकंपीय कटिबंध (Circum-Pacific seismic belt) में आते हैं। इस कटिबंध में प्रशांत प्लेट और इसकी नजदीकी प्लेटें तथा प्रशांतीय **'ज्वालामुखी माला'** (Ring of Fire) शामिल हैं। 1900 से अब तक 10 सबसे बड़े भूकंपों में से 8 इसी भूकंपीय कटिबंध में आए हैं।

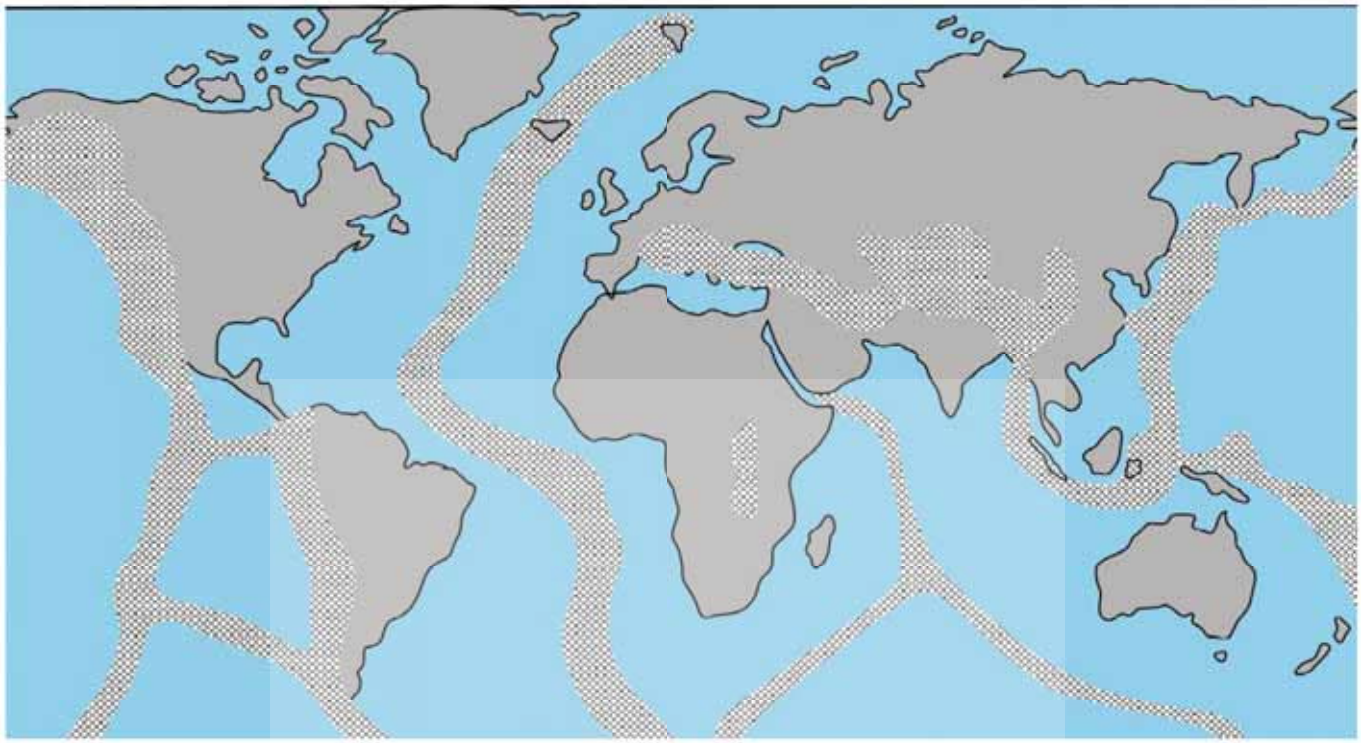
ii) **अल्पाइन या भूमध्यीय-भूकंपी कटिबंध (Alpine or Mediterranean belt)**: इसका प्रसार जावा से सुमात्रा, हिमालय और भूमध्य से होते हुये अटलांटिक तक है। इसमें विश्व के 17% बड़े भूकंप आते हैं, जिसमें सबसे ज्यादा विनाशक भूकंपों में से एक 2004 का अंडमान-सुमात्रा भूकंप भी शामिल है।

iii) **मध्य अटलांटिक भूकंपी कटिबंध (Mid Atlantic belt)**: यह एक प्रमुख भूकंपीय पट्टी है जो अटलांटिक महासागर की मध्य अटलांटिक कटक (Mid Atlantic Ridge) का अनुसरण करती है। यह पट्टी ज्यादा विनाशकारी नहीं है क्योंकि ये ज्यादा जनसंख्या वाले क्षेत्रों से दूर हैं।

भारतीय उपमहाद्वीप में आए मुख्य भूकंपों को सारणी 4.5 में सारणीबद्ध किया गया है।

सारणी 4.5 : भारतीय उपमहाद्वीप में आए प्रमुख भूकंप

तिथि	परिमाण	क्षेत्र	टिप्पणी
16.06.1819	8.0	कच्छ	लगभग 2000 लोगों की मृत्यु
12.06.1897	8.7	असम	इतिहास के बड़े भूकंपों में एक। शिलोंग में भरी नुकसान। 1572 व्यक्तियों की मृत्यु।
4.04.1905	8.0	कांगड़ा	2000 जीवनों की क्षति
15.01.1934	8.3	भारत नेपाल सीमा	भारतीय इतिहासों के विनाशकारी भूकंपों में एक जिसमें 10000 से ज्यादा जानें गई।
28.06.1941	8.1	अंडमान द्वीपसमूह	पोर्ट ब्लेयर में बाढ़
15.08.1950	8.5	असम	532 लोगों की मृत्यु
06.8.1988	5.8	बर्मा–भारत सीमा	3 की मृत्यु 11 घायल
20.8.1988	6.5	नेपाल–भारत सीमा	1000 मारे गए, 1000 घायल काफी क्षति
19.10.1991	6.6	उत्तरकाशी	768 व्यक्तियों की मृत्यु
30.9.1993	6.3	लातूर	7601 व्यक्तियों की मृत्यु
22.5.1997	6.0	जबलपुर	38 व्यक्तियों की मृत्यु
29.3.1999	6.0	उत्तरप्रदेश	106 व्यक्तियों की मृत्यु 395 घायल
26.1.2004	.	गुजरात	20717 जानवरों की क्षति 2000 से ज्यादा व्यक्तियों की मृत्यु और 1,50000 घायल
08.10.2005	.7.6	पाकिस्तान और कश्मीर	876,000 से ज्यादा व्यक्तियों की मृत्यु
14.02.2006	5.3	सिक्किम	भारी भूस्खलन और 4 लोगों की मृत्यु
18.09.2011	6.9	सिक्किम	111 से अधिक लोगों की मृत्यु
25.04.2015	7.8	नेपाल, भारत	लगभग 900 लोगों की मृत्यु और लगभग 22000 घायल
26.10.2017	7.7	अफगानिस्तान भारत पाकिस्तान	लगभग 400 लोगों की मृत्यु 2536 से अधिक घायल
04.01.2016	6.7	भारत, बर्मा बांग्लादेश	11 की मृत्यु और लगभाग 200 घायल



चित्र 4.6: भूकंपों का वितरण : छायांकित क्षेत्र सक्रिय अभिकेन्द्रों वाले क्षेत्र हैं।

क्या आपको लगता है कि भूकंप का पूर्वानुमान संभव है?

वस्तुतः, यह एक ऐसा प्रश्न है जिसने सभी को उलझन में डाल रखा है। पूरी दुनिया में इसकी भविष्यवाणी संभव कर पाने के लिए वैज्ञानिक प्रयासरत हैं। चीन और जापान में भूकंप के दौरान जानवरों के व्यवहार से जुड़े कुछ प्रयोग किए गए हैं, परंतु यह ज्यादा भरोसेमंद सिद्ध नहीं हो पाया है। आशा की जा रही है कि निकट भविष्य में भूकंप की भविष्यवाणी से जुड़े मानक विकसित किए जा सकेंगे।

4.3.7 भूकंप से नुकसान

भूकंप हमारे पर्यावरण को कई प्रकार से नुकसान पहुँचा सकते हैं। इसका तात्कालिक प्रभाव भूमि में कंपन और जीवन तथा संपत्ति का नुकसान है। भूकंप के कुछ महत्वपूर्ण प्रभाव निम्न हैं :

i) **भ्रंशन और कंपन** : भूकंप का प्रारम्भिक नुकसान भ्रंशों द्वारा भूतल में टूटने के फलस्वरूप सतह पर उत्पन्न दरारें हैं। भूतल का स्थायी रूप से धंसना अथवा ऊपर उठना भूकंपीय तरंगों के कारण भ्रंश और भूकंपन के प्रभाव से होता है। भूकंपन इतना प्रभावी भी हो सकता है कि ईमारतें गिर जाएँ और जीवन तथा संपत्ति का नुकसान हो जाए।

ii) **भूस्खलन** : भूमि का हिलना और धंसना भूमि के अवयवों की वृहत तौर पर संचलन का कारण बन सकते हैं।

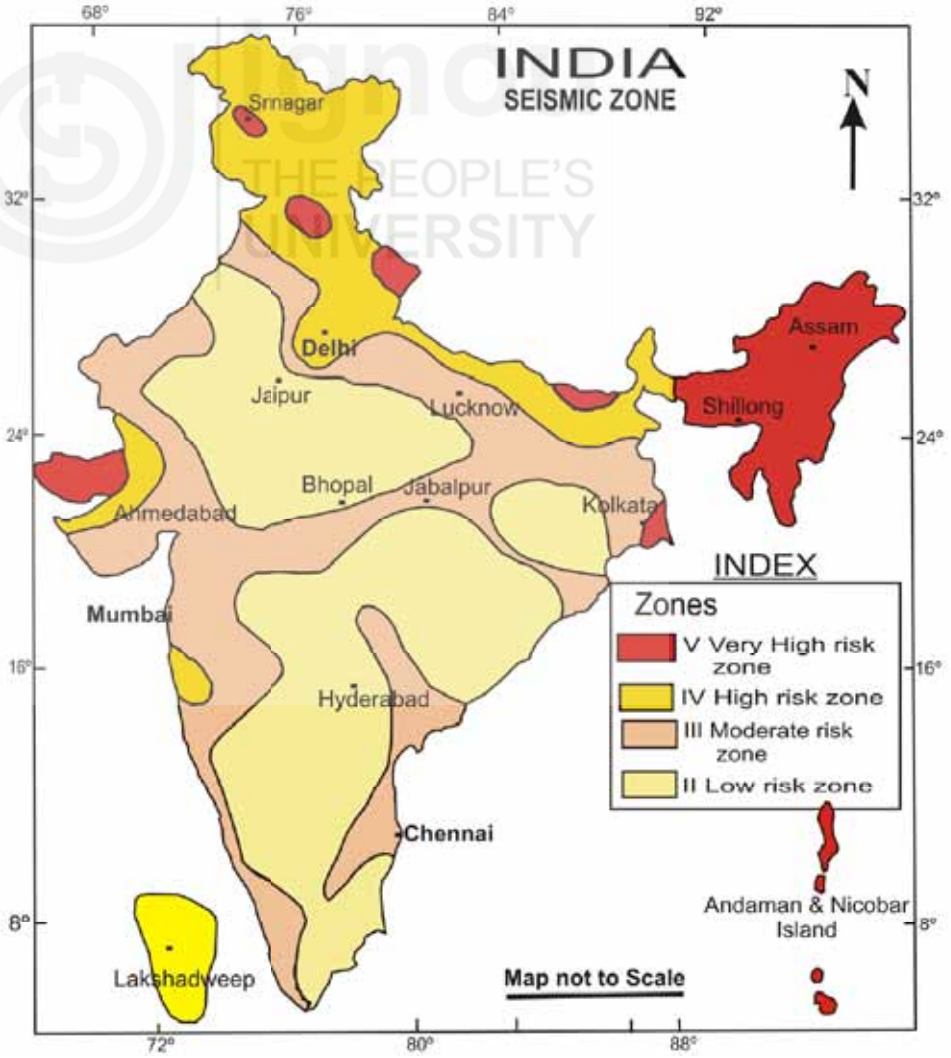
iii) **सूनामी** : सूनामी (Tsunami) शब्द मूलतः जापानी भाषा से है जिसका अर्थ है 'बंदरगाह तरंगें' (harbour wave)। यह सामान्यतः विश्व के बड़े भूकंपों से जुड़ा हुआ है और काफी विनाशकारी होता है। यह काफी बड़ी समुद्री तरंगें होती हैं जो समुद्र के नीचे आए भूकंप, ज्वालामुखी विस्फोट अथवा बड़े भूस्खलन की वजह से उत्पन्न होते हैं। जब सूनामी तरंगें तटीय क्षेत्रों से टकराती हैं तो बड़े नुकसान होते हैं। इसे जानने के लिए आप भारत के पूर्वी तट पर 26 दिसंबर 2004 को आई

सूनामी को याद कर सकते हैं। हम सूनामी के संबंध में इस इकाई के अंत में चर्चा करेंगे।

iv) **आग** : भूकंप के द्वितीयक प्रभावों में आग लगने की घटनाएँ भी शामिल हैं। यह क्षतिग्रस्त हुईं गैस लाईनों और बिजली के तारों के गिरने से उत्पन्न हो सकता है।

4.3.8 भारत का भूकंपीय अनुक्षेत्र वर्गीकरण

समान महत्व के मापदंडों के आधार पर प्रत्येक वर्ग का निर्धारण ही वर्गीकरण कहलाता है। एक भूकंपीय अनुक्षेत्र वह भाग होता है जिसमें भूकंपीय गतिविधि का प्रभाव समान होता है अर्थात् काफी कम अथवा काफी ज्यादा। भूकंपीय अनुक्षेत्र वर्गीकरण को भविष्य में आने वाले भूकंपों के संभावित दुष्प्रभावों के आधार पर निर्मित भूगर्भीय सीमांकन समझ I d r sg§ ; g fd I h Hhekud i j fd ; k t k I d r k gS- राष्ट्रीय, क्षेत्रीय अथवा स्थानीय। भूकंपीय वर्गीकरण मानचित्र उन क्षेत्रों की पहचान के आधार पर निर्मित किए जाते हैं जहाँ विभिन्न तीव्रता के भूकंप आ चुके हों अथवा आने की संभावना हो (चित्र 4.7 देखें)। एक विशेष भूकंपीय अनुक्षेत्र में भूकंपीय गतिविधि की दर लगभग समान होती है। भारत में भूकंपीय आपदा की निगरानी मुख्यतः भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (Geological Survey of India - GSI) तथा भारतीय मौसम विज्ञान विभाग (India Meteorological Department – IMD) करते हैं।



चित्र 4.7: भारत का भूकंपीय वर्गीकरण और तीव्रता मानचित्र।
(स्रोत : BIS, 2002 और http://nidm-gov-in/safety&earthquake.asp)

1962 में भारतीय मानक ब्यूरो (Bureau of Indian Standards, BIS) पूर्व नाम भारतीय मानक संस्थान) ने प्रथम भूकंपीय वर्गीकरण मानचित्र (BIS, 1962) का प्रकाशन किया, जिसमें देश को सात भूकंपीय वर्गों में बांटा गया था; जो कि 1935 में भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण द्वारा 1935 में प्रकाशित भूकंपीय अधिकेन्द्र और समभूकंपीय मानचित्र पर आधारित था। सात भूकंपीय वर्गों के मान 0 (कोई नुकसान नहीं) से VI (व्यापक नुकसान) थे।

यद्यपि भारत के भूकंपीय वर्गों को प्रदर्शित करने वाला मानचित्र तैयार है किये गये परंतु इसमें अद्यतन ऑकड़ों के आधार पर लगातार परिवर्तन किया जाता रहता है। 1970 के मानचित्र में I से V तक पाँच भूकंपीय वर्ग शामिल थे। 0 मान वाले वर्ग को हटा दिया गया क्योंकि यह माना गया कि ऐसा कोई क्षेत्र नहीं है जहाँ भूकंप की संभावना बिल्कुल शून्य हो तथा वर्ग V व VI को एक वर्ग नें मिला दिया गया।

नवीनतम भूकंपीय वर्गीकरण मानचित्र को राष्ट्रीय माप पर 2002 में प्रदर्शित किया गया जिसे चित्र 4.7 में दर्शाया गया है। यह उपलब्ध सूचनाओं जैसे तीव्रता, भूकंप की बारंबारता, क्षेत्र की भूगर्भीय तथा विवर्तनिकी स्थिति आदि पर आधारित है। यह संपूर्ण भारत को चार भूकंपीय आपदा वर्ग में बाँटता है, नुकसान की तीव्रता अथवा भूकंप की बारंबारता के घटते मापक पर यानि V से II । इस मानचित्र में मात्र चार भूकंपीय वर्ग II से V हैं क्योंकि पिछले मानचित्र के भूकंपीय वर्ग I को वर्ग II में मिला दिया गया था। इस मानचित्र में (चित्र 4.7) देश के 59% भाग को वर्ग V में, 18% को उच्च जोखिम वाले वर्ग IV में तथा 30% को सामान्य जोखिम वाले वर्ग को भूकंप हेतु प्रवृत्त वर्गीकृत किया गया है जिसमें कि 11% को अत्यधिक उच्च जोखिम वाले III में रखा गया है। राजधानी शहर गुवाहाटी और श्रीनगर को भूकंपीय वर्ग V, जबकि राष्ट्रीय राजधानी दिल्ली को वर्ग IV तथा मुंबई, कलकाता और चेन्नई को वर्ग III में रखा गया है। इन तीन क्षेत्रों में 5 या 10 लाख से अधिक की आबादी वाले 38 शहर हैं। भूकंपीय वर्गीकरण मानचित्र का प्रयोग शहरी आयोजना विधान या भूकंप प्रभावित क्षेत्रों में तदनुकूल डिजाईन करने के लिए उपयोगी सूचनायें उपलब्ध करवाने में होता है ताकि मानव जीवन तथा अर्थव्यवस्था को भूकंप से होने वाले नुकसान से रोका जा सके।

इस अनुभाग में हमने भूकंप, इनके कारण, प्रभाव, वितरण आदि के विषय में पढ़ा। अब आप 5 मिनट अपनी प्रगति जाँचने में बितायें।

बोध प्रश्न 1

a) भूकंप क्या है?

b) गहराई और उत्पत्ति के आधार पर भूकंपों के प्रकार की सूची बनाएँ।

c) कौन सी भूकंपीय तरंग भूकंप के दौरान नुकसान उत्पन्न करती है?

d) भूकंप के अभिलेखन में प्रयुक्त यंत्र और उसके आँकड़े को क्या कहते हैं?

4.4 ज्वालामुखी

आपने संभवतः उत्सर्जित होते ज्वालामुखियों (volcanoes) को फिल्मों, टीवी और समाचार पत्रों व पत्रिकाओं में देखा होगा। क्या आपने कभी यह सोचा कि ज्वालामुखी कार्य कैसे करते हैं? उनमें उद्‌गार क्यों होता है? वो जहाँ हैं वहाँ किस कारण से हैं? आप इन प्रश्नों के उत्तर इस अनुभाग में पायेंगे। आप पायेंगे कि ज्वालामुखी की उत्पत्ति और इनकी उद्‌गार प्रक्रियाओं का एक महत्वपूर्ण सूत्र इनकी आकृति और परिमाण में है।

ज्वालामुखी (Volcano) शब्द की उत्पत्ति 'Vulcan' से हुई है जो रोम के अग्नि और धातु कार्यो के देवता का नाम था। ज्वालामुखी को एक ऐसी आकृति के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जो लावा, गैस या राख उत्सर्जित कर रहा हो अथवा अतीत में कभी कर चुका हो (Fletcher, 2011)। वह भूगर्भीय प्रक्रियाएँ जो ज्वालामुखी अथवा ज्वालामुखीय शैल उत्पन्न करती हैं उन्हें ज्वालामुखी उद्‌गार (volcanism) कहते हैं।

ज्वालामुखी उद्‌गार वह परिघटना है जिसमें पिघली चट्टानें (मैग्मा) पृथ्वी की सतह पर या किसी अन्य गृह की ठोस सतह पर अथवा चंद्रमा पर उत्सर्जित होती हैं। लावा, ज्वालखंडाश्मी पदार्थ और ज्वालामुखीय गैसें सतह के किसी खंडित भाग से उत्सर्जित होती हैं जिसे मुख कहते हैं। ज्वालामुखी न सिर्फ पृथ्वी पर बल्कि अन्य ग्रहों पर भी पाये जाते हैं। माना जाता है कि पृथ्वी की सतह पर लगभग 1500 ज्वालामुखी सक्रिय हैं।

मैग्मा, पिघला शैल तरल अवस्था में होता है; और जिन शैलों से यह उत्पन्न होता है उनसे कम घनत्व का होता है। इसलिए, जब मैग्मा एकत्रित होता है तो स्थलमंडल में दुर्बल क्षेत्रों से दरार बनाता हुआ ऊपर की ओर बहता है। कुछ क्षेत्रों में मैग्मा अचानक ही सतह पर पहुँच जाता है और लावा के रूप में उत्सर्जित हो जाता है। गर्म पदार्थ जिस छिद्र से बाहर निकलते हैं उसे **ज्वालामुखी द्वार या विदर** (vent or fissure) कहते हैं। इन्ही ज्वालामुखी द्वार और विदर हैं से गर्म पिघले पदार्थ लगातार (सक्रिय) अथवा अंतराल पर (प्रसुप्त) उत्सर्जित होते रहते हैं। वह मार्ग जिससे पिघले पदार्थ उत्सर्जित होते हैं ज्वालामुखी कहलाते हैं। जब यह सतह पर किसी विदर के माध्यम से उत्सर्जित होते हैं इन्हे **विदर कार** का ज्वालामुखी तथा जब यह सतह पर किसी एक द्वार जो किसी शंकु (cone) की तरह प्रतीत होता है के माध्यम से उत्सर्जित होते हैं तो इसे **शंकु** अथवा **विवर कार** का ज्वालामुखी कहते हैं। यदि लावा का उत्स्र्जन बंद हो चुका है तो इसे निर्वाषित ज्वालामुखी (extinct volcano) कहते हैं, जो काफी पहले सक्रिय रहा था। वैज्ञानिकों का अनुमान है कि विश्व की कुल जनसंख्या में लगभग 50 करोड़ की आबादी को ज्वालामुखियों से ख़तरा है। लाखों व्यक्ति भीषण ज्वालामुखीय उद्‌गारों से प्रभावित होने की स्थिति में हैं। अतः यह आवश्यक है कि हम ज्वालामुखियों और उनकी क्रियाविधि के संबंध में अपनी जानकारी बढ़ाएं।

ज्वालामुखियों के अध्ययन को **ज्वालामुखी विज्ञान** (Volcanology) और इनका अध्ययन करने वाले वैज्ञानिकों को **ज्वालामुखीविज्ञानी** कहते हैं। ज्वालामुखी विज्ञान हमारी पृथ्वी की आंतरिक संरचना के संबंध में जानकारी को भी बढ़ाता है।

4.4.1 कारण

अब हम ज्वालामुखीय उद्‌गारों के कारणों को पढ़ेंगे। यद्यपि वैज्ञानिक अभी भी इसके मुख्य कारण की खोज का प्रयास कर रहे हैं, परंतु इसके कुछ मूलभूत कारण निम्न हैं:

i) आप पढ़ चुके हैं कि पृथ्वी का आंतरिक भाग काफी गर्म है। जल वाष्प और गर्म पिघला मैग्मा कम दबाव वाले कमजोर सतहों से भूसतह की ओर बढ़ता रहता है। मैग्मा कक्ष के अंदर निर्मित हो रहा उच्च दाब अचानक मुक्त होने पर पृथ्वी की सतह पर ज्वालामुखीय उद्‌गार का कारण बनता है।

ii) रेडियोसक्रिय ऊर्जा का संचय भी मैग्मा उत्पन्न करता है। यह पिघला पदार्थ अंततः ज्वालामुखी के रूप में बाहर निकलता है।

iii) अत्यंत गहराई में घर्षण और भ्रंश की क्रिया पदार्थों के पिघलने और उनके सतह पर आने में सहायक होने का काम करती है।

आप खंड 4 की इकाई 16 प्लेट विवर्तनिकी में पढ़ेंगें कि पृथ्वी का स्थलमंडल कई प्लेटों में बंटा हुआ है। ये प्लेटें विभिन्न दिशाओं में गति करती रहती हैं। जब ये प्लेटें एक-दूसरे से मिलती हैं, इनमें से एक प्लेट अन्य के नीचे की ओर गति करती है। अवतलन करती प्लेट्स के किनारों पर ऊष्मा से पिघलने की क्रिया होती है और पिघला पदार्थ प्लेट के किनारों के समानांतर ज्वालामुखी श्रृंखला बनाता हुआ उत्सर्जित होता रहता है। उदाहरण के लिए, हिमालय- जो कि गतिशील इंडियन प्लेट की सीमा पर है स्थैतिक एशियन प्लेट के नीचे अवतलित हो रही है।

4.4.2 प्रकार

अब हम विभिन्न आकृतियों के आधार पर ज्वालामुखी के वर्गीकरण के बारे में पढ़ेंगे।

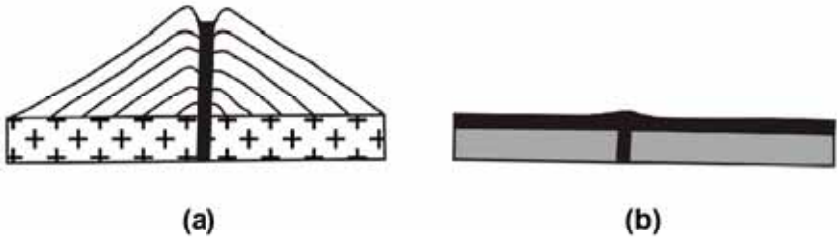
A) सक्रियता के आधार पर ज्वालामुखी निम्न तीन प्रकार के होते हैं-

- **सक्रिय ज्वालामुखी (Active Volcanoes)**: एक ज्वालामुखी यदि कुछ अंतराल पर या लगातार उत्सर्जित होता रहता है तो इसे सक्रिय ज्वालामुखी कहते हैं।
- **प्रसुप्त ज्वालामुखी (Dormant Volcanoes)**: ज्वालामुखी जो एक लंबे अतराल के बाद उत्सर्जन करते हैं प्रसुप्त ज्वालामुखी कहलाते हैं।
- **विलुप्त ज्वालामुखी (Extinct Volcanoes)**: ऐसे ज्वालामुखी जिनका ऐतिहासिक अभिलेखों में उत्सर्जित होने का विवरण न मिलता हो और जिनमें उद्‌गार की संभावना न हो, विलुप्त ज्वालामुखी कहलाते हैं।

B) उद्‌गार के माध्यम के आधार पर ज्वालामुखी निम्न प्रकार के होते हैं :

- **केंद्रीय उद्‌गार प्रकार (Central Types)**: इस प्रकार में उद्‌गार एक ही मुख या नलिका से होता है। इस प्रकार के उद्‌गार में मैग्मा ज्यादा श्यान होता है और इसके मुख के पार्श्व में ज्वालामुखीय भू-आकृति बनाने की प्रवृत्ति होती है (चित्र 4.8a)।
- **विदर प्रकार (Fissure Type)**: इस प्रकार में लावा धीरे-धीरे विदर से उत्सर्जित होता रहता है। इसकी श्यानता कम और तरलता ज्यादा होने

के कारण यह ज्यादा बड़े क्षेत्र में विस्तृत हो पाता है (चित्र 4.8a)। मध्य और दक्षिण भारत के दक्कन ट्रैप का लावा उद्‌गार इसी प्रकार का है।

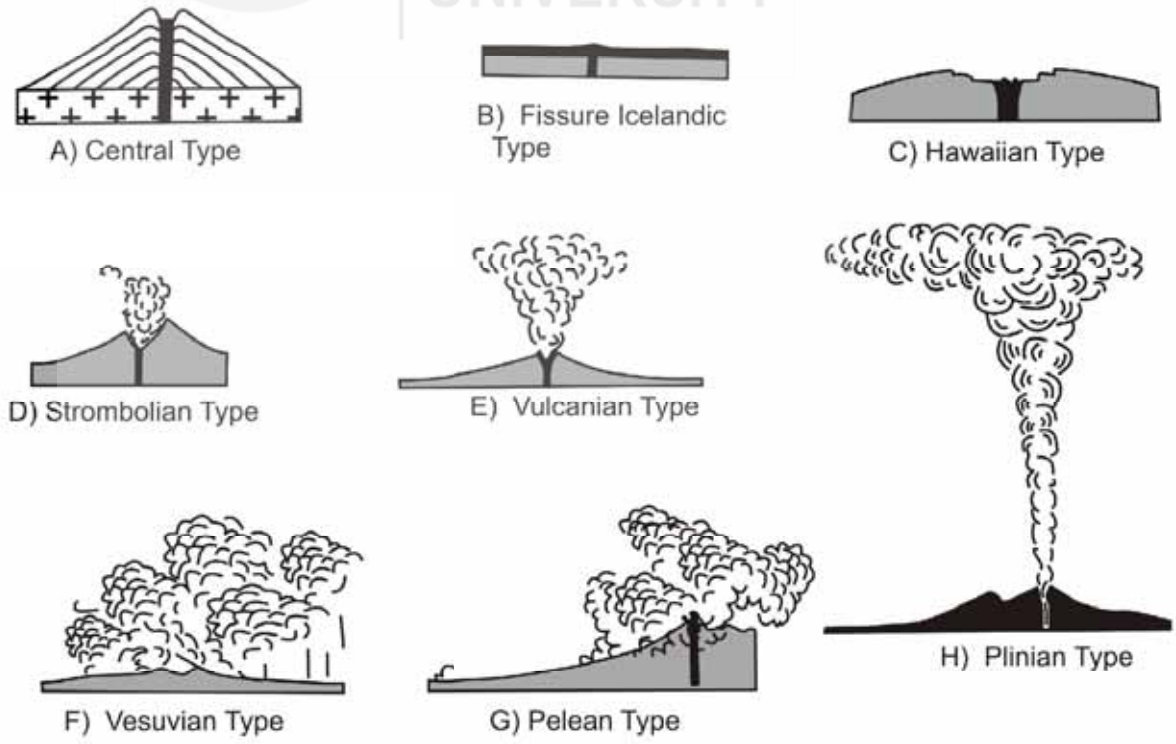


चित्र 4.8: ज्वालामुखियों के प्रकार (a) केन्द्रीय प्रकार (b) विदार प्रकार।

C) उद्‌गार के प्रकार के आधार पर ज्वालामुखी निम्न दो प्रकार के होते हैं :

- **विस्फोटक प्रकार (Explosive Type)**: इस स्थिति में लावा एसिडिक प्रकृति का होता है, अतः अपनी अत्यधिक श्यानता के कारण विस्फोटक उद्‌गार उत्पन्न करता है।
- **शांत प्रकार (Quiet Type)**: इस स्थिति में लावा बेसिक प्रकृति का होता है, जिसमें काफी तरल तथा कुछ गैसें भी होती हैं। इसके प्रभावस्वरूप उद्‌गार शांत होता है तथा लावा पतले स्तरों का निर्माण करता हुआ लंबी दूरी तय करता है।

D) इनके अलावा विस्फोट क्रिया के स्तर तथा उद्‌गार की प्रकृति आदि के आधार पर ज्वालामुखियों को कुछ और प्रकारों में भी बांटा गया है। इन्हें सारणी 4.4 में दर्शाया गया है।



चित्र 4.9: ज्वालामुखी और इसकी उद्‌गार शैलियों के विभिन्न प्रारूप : (a) केंद्रीय उद्‌गार (b) विदर, (c) हवाईयन (d) स्ट्रोंबोली, (e) वुल्केनियन, (f) विसुवियन (g) पीलियन एवं (h) प्लीनियन प्रकार।

सारणी 4.4: विस्फोट क्रिया के स्तर तथा उद्गार की प्रकृति के आधार पर ज्वालामुखियों के प्रारूप

प्रकार	हवाईयन प्रारूप (Hawaiian Type)	स्ट्रोंबोली प्रारूप (Strom-bolian Type)	वुल्केनियन प्रारूप (Vulcanian Type)	विसुवियन प्रारूप (Vesuvian Type)	पीलियन प्रारूप (Pelean Type)	प्लीनियन प्रारूप (Plinian Type)
उद्गार के प्रकार	नर्म और कोई विस्फोटक नहीं	अकस्मात् विस्फोटक उद्गार	कभी–कभी विस्फोटक	काफी विस्फोटक	अधिकांश विस्फोटक	अत्यंत विस्फोटक
उत्सर्जित पदार्थ का प्रकार	लावा गतिशील और पतला, फैलता हुआ, लावा की छोटी बूंदे धागों की तरह आकृति बना हवा द्वारा उड़ती रहती है जिन्हें **पेले हेयर** (Pele's hair) कहते हैं। काफी मात्रा में गैंसें धीर–धीरे उत्सर्जित होती रहती है।	लावा काफी श्यान होता है और इसके टुकड़े हवा में बिखर बम और सुषिरलावावत (Scoriaceous) पदार्थ निर्मित करते हैं।	लावा काफी श्यान होता है और शीघ्र ही ठोस हो जाता है। क्रमिक उद्गारों में काफी मात्रा में शैल खंड बाहर निकलते हैं। गैस अत्यधिक मात्रा मे सीधे बाहर निकलकर फूलगोभी जैसी आकृति बनाते हैं।	मैग्मा में ज्यादा गैसीय अवयवों के कारण विस्फोट होता रहाता है, जो अवयवों के टुकड़ों के साथ ऊपर फूलगोभी सी आकृति में स्तंभ का निर्माण करता उठता रहता है।	मैग्मा अत्यधिक श्यान होता है और ज्वालामुखीय नलियों में कठोर आवरण का निर्माण करता है। गैसें ज्वालामुखीय शंकु के किनारों से पिघले शैल पदार्थों और गैसों के हिमस्खलन सदृश्य निकलती हैं।	कई गैसें और ज्वालामुखीय उत्सर्जित पदार्थ अत्यधिक ऊंचाइयों तक फूलगोभी सदृश्य स्तंभाकार ऊपर की ओर उठते हैं। लावा के उत्सर्जन के बिना काफी टुकड़े उत्सर्जित होते हैं।
उदाहरण	हवाईयन ज्वालामुखी	स्ट्रांबोली ज्वालामुखी (सिसिली)	वुल्केनो (लिपरी, सिसिली)	विसूवियस (नाप्लेस के निकट)	मोन्ट पिली, (माटिनीक, वेस्ट इंडीज)	पोपेई, रोम

पेले हेयर नाम हवाई (Hawaii) में अग्नि की देवी **पेले** के नाम से दिया गया है। Stromboli को मेडीटेरेनियन के प्रकाशघर (lighthouse of Mediterranean) के रूप में जाना जाता है क्योंकि ज्वालामुखीय क्रियाओं के कारण अत्यधिक चमकीली गैसें उत्सर्जित होती रहती हैं।

प्लाइनियन प्रकार नाम प्लाइनी, कनिष्ट से आया है जिन्होंने टैक्टिस को लिखे अपने पत्र में वेसुवियस के उग्र उत्सर्जन का वर्णन किया था जिससे पौम्पाई और हरक्यूलियन शहर नष्ट हो गए थे। 8 मई 1851 के ज्वालामुखीय उद्गार से पौम्पाई में 40,000 लोगों की मृत्यु हो गई थी।

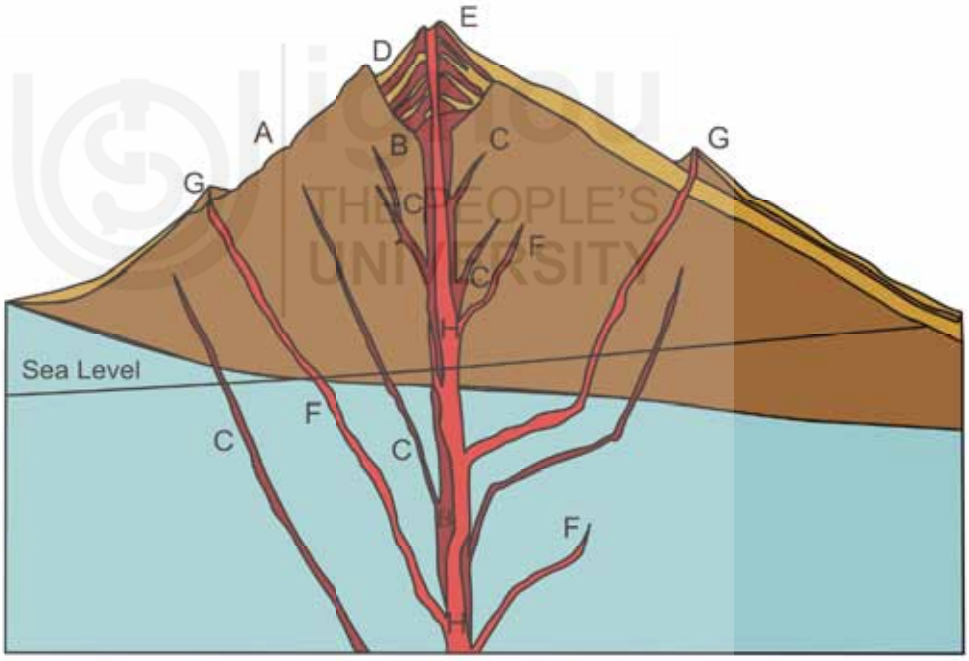
ज्वालामुखी विस्फोटकता सूचकांक (The Volcanic Explosivity Index, VEI) का आविष्कार क्रिस व्यूहाल (US Geological Survey) और स्टीफन सेल्फ (University of Hawaii) द्वारा 1982 में ज्वालामुखी उद्गार की विस्फोटक क्षमता के सापेक्षिक अध्ययन के लिए हुआ था।

4.4.3 ज्वालामुखीय भूआकृतियां

ज्वालामुखीय भू-आकृतियां उन भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं के द्वारा नियंत्रित होती हैं जिनसे वे निर्मित होती हैं और निर्माण के बाद भी उन पर सक्रिय होती हैं। ज्वालामुखीय भू-आकृतियों में ऊँचे और नीचे दोनों प्रकार की उच्चावच आकृतियाँ शामिल हैं। ऊँचे उच्चावच आकृतियों में पहाड़ियाँ, पर्वत, शंकु, पठार या उच्चभूमि मैदान आदि शामिल हैं। जबकि निचली आकृतियों में विवर (craters), ज्वालामुखी कुंड (caldera), विवर्तनिक गर्त (tectonic depression) आदि शामिल हैं।

ज्वालामुखीय भू-आकृतियों पर चर्चा से पूर्व हम एक ज्वालामुखी की विशेषताओं पर चर्चा कर लें। आपने कई बार समाचार पत्रों, पत्रिकाओं या टेलीविजन पर देखा होगा कि ज्वालामुखी कैसे दिखता है।

ज्वालामुखी सामान्यतः एक शंकु के आकार का होता है। एक विशिष्ट ज्वालामुखी की मुख्य विशेषताओं को चित्र 4.10 में दर्शाया गया है। **विवर** एक कटोरे के आकार का गड्ढा होता है, जो ज्वालामुखीय पर्वतों के शीर्ष पर निर्मित होता है और केंद्रीय मुख को घेरे होता है। विवर और ज्वालामुखीय शंकु ज्वालामुखी उद्‌गार से उत्सर्जित पदार्थों के एकत्रित होने से निर्मित होते हैं। सिसिली में एटना पर्वत के विवर का व्यास 300 मीटर है।



चित्र 4.10: **A७ मुख्य शंकु जो लावा और टफ से निर्मित होते हैं; B७ मुख्य नलिका; C७ डाइक; D७ उद्‌भेदी शंकु; E७ बाद में निर्मित डाइक; F७ गौण शंकु ; और G७ मुख्य शंकु।** (स्रोत : Holmes, 1981)

उच्च तथा निचली उच्चावच आकृतियों की चर्चा यहां दी गयी है।

A) **उच्च-उच्चावच आकृति** : इनका निर्माण शांत तथा विस्फोटक दोनों प्रकार के ज्वालामुखी उद्‌गारों से होता है। इनमें से कुछ निम्न हैं :

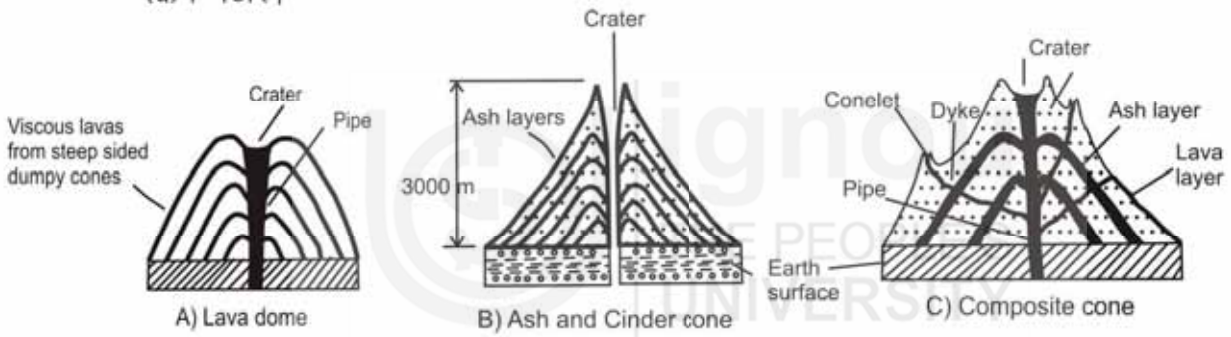
i. **लावा गुंबद (Lava dome७** यह एक उभरी हुई, खड़ी ढ़ाल वाली चट्टानी संरचना है। यह ऐसा प्रतीत होता है मानो लावा को टूथपेस्ट की तरह पार्श्व में ज्यादा बिखरे बिना निचोड़ लिया गया हो (चित्र 4.11b)।

ii. **सिंडर शंकु (Cinder cone)** ये केंद्रीय उद्गार के प्रकार के ज्वालामुखी हैं, खड़ी ढाल के साथ 30° से 40° वाले एकसमान झुकाव युक्त। जब ज्वालामुखीय मुखों से ज्वालखंडाश्मी शैल (pyroclasts) उत्सर्जित होते हैं, ये ठोस शैल खंड सिंडर शंकु का निर्माण करते हैं (चित्र 4.11b)।

iii. **मिश्र शंकु (Composite cone)** ये एकांतर लावा स्तर और ज्वालखंडाश्मी पदार्थों की परत से निर्मित अवतल आकृति के ज्वालामुखी होते हैं (चित्र 4.11c)। स्तरीकरण के कारण इन्हें स्ट्रेटो-ज्वालामुखी (strato-volcanoes) भी कहते हैं।

iv. **लावा शंकु (Lava cone)** ये लावा बहाव के कारण शांत प्रकार के उद्गार से उत्सर्जित लावा के इकट्ठा होने और जमने से निर्मित होते हैं। इन्हें प्लग-गुंबद (plug-dome) भी कहते हैं।

v. **शील्ड ज्वालामुखी (Sheild volcano)** एक लावा शंकु जो एक केंद्रीय मुख से लावा के लगातार प्रवाह से निर्मित होता है। श्यान लावा एक पठार सदृश्य आकृति बनाता है जो कई किलोमीटर तक विस्तृत हो सकता है, जैसे दक्कन पठार।



चित्र 4.11: ज्वालामुखीय शंकु– a) लावा गुंबद, b) भस्म एवं सिंडर शंकु और c) मिश्र शंकु।

B) **निचली - उच्चावच आकृति** : इनमें से कुछ निम्न हैं :

i) **विवर (Crater)** हम इसकी चर्चा पूर्व में कर चूके हैं।

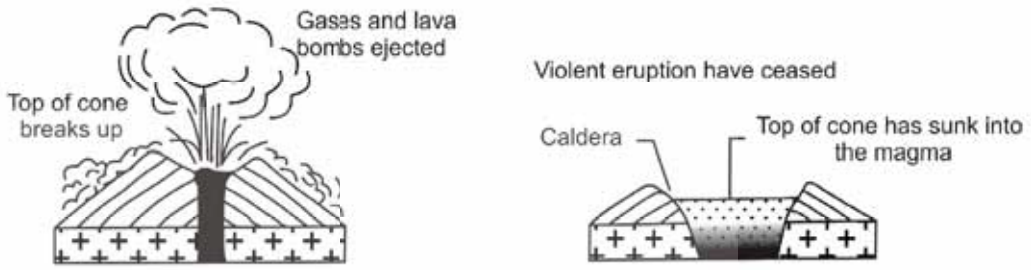
ii) **ज्वालामुखी कुंड (Caldera)** जब एक वृहत मैग्मा कक्ष से काफी मात्रा में मैग्मा शीघ्रता से मुक्त हो जाता है, तब यह कक्ष अपना ऊपरी भार संभाल नहीं पाता। इस स्थिति में, ऊपरी ज्वालामुखीय आकृति एक खड़ी ढाल वाली दीवार और घाटी सदृश्य वृहत विवर का निर्माण करती हुई ध्वस्त हो जाती है जिसे ज्वालामुखी कुंड (Caldera) कहते हैं (चित्र 4.12) उदाहरण, बुल्डाना झील (Buldana lake)। ये दो प्रकार के होते हैं-

- **विस्फोटक कार (Explosive type)** ये ज्वालामुखी क्रिया के विस्फोटक प्रभाव से उत्पन्न होते हैं (चित्र 4.12a)। शंकु का ऊपरी हिस्सा हवा में बिखर ज्वालामुखी कुंड का निर्माण करता है।

- **अवतलन कार (Subsidence type)** यह ऊपरी भाग के अवतलन से उत्पन्न होता है, क्योंकि नीचे से मैग्मा के उत्सर्जन से ऊपर वृत्ताकार दरार उत्पन्न हो जाती हैं (चित्र 4.12b)। जब ज्वालामुखीय क्रियाएँ समाप्त हो जाती हैं इन ज्वालामुखीय कुंडों में पानी भर जाता है जिससे

ज्वालामुखीय झीलें (Caldera lakes) निर्मित होती हैं, जैसे उत्तरी सुमात्रा की टोबा झील (Toba lake)।

iii) **लावा सुरंग (Lava Tunnels)**: लावा की परिधि में स्थित द्रव लावा कुछ दुर्बल क्षेत्रों से होकर बहता रहता है और लावा सुरंग का निर्माण करता है।



चित्र 4.12: ज्वालामुखीय कुंड का निर्माण और उनके प्रकार : a) विस्फोटक प्रकार और b) अवतलन प्रकार।

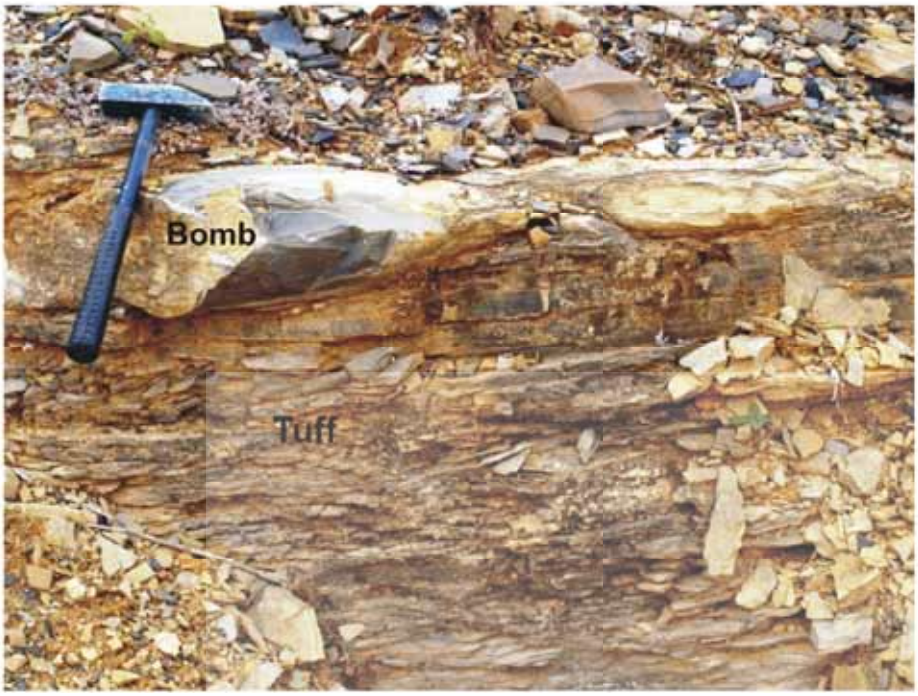
4.4.4 ज्वालामुखी उद्‌गार के उत्पाद

ज्वालामुखीय उद्‌गार में द्रव, ठोस और गैसीय उत्पाद शामिल होते हैं। आईये हम उनके बारे में जानें :

द्रव : मैग्मा एक पिघला हुआ शैल पदार्थ होता है जिसमें खनिज अवयव मिले हुये होते हैं। यह ज्वालामुखीय उद्‌गार का सबसे प्रमुख उत्पाद होता है। सामान्यतः मैग्मा का तापमान 1000° से 1200°C के मध्य होता है। पिघला हुआ शैल पदार्थ जो भूपटल के नीचे होता है 'मैग्मा' कहलाता है और जब यह भूपटल पर आ जाता है इसे 'लावा' कहते हैं। लावा अधिसिलिक (acicic, श्यान) या अल्पसिलिक (basic, अल्प श्यान या द्रवीय) हो सकता है। आप इसके बारे में और ज्यादा जानकारी BGYCT-135 पाठ्यक्रम में प्राप्त करेंगे।

ठोस : ज्वालामुखी उद्‌गार के दौरान विभिन्न आकार के ठोस उत्पाद भी बाहर आते हैं। इन्हें ज्वालखंडाश्मी पदार्थ (pyroclastic material) कहते हैं। अलग-अलग आकार और श्रेणी के इन पदार्थों को विभिन्न नामों से जाना जाता है, जो निम्न हैं :

- **ज्वालामुखी बम (Volcanic bombs)**: इसका आकार सामान्यतः 32 मिमी से अधिक होता है। ये द्रव के रूप में ज्वालामुखियों से बाहर आते हैं और हवा में बिखर ठोस में परिणीत हो जाते हैं। इनकी सतह चिकनी और आकार गोलाकार या आयताकार होता है (चित्र 4.13)।
- **लैपिली या सिंडर (Lapilli or cinder)**: इन्हे झाँवा (Pumice) शैल भी कहते हैं। इनका आकार 4 से 32 मि.मी. होता है।
- **टफ** (Tuff): ज्वालामुखीय राख से निर्मित चट्टानें टफ कहलाती हैं (चित्र 4.13)।
- **संज्वालाश्म (Agglomerate)**: ये ज्वालखंडाश्मी शैल होते हैं जो मुख्यतः 20 मि. मी. व्यास से बड़े अवयवों से निर्मित होते हैं।



चित्र 4.13: टफ् के साथ दीर्घवृत्तीय ज्वालामुखीय बम का क्षेत्र छायाचित्र। स्थान : सीधी जिला, मध्य प्रदेश (Photo Credit : Dr. Meenal Mishra)

गैस : ज्वालामुखीय गैसों का एक मुख्य भाग जल वाष्प है जो इनका लगभग 90% है। ये जल वाष्प या तो मूल मैग्मा से ही उत्सर्जित होते हैं अथवा ज्वालामुखीय क्षेत्र के भूमिगत जल के उबलने से निर्मित होते हैं। अन्य गैसों में NH_3, CO_2, N_2, SO_2, Cl_2, HCl, H_2S, हाइड्रोकार्बन गैसें और आर्सेनिक वाष्प शामिल हैं।

ज्वालामुखीय उद्गार के अंतिम चरणों से भी कुछ निश्चित आकृतियाँ संबद्ध होती हैं जैसे वाष्पमुख (fumaroles), उष्ण स्रोत (hot springs), उष्णोत्स (geysers), गाइज़राइट (geyserites), कैल्सियमी टफ (calcareous tuff) आदि।

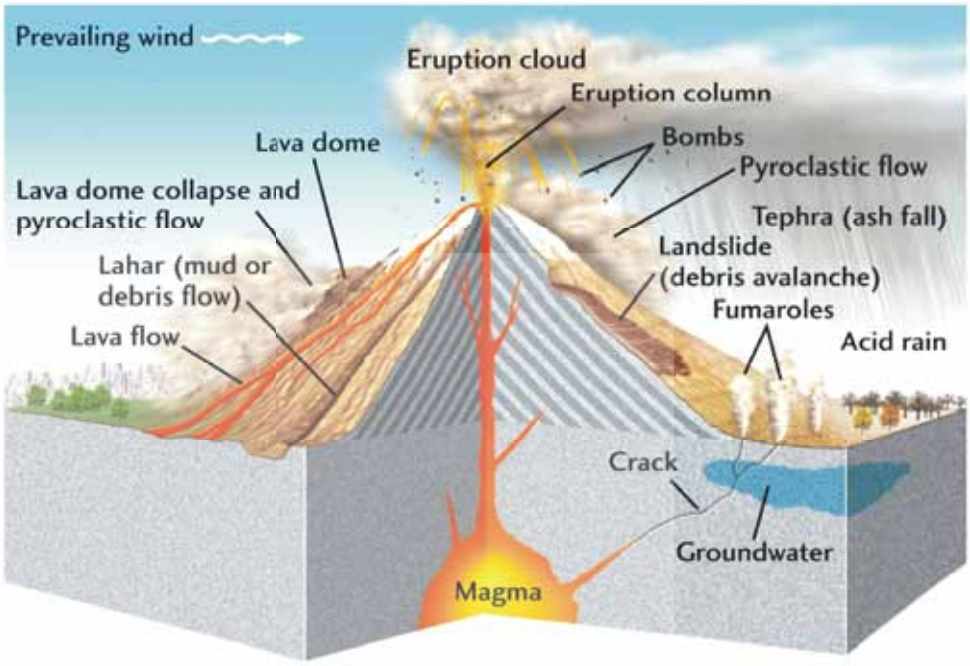
4.4.5 ज्वालामुखी उद्भव के प्रभाव

अब हम संक्षेप में ज्वालामुखीयों के प्रभाव के बारे में जानेंगे। मानव जीवन में इनकी भूमिका के आधार पर इन्हें मुख्यतः दो भागों में विभक्त किया जा सकता है- विध्वंसात्मक और रचनात्मक (चित्र 4.14)।

A) विध्वंसात्मक प्रभाव

- जीवन तथा संपत्ति की क्षति
- भूआकृति में परिवर्तन
- शहरों की क्षति
- बड़े क्षेत्र में लावा का फैल जाना
- अम्लीय वर्षा के कारण नुकसान
- वर्षा जल लावा में नहीं रुकता क्योंकि अपवादस्वरूप कुछ गुहिकाओं को छोड़कर यह इनमें रिस कर प्रवेश नहीं कर पाता। यह इन क्षेत्रों में जीवन को कठिन बनाता है।

- अकसर ज्वालामुखीय उद्‌गार विनाशकारी भूकंपों से संबद्ध होते हैं। मिट्टी और कृषि योग्य भूमि भी नष्ट हो जाती है।



चित्र 4.14: ज्वालामुखीय उद्‌गार से संबद्ध भूआकृतियाँ एवं अन्य प्रभाव।

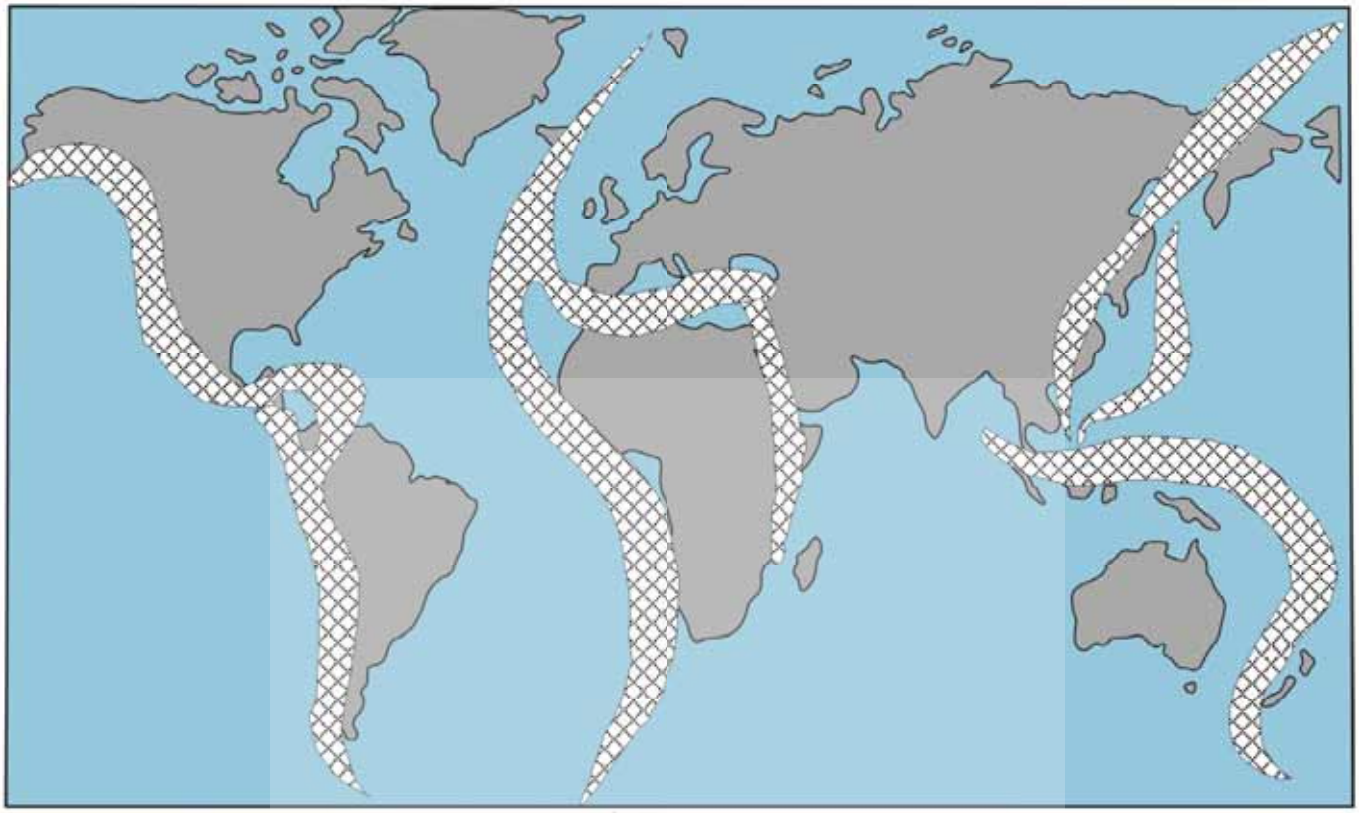
B) रचनात्मक प्रभाव

- लावा अपक्षय के पश्चात् शुद्ध पदार्थों से निर्मित उपजाऊ मृदा उत्पन्न करता है, उदाहरण जावा की मृदा तथा केंद्रीय तथा दक्षिणी भारत की काली मिट्टी।
- ज्वालामुखीय चट्टानों में बहुमूल्य तथा अल्पमूल्य रत्न पाये जाते हैं, जैसे दक्षिण अफ्रीका में हीरे मिलते हैं।
- ज्वालामुखीय उद्‌गारों और संबद्ध प्रक्रियाओं से काफी अयस्क तथा खनिज पदार्थ भी उत्पन्न होते हैं।
- ज्वालामुखी विवर झीलों और ज्वालामुखी कुंड झीलों का भी निर्माण होता है जो हमारे लिए स्वच्छ जल के स्रोत होते हैं, जैसे महाराष्ट्र की बुलदाना झील।

4.4.6 ज्वालामुखीय कटिबन्ध का वितरण

पृथ्वी पर लगभग सभी सक्रिय और सुप्त ज्वालामुखी तीन मुख्य ज्वालामुखीय कटिबंधों में केन्द्रित हैं। ये निम्न हैं (चित्र 4.15)।

1. **प्रशांत कटिबंध** (Pacific belt): यह प्रशांत महासागर के चारों ओर स्थित है और इसे 'ज्वालामुखी माला' (Ring of Fire) कहते हैं।
2. **अटलांटिक कटिबंध** (Atlantic belt): इसके अंतर्गत वेस्ट इंडीज, पूर्वी अटलांटिक, आइसलैंड और सेंट हेलेना आते हैं।
3. **यूरेशियन कटिबंध** (Eurasian belt): इसके अंतर्गत इटली, पूर्वी मेडीटेरेनियन, म्यांमार और इंडोनेशिया आते हैं।



चित्र 4.15: ज्वालामुखी कटिबंधों का वितरण दर्शाता विश्व मानचित्र।
(स्रोत : www.geology.isu.edu)

इस भाग में हमने ज्वालामुखी, इनके कारण, प्रभाव और वितरण आदि का अध्ययन किया। अब आप अपनी प्रगति जांचें।

बोध प्रश्न 2

a) ज्वालामुखी को परिभाषित करें।

b) भारतीय उपमहाद्वीप में ज्वालामुखीय गतिविधि का उदाहरण दें और उत्सर्जन का प्रकार भी बताएं।

c) विश्व के प्रमुख ज्वालामुखीय कटिबंधों का नाम बताएं।

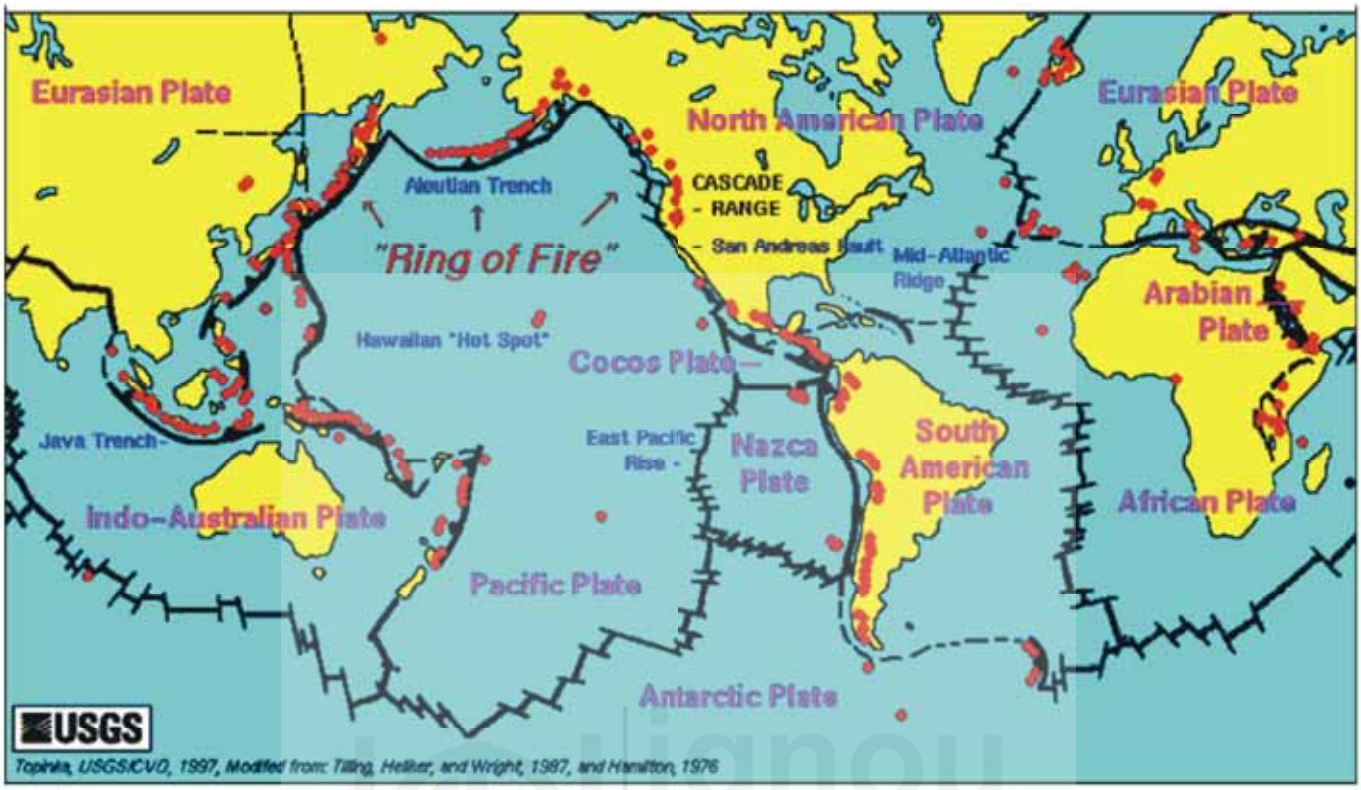
d) ज्वालामुखीय घटना क्या है?

4.5 भूकंप और ज्वालामुखी कटिबंधों में संबंध

आपने पिछले अनुभागों में पढ़ा है कि भूकंप और ज्वालामुखी विश्व मानचित्र के कुछ कटिबंधों में ही केन्द्रित हैं। यदि आप चित्र 4.6 और 4.15 का ध्यानपूर्वक अवलोकन करें तो पाएंगे कि भूकंप और ज्वालामुखी कटिबंध लगभग एक-दूसरे से मिलते और आच्छादित करते हैं। चित्र 4.16 में हम उपरोक्त चित्रों और प्लेट सीमाओं में संबंध का अवलोकन कर सकते हैं।

यह भूकंप और ज्वालामुखी कटिबंधों का प्लेट सीमाओं से संबंध को दर्शाता है। आप प्लेट सीमाओं के विषय में इस पाठ्यक्रम की इकाई 16 में पढ़ेंगे। वे भूकंप जो इस कटिबंध के अंतर्गत नहीं आते वो अकसर गौण विवर्तनिक प्लेटों और अन्य स्थानीय कारणों से सम्बद्ध होते हैं। प्लेट विवर्तनिक सिद्धान्त के आविर्भाव के पहले ही भूवैज्ञानिकों ने ज्ञात कर लिया

था कि ज्वालामुखी प्रशांत महसागर के चारों ओर केन्द्रित हैं, जिसे 'ज्वालामुखी माला' (Ring of Fire) उपनाम दिया गया।



चित्र 4.16: भूकंपों, ज्वालामुखियों और प्लेट सीमाओं में संबंध दर्शाता मानचित्र जिसमें ज्वालामुखी माला (Ring of Fire) भी दर्शाया गया है। (स्रोत :www.geology.isu.edu)

4.6 सूनामी

महासागरीय सतह में तरंगें जो ज्वार की वजह से उठती और गिरती रहती हैं। यद्यपि कुछ घटनाओं के कारण तरंगों की श्रृंखला (wave trains) उत्पन्न होती हैं जिसमें कई तरंगें शामिल होती हैं; प्रारम्भिक तरंगें सामान्य तरंग से बड़ी होती हैं और इसके बाद इससे बड़ी तरंगें उत्पन्न होती रहती हैं। ये तरंगें महासागर में काफी वेग से गतिशील रहती हैं और तटीय रेखा के निकट के उथले जल में बड़ी तरंगों के रूप में परिणीत हो जाती हैं। इन विशाल तरंगों को **सूनामी** या **बन्दरगाह तरंग** या **भूकंपीय समु ी-ारा** कहते हैं; जो कि काफी ऊंची और शक्तिशाली होती हैं।

4.6.1 कारण

जब महासागरीय सतह पर अचानक किसी गतिविधि की वजह से जलस्तर में आकस्मिक परिवर्तन आता है तो सूनामी उत्पन्न होती है। सूनामी के उत्पन्न होने के कई कारण हो सकते हैं जैसे अंतरसागरीय भूकंप, भूस्खलन, बड़े भूकंपीय उद्गार अथवा महासागरीय जल पर उल्कीय प्रभाव। ये घटनाएँ जल की एक बड़ी मात्रा को विस्थापित करती हैं जिससे अस्थिरता उत्पन्न होती है जो तरंगों में परिवर्तित हो जाती हैं। ये तरंगें महासागर पर 800 किमी प्रति घंटे की रफ्तार से गतिशील होती हैं। यद्यपि, सूनामी की पहचान महासागर के मध्य में जहाँ पानी गहरा होता है आसान नहीं होती, लेकिन जब ये कम गहराई वाले तटीय क्षेत्रों के नजदीक पहुँचती हैं तब तीव्र और ऊँची हो जाती हैं। ये तरंगें जल की गतिशील दीवार, जो 20 मी से भी ज्यादा ऊँची हो सकती है के रूप में

विकसित हो काफी विनाशकारी हो सकती हैं। 1883 में इंडोनेशिया में आई सूनामी में इन तरंगों की ऊँचाई लगभग 40 मी तक देखी गई थी।

ज्यादातर सूनामी बड़े भूकंपों के कारण आती हैं जो समुद्री सतह पर चट्टानी खंडों की एक-दूसरे के सापेक्ष गति के कारण ऊपर स्थित जल स्तर में अचानक परिवर्तन के कारण उत्पन्न होता है। उत्पन्न तरंगें भूकंप के स्रोत से दूर बढ़ती हैं। अंतरसागरीय भूस्खलन ही नहीं धरती पर हुये भूस्खलन का मलबा भी यदि महासागर में गिरे तो सूनामी उत्पन्न हो सकती है। यद्यपि ज्वालामुखीय उद्‌गार के कारण सूनामी इतनी सामान्य नहीं है, किन्तु एक ज्वालामुखीय उद्‌गार से भूस्खलन हो सकता है जिससे सूनामी उत्पन्न हो सकती है। उल्कीय प्रभाव भी सूनामी का कारण बन सकता है।

वर्श 2004 की सूनामी के बाद भारतीय राष्ट्रीय महासागर सूचना सेवा केंद्र (INCOIS) जो पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय (MoES) के अंतर्गत आता है, ने भारतीय तटवर्ती क्षेत्रों में सूनामी की पूर्व चेतावनी देने के लिए एक चेतावनी तंत्र भी विकसित किया है।

4.6.2 प्रभाव

सूनामी को पूर्व में प्रशांत महासागर को घेरे 22 देशों से ही सम्बद्ध माना जाता था, किन्तु दिसंबर 2004 में आई सूनामी ने हिन्द महासागर से संबद्ध देशों में भी जिनमें भारत भी शामिल है में जीवन और संपत्ति के भारी नुकसान के कारग चिंता उत्पन्न कर दी। यद्यपि, छोटे स्तर के सूनामी लगभग रोज ही आते रहते हैं जिनका नगन्य अथवा कोई असर नहीं पड़ता; किन्तु बड़े स्तर के सूनामी का जीवन, संपत्ति और भूआकृतियों पर विनाशकारी प्रभाव पड़ता है जिसकी भरपाई नहीं की जा सकती। सूनामी के प्रभाव की तीव्रता कई कारकों पर निर्भर करती है, जैसे (a) सूनामी उत्पन्न करने वाले कारक का परिमाण और (b) इसकी तटरेखा से दूरी। एक आकलन के अनुसार 1850 के बाद से लगभग 4.3 लाख लोगों की जान सूनामी के कारण गई है। हाल ही मार्च 2011 की सूनामी जो जापान में आई थी, में 18,550 लोग मारे गए अथवा लापता हो गए।

सूनामी के संभावित परिणाम निम्न हो सकते हैं :

- जीवन, वृक्षों और प्राकृतिक संसाधनों का भारी नुकसान
- संपत्ति, अपशिष्ट निकासी तथा जल वितरण प्रणाली आदि को क्षति
- मृदा लवणता में परिवर्तन से खाद्यान्न उत्पादन पर प्रभाव
- भयानक बाढ़
- एकत्रित और अशुद्ध पानी, अवशिष्ट, मलबे और नुकसानदेह तथा विषैले पदार्थों के मिश्रण से मृदा एवं जल प्रदूषण आदि के कारण बीमारियाँ
- पर्यावरण पर प्रभाव

4.7 सारांश

अंतरजनित प्रक्रियाएँ पृथ्वी के अंदर उत्पन्न होती हैं, जिन्हे भू-निर्माण प्रक्रिया भी कहते हैं। ये जीवन को कायम रखने में उपयोगी मानी जाती हैं। इस इकाई में हमने ज्वालामुखियों, भूकंपों और सूनामी के बारे में जाना। इस इकाई में हमने जो सीखा आइये उसे संक्षेप में देखें :

- भूकंपों के सबसे महत्वपूर्ण कारण विवर्तनिक हैं। प्लेट विवर्तनिकी के दौरान प्लेटों की सीमाओं के सहारे गति भीषण भूकंपों का कारण बनती है।
- भूकंपीय तरंगें उद्‌गम केंद्र से उत्पन्न होती हैं। प्राथमिक तरंगें तीव्र होती हैं। द्वितीयक तरंगें धीमी होती हैं, किन्तु दीर्घ तरंगें सर्वाधिक धीमी होती हैं और भूपटल तक सीमित रहती हैं।
- भूकंप की सबसे आम मापक रिक्टर मापक है जो भूकंप के परिमाण को निरूपित करती है। भूकंपलेखी यंत्र भूकंप का अभिलेखन करता है और तीव्रता, तिथि और समय के साथ प्राप्त अभिलेख को भूकंप अभिलेख कहते हैं।
- भूकंप कई तरीकों से नुकसान पहुँचा सकता है जैसे भ्रंश की क्रिया और कंपन, भूस्खलन, सूनामी और अग्निकांड।
- ज्वालामुखी को एक ऐसी भूआकृति से परिभाषित किया जा सकता है जो लावा, गैस या राख उत्सर्जित करता हो अथवा अतीत में कभी कर चुका हो। ये एक केंद्रीकृत द्वार या मुख होता है जिनसे गैसें, गर्म द्रव या ठोस में पिंडित पिघले पदार्थ बाहर उत्सर्जित होते हैं।
- अंतिम उद्‌गार के आधार पर ज्वालामुखी सक्रिय, सुप्त अथवा मृत प्रकार के हो सकते हैं। ज्वालामुखी कुंड विस्फोटक अथवा अवतलन प्रकार के हो सकते हैं।
- ज्वालामुखियों से उत्सर्जित द्रव काफी गर्म होता है, जब यह भूपटल के नीचे होता है तब इसे मैग्मा कहते हैं तथा जब यह भूसतह के ऊपर आ जाता है तब यह लावा कहलाता है। ज्वालामुखी उद्‌गार गैसीय, द्रव तथा ठोस रूप में हो सकते हैं। विभिन्न प्रकृतियों और निष्कासित पदार्थों के आधार पर ज्वालामुखियों के सात प्रकारों की पहचान की गई है।
- ज्वालामुखी उद्‌गार के विभिन्न कारणों में ज्यादातर प्लेट विवर्तनिकी से जुडे प्रतीत होते हैं जिसमें अवतलित हो रही प्लेट पिघलती है और पिघलते पदार्थ को ज्वालामुखीय उद्‌गार के रूप में उत्सर्जित करते हैं।
- ज्वालामुखी भूकंपीय कटिबंधों में भी पाये जाते हैं। दोनों कटिबंध लगभग आपस में मिलते हैं और स्थलमंडलीय प्लेट के किनारों से जुड़ी प्रतीत होती हैं।
- सूनामी विशाल तरंगें होती हैं जो अंतरसागरीय घटनाओं जैसे भूकंप, भूस्खलन या ज्वालामुखीय या उल्कीय प्रभाव के कारण उत्पन्न होती हैं और जीवन, संपत्ति तथा पर्यावरण को नुकसान का कारण बनती हैं।

4.10 क्रियाकलाप

1. अपने निकट के महाविद्यालय/विश्वविद्यालय या संस्थान की उस प्रयोगशाला का भ्रमण करें जिसमें भूकंप लेखी (सिस्मोग्राफ) हो। देश में इस तरह की कई प्रयोगशालाएँ हैं। भूकंप लेखी और इसके घटकों का अवलोकन करें। यदि उपलब्ध हो सके तो पिछले दिन का भूकंप लेखी (सिस्मोग्राम) देंखें और इसका अध्ययन करें। वर्तमान का सिस्मोग्राम भी देखें। इसमें आपके कदमों की आहट भी दर्ज हुई

होगी। अपने आने के समय को जांच कर इससे मिलाएँ।

2. ज्ञात करें कि आपका शहर किस भूकंपीय वर्ग के अंतर्गत आता है।

3. भुवन या गूगल अर्थ अथवा ऐसे ही किसी अन्य माध्यम का अध्ययन करें और ढूंढें कि भारत में बैरन द्वीप (Barren island) कहाँ स्थित है और यह किसलिए प्रसिद्ध है।

4. भुवन या गूगल अर्थ अथवा ऐसे ही किसी अन्य माध्यम पर अंडमान निकोबार के त्रिंकट द्वीप (Trinkat island) की हालिया तस्वीरें देखें। ज्ञात करें कि दिसंबर 2004 से पूर्व यह कैसा दिखता था। आप इसमें क्या परिवर्तन पाते हैं और इसका कारण क्या है?

5. दक्कन ट्रैप क्षेत्र को ढूँढ़ें और खोजें कि यह किन राज्यों में वितरित है। दक्कन ट्रैप ज्वालामुखीय उद्गार के वितरण को दर्शाता एक मानचित्र तैयार करें।

4.11 सात्रिक प्रश्न

1. आप भूकंप की तीव्रता और परिमाण से क्या समझते हैं?
2. भूकंप से होने वाले नुक़सानों के प्रकारों की सूची बनाएँ।
3. ज्वालामुखीय गतिविधियों के कारण विकसित भूआकृतियों का वर्णन करें।
4. ज्वालामुखी के नुकसानदायक और लाभदायक प्रभावों का वर्णन करें।

4.12 संदर्भ

- Fletcher, C. (2011) Physical Geology: The Science of Earth, John Wiley & Sons, 679p.
- Holmes, A. (1981) Principles of Physical Geology, Thomas Nelson and Sons Ltd., 36, Park Street London.
- http://abyss.uoregon.edu/~js/images/earthquake_concen.gif
- www.geology.isu.edu
- http://nidm.gov.in/safety_earthquake.asp www.preteristarchive.com/ARTchive/Charts/Preterist/Critical/im-eqke1.gif

(वेबसाईट 20 सितम्बर 2013 को देखे गए)

14.13 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Dutta, A.K. (2010) Introduction to Physical Geology, Kalyani Publishers, Ludhiana.
- Mahapatra, G.B. (2012) A Textbook of Geology, CBS Publishers, New Delhi.

14.13 उत्तर

बोध प्रश्न 1

1. a) भूकंप एक अचानक और अस्थाई रूप से भूकंपीय तरंगों के कारण धरती का कंपन है, जो भूसतह के नीचे चट्टानों में एकत्रित ऊर्जा के अचानक मुक्त होने से उत्पन्न होता है।

   b) उत्पत्ति की गहराई के आधार पर भूकंप तीन प्रकार के पाये गए हैं यानि गहरे, मध्य केंद्रित और सामान्य गहराई के भूकंप।

   c) दीर्घ तरंगें सर्वाधिक धीमी होती हैं और वो भूकंप के समय भूपटल को नुकसान पहुँचती हैं।

   d) अभिलेखन की तैयारी और प्रस्तुति भूकंप-लेखी द्वारा होती है, जिसे 'भूकंप अभिलेख' (seismograms) कहते हैं।

2. a) ज्वालामुखी एक पहाड़ी या पर्वत है जो भूसतह पर उत्सर्जित पदार्थों के एकत्रित होने से निर्मित होता है (ठोस, द्रव, और/अथवा गैस)।

   b) इसे दक्कन ट्रैप कहते हैं जो कि दक्षिण भारत में अवस्थित है। यह एक विदर उद्गार (fissure eruption) है।

   c) तीन ज्वालामुखीय कटिबंध पाये गए हैं- (a) प्रशांत कटिबंध, (b) अटलांटिक कटिबंध और (c) यूरेशियाई कटिबंध।

   d) ज्वालामुखीय उद्गार एक प्रक्रिया है जो ज्वालामुखियों की रचना करता है और जिसमें स्थलमंडल से लावा का उत्सर्जन होता है जो ठोस होकर ज्वालामुखीय शैलों और भूआकृतियों में परिवर्तित हो जाता है।

सात्रिक प्रश्न

1. आपको पहले तीव्रता और परिमाण की परिभाषा देनी चाहिए और यदि हों तो अंतर बताना चाहिए। उत्तर के लिए उपअनुभाग 4.3.4 देखें।

2. भूकंप से होने वाले नुकसानों की चर्चा उपअनुभाग 4.3.7 में की गई है। इस प्रश्न के उत्तर के लिए इसका अवलोकन करें।

3. ज्वालामुखियों से निर्मित भूआकृतियों का उल्लेख उपअनुभाग 4.4.3 में किया गया है। अपने उत्तर के लिए उक्त उपअनुभाग का अवलोकन करें। अपने उत्तर में उच्च व अवतलित उच्चावचों को भी शामिल करें।

4. आपके उत्तर में ज्वालामुखी से जुड़े सृजनात्मक तथा विध्वंशात्मक दोनों प्रभावों के उल्लेख शामिल होने चाहिए। अपने उत्तर के लिए उपअनुभाग 4.4.5 का अवलोकन करें।

शब्द संग्रह

निरपेक्ष आयु : यह किसी भूवैज्ञानिक घटना या लक्षण या एक जीवाश्म की भूवैज्ञानिक आयु है जिसे समय की इकाइयों में विशिष्ट संख्या में व्यक्त किया जाता है।

बेसाल्ट : यह एक गहरे रंग का महीन कणों वाला आग्नेय शैल है जो मुख्य रूप से प्लेजियोक्लेज़ और पाइरॉक्सीन खनिजों से बना होता है। यह आमतौर पर एक बहिर्वेधी शैल के रूप में बनता है, जैसे एक लावा प्रवाह, लेकिन यह छोटे अंतर्वेधी पिंडों में भी बन सकता है, जैसे आग्नेय डाइक या पतली सिल।

जैव–भूरसायन : यह भूवैज्ञानिक, रासायनिक, भौतिक और जैविक प्रक्रियाओं और प्रतिक्रियाओं के अध्ययन से संबंधित है जो प्राकृतिक पर्यावरण के संयोजन को नियंत्रित करता है। इसमें वायुमंडल, जैवमंडल, जलमंडल, स्थलमंडल और मृदामंडल शामिल हैं।

ि स्टल : यह खनिज का क्रिस्टलीय रूप है। विभिन्न खनिजों के क्रिस्टलों का अपना विशेष रूपगुण होता है जो उसकी परमाणु संरचना का प्रतिबिंब है।

ायोस्फीयर ईहिममंडल७: क्रायोस्फीयर या हिममंडल (ग्रीक *क्रायोस* ठंडा, तुहिन, ठंड या बर्फ और *स्फैरा* ग्लोब) पृथ्वी की सतह का वह हिस्सा है जहां जल ठोस अवस्था में होता है जैसे बर्फ, हिम और हिमनद के रूप में।

निगमनात्मक तर्कण : यह परिकल्पना को विकसित करने के लिए तार्किक निष्कर्ष निकालने की प्रक्रिया है।

योग : यह एक प्रकार का परीक्षण है जिसे इस प्रकार से डिज़ाइन किया जाता है जो भूवैज्ञानिक को नियंत्रित स्थितियों के तहत जानकारी इकट्ठा करने में मदद करता है।

फेल्सपार : इस समूह में पोटेशियम, सोडियम, कैल्शियम और एल्यूमीनियम सिलिकेट्स वाले खनिजों शामिल है। वे पृथ्वी की पर्पटी पर सबसे प्रचुर मात्रा में पाये

जाने वाले और शैल बनाने वाले सामान्य खनिज हैं। वे आग्नेय, कायांतरित और अवसादी शैलों में पाये जाते हैं।

फेल्सिक शैल : यह उन आग्नेय शैलों को संदर्भित करता है जिनमें 65% से अधिक सिलिका पायी जाती है।

जीवाश्म : वनस्पति या जीव का अवशेष जो शैलों में किसी प्रक्रिया के माध्यम से आंशिक रूप से या पूर्ण रूप में संरक्षित होता है।

गैब्रो : यह एक मोटे कणों वाली अंतर्वेधी आग्नेय शैल है, जो खनिज संरचना में बेसाल्ट के समान है, लेकिन इसका घनीभवन / पिंडन बहुत धीरे–धीरे होता है जिसके कारण बड़े क्रिस्टल बनते है। यह आम तौर पर बड़े पैमाने पर अंतर्वेधी आग्नेय पिंडों जैसे प्लूटॉन और महास्कंध में पाया जाता है।

रत्न : दुर्लभ खनिज जो असामान्य भूगर्भीय परिस्थितियों में बनते हैं और अपनी बहुमूल्यता के लिए जाने जाते हैं।

भू–तापीय □र्जा : यह पृथ्वी के आंतरिक भाग में ऊष्मा ऊर्जा का विशाल भंडार है, जिसकी अभिव्यक्ति सतह पर ज्वालामुखी, वाष्पमुख, गाइजर (उष्णोत्स), और गर्म झरने के तौर पर होती हैं। वर्तमान में भू–तापीय ऊर्जा का व्यावसायिक उपयोग विद्युत उत्पादन के लिए किया जा रहा है।

भूतापीय ढाल : यह पृथ्वी में गहराई के साथ तापमान में वृद्धि की दर है।

ग्रेनाइट : यह एक मोटे कणों वाली आग्नेय शैल है जिसमें क्वार्ट्ज, फेल्सपार, और अभ्रक खनिज होते हैं। इसका संघटन महाद्वीपीय पर्पटी की औसत संयोजन से मेल खाता है। यह अभिसारी (विनाशकारी) प्लेट सीमा पर बनती है और आमतौर पर वलित पर्वतों में पायी जाती है।

परिकल्पना : यह एक परीक्षण योग्य शिक्षित अनुमान है जो किसी घटना को समझाने का प्रयास करता है।

म□यवत□ शैल : यह उन चट्टानों को संदर्भित करता है जिनमें 55 से 65% के बीच सिलिका पायी जाती है।

मैफ़िक शैल : इन शैलों में सिलिका की मात्रा 44 से 55% के बीच होती है।

समु ी भूविज्ञान या भूगभ□य समु शास्त्र : इसमें महासागरीय द्रोणीयों और तटीय सीमाओं पर भूभौतिकीय, भू–रासायनिक, अवसादी और पुरातात्विक अध्ययन और जांच शामिल हैं।

मध्यमंडल : यह समताप मंडल के ऊपर स्थित है और पृथ्वी की सतह से 50 से 90 कि. मी. की उंचाई तक फैला एक ठंडा क्षेत्र है। मध्य मंडल के भीतर, एक परत होती है जिसे रेडियो–तरंगों को अवशोषित करने वाली परत कहा जाता है।

औसत समु तल : यह ज्वार के सभी चरणों को देखते हुए, पिछले 19 वर्षों की अवधि में समुद्र का औसत तल है।

मध्य महासागरीय कटक : यह एक अपसारी (रचनात्मक) प्लेट सीमा पर दो महासागरीय प्लेटों के बीच का संधिस्थल है। कटक में बेसाल्टिक ज्वालामुखियों की एक समुद्र के नीचे पायी जाने वाली पर्वत श्रृंखला होती है जिनकी उंचाई निकटवर्ती समुद्र अधस्तल की तुलना में 1.5 कि. मी. तक अधिक होती है।

मिल्की वे गैलेक्सी : यह ब्रह्मांड में मौजूद करोड़ों आकाशगंगाओं में से एक है जिनका एक भाग हमारा सौर मंडल भी है।

खनिज : यह एक विशिष्ट रासायनिक संरचना वाले प्राकृतिक रूप से पाये जाने वाले अकार्बनिक ठोस पदार्थ हैं। जो हमारे लिए बहुत उपयोगी हैं।

महासागरीय खा६ : ये महासागर तल की एक लम्बी द्रोणी जो एक ज्वालामुखी द्वीप /चाप या पर्वत माला के समानांतर पायी जाती है। महासागरीय खाइयाँ महासागरों का सबसे गहरा हिस्सा होती हैं और 11 कि. मी. तक गहरी हो सकती हैं। वे ऐसे स्थान हैं, जहां महासागरीय स्थलमंडल दुर्बलतामंडल में अधिगमित हो जाते है, जैसे पेरू–चिली खाई जो दक्षिण अमेरिका के पश्चिमी तट के समानांतर है।

महासागरीय पर्पटी : यह महासागर की घाटियों में बनने वाली पर्पटी है। यह संरचना में बेसाल्टिक है, और इसमें ऊपरी परत में शिरोधान लावा, मध्य क्षेत्र में ऊर्ध्वाधर डोलराइट डाइक और निचली परत में गैब्रो शामिल है। सबसे पुरानी महासागरीय पर्पटी करीब 200 मिलियन वर्ष पुरानी है।

पुराचुंबकत्व : यह शैलों में पाया जाने वाला प्राकृतिक अवशेष चुंबकत्व है। शैल द्वारा अधिग्रहित स्थायी चुंबकीयकरण का उपयोग चुंबकीय ध्रुवों के स्थान और शैलों के अक्षांश के समय को निर्धारित करने के लिए किया जा सकता है।

भू–आकृति विज्ञान : यह पृथ्वी की सतह की भू–आकृतिक विशेषताओं के अध्ययन से संबंधित है, जो पृथ्वी की सतह पर कार्य करने वाली विभिन्न बाह्य जनित प्रक्रियाओं के परिणामस्वरूप उत्पन्न होते हैं।

प्लूटॉन : मध्यम आकार के अंतर्वेधी आग्नेय शैल का पिंड जो 100 कि. मी. वर्ग तक के क्षेत्रफल में फैला होता है। यह अंडाकार या वृताकार होता है उदाहरण – उच्च हिमालय में गंगोत्री प्लुटोन।

ध्रुवीय परिभ्रमण परिकल्पना : 1950 के दशक में पराचुंबकत्व अध्ययन के परिणामस्वरूप शोधकर्ताओं ने प्रस्ताव दिया कि या तो चुंबकीय ध्रुव समय के साथ पलायन कर गए या महाद्वीप धीरे–धीरे अपनी स्थिति बदल गए।

क्वार्ट्ज : फेल्सपार के बाद, यह पृथ्वी की महाद्वीपीय पर्पटी पर दूसरा सबसे प्रचुर मात्रा में पाया जाने वाला खनिज है और कई शैलों का महत्वपूर्ण घटक है।

सापेक्ष आयु : यह किसी भूवैज्ञानिक घटना या लक्षण या जीवाश्म का भूवैज्ञानिक आयु है जिसे समय की इकाइयों में विशिष्ट संख्या के बजाय अन्य जीवों, चट्टानों, लक्षणों या घटनाओं के सापेक्ष व्यक्त किया जाता है।

शैल : यह खनिजों के संयोजन से निर्मित होते है उदाहरण – बेसाल्ट और ग्रेनाइट।

अवसादी शैल : यह पहले से विद्यमान शैलों के अपक्षय उत्पादों से निर्मित शैल है जो परिवहन, निक्षेपण और शीलीभवन द्वारा बनते हैं।

उथला–केंद्रित भूकंप : वे भूकंप जिसका फोकस 60 किलोमीटर से कम की गहराई पर होता है।

समताप मंडल : यह 16 से 50 कि. मी. की उंचाई पर वायुमंडल की परत है। यहाँ हवा ठहरी हुई होती है। यह धूल के बादल और जल वाष्प से मुक्त है। ऊपरी स्तर ओजोन में समृद्ध है।

स्ट्रोमेटोलाइट : वे प्रारंभिक सूक्ष्मजीवी समुदाय हैं जिनके जीवाश्म पहली बार आर्कियन शैलों से वर्णित किए गए हैं।

सिद्धांत : यह एक परिकल्पना है जिसका अनेको बार परीक्षण किया जा चुका है और जिसे आमतौर पर सत्य माना जाता है। सफल सिद्धांतों का एक उदाहरण प्लेट विर्वतनिकी सिद्धांत है।

तापमंडल : वायुमंडल का एक हिस्सा जो 80 और 600 कि. मी. के बीच मध्यमंडल पर विस्तृत है।

क्षोभमंडल : यह वायुमंडल की सबसे निचली लेकिन महत्वपूर्ण परत है। जिसकी औसत ऊँचाई 16 किमी है। यहाँ मौजूद हवा में हम सांस लेते हैं।

तुफा या टफ् : ज्वालामुखी से निकाली राख और शैल के छोटे टुकड़ों (आकार में 2 मिमो से कम) से निर्मित आग्नेय शैल।

अतिमैफ़िक शैल : यह उन चट्टानों को संदर्भित करता है जिनमें 44% से कम सिलिका होती है।

एकरूपतावाद : यह भूविज्ञान में अपनाए जाने वाले सबसे मौलिक सिद्धांतों में से एक है। यह सिद्धांत जेम्स हटन ने 1785 में प्रतिपादित किया था जिसका अर्थ है 'वर्तमान अतीत की कुंजी है'। पृथ्वी पर कार्यरत वर्तमान प्रक्रियाएं अपने रहस्यों को सुलझाने के लिए संकेत प्रदान करती हैं।

NOTE

NOTE

NOTE

MPDD/IGNOU/P.O.1.8K/August, 2019

ISBN : 978-93-89668-15-5