

1. पृथ्वी की आन्तरिक संरचना

आन्तरिक संरचना: सूचना स्रोत

पृथ्वी के आन्तरिक भाग की वास्तविक स्थिति तथा उसकी बनावट के विषय में सही ज्ञान प्राप्त करना असम्भव नहीं तो कठिन कार्य अवश्य है, क्योंकि पृथ्वी का आन्तरिक भाग मानव के लिए दृश्य नहीं है। यद्यपि पृथ्वी का आन्तरिक भाग भूगोल के अध्ययन के क्षेत्र से बाहर है, तथापि इसका अध्ययन इसलिए आवश्यक हो जाता है कि भूगोल के प्रधान विषय-पृथ्वी की सतह की रूप-रेखा का स्वभाव भूगर्भ के अनुसार ही निश्चित होता है। भूगर्भ की जानकारी प्राप्त करने के लिए अनेक प्रयास जारी हैं। अब तक लगभग सभी भूगर्भवेत्ता इस बात पर एकमत थे कि प्रायद्वीपीय भारत, जो कि प्राचीनतम चट्टानों के बने गोण्डवानालैण्ड का ही एक भाग है, स्थिर भूखण्ड है तथा इसमें सन्तुलन पूर्णतया स्थापित हो चुका है। इस क्षेत्र में बड़े पैमाने पर भूगर्भिक हलचल नहीं होनी चाहिए। परन्तु प्रायद्वीपीय भारत के पश्चिमी भाग से महाराष्ट्र के सतारा जिले के कोयना नगर में 11 दिसम्बर, सन् 1967 ई. एवं महाराष्ट्र के लातूर के 30 सितंबर, 1993 के भयंकर भूकम्प ने, जिसने समस्त पश्चिमी पठार को कंपा दिया, इस बात से संदेह पैदा कर दिया है कि पठारी भाग एक दृढ़ भूखण्ड है। कहने का तात्पर्य यह पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय में सही जानकारी नहीं प्राप्त की जा सकी है। भूकम्प विज्ञान (Seismology) से कुछ विश्वसनीय बातें अवश्य ज्ञात हो जाती हैं। पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय में जानकारी देने वाले स्रोतों को तीन वर्गों में विभाजित किया जा सकता है-

1. अप्राकृतिक स्रोत (Artificial Sources)

- (i) घनत्व (Density), (ii) दबाव (Pressure), (iii) तापमान (Temperature)

2. पृथ्वी की उत्पत्ति से सम्बन्धित सिद्धान्तों के साक्ष्य

(Evidences from the theories of the origin of the earth)

3. प्राकृतिक स्रोत (Natural Sources)

- (i) ज्वालामुखी उद्गार (Volcanic eruption)
(ii) भूकम्प विज्ञान (Seismology)

1. अप्राकृतिक साधन

- (i) **घनत्व**- पृथ्वी की शैलों के घनत्व, दबाव और भीतर की ओर बढ़ते हुए तापमान के आधार पर पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय में कई निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं, यह बताया जाता है कि पृथ्वी ऊपरी भाग परतदार शैल का बना है, जिसकी औसत मोटाई, आधे मील के लगभग है, कहीं-कहीं पर यह मोटाई कई मील भी है। इस परतदार सतह के नीचे पृथ्वी के चारों ओर रवेदार शैल (Crystalline rocks) की एक दूसरी परत है। इस चट्टानी परत का घनत्व कहीं पर 3.00 है तो कहीं तो 3.5 है। परन्तु समस्त पृथ्वी का औसत घनत्व 5.5 के लगभग है। इस आधार पर यह निष्कर्ष निकालता है कि पृथ्वी के अन्तरम (core) का औसत घनत्व 5.5 से अधिक होगा। साधारण तौर पर यह घनत्व 11 माना जाता है, जो जल से 7 या 8 गुना अधिक है। न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण सिद्धान्त के आधार पर कैवेन्डिश (Cavendish) ने 1798 में पृथ्वी के औसत घनत्व के मापन का प्रयास किया है। इनके अनुसार पृथ्वी का औसत घनत्व जल की तुलना में 5.48 गुना अधिक है। 1950 के बाद उपग्रह (satellite) के आधार पर पृथ्वी के औसत घनत्व के परिकलन का सिलसिला प्रारम्भ हो गया है। इसके अनुसार पृथ्वी का औसत घनत्व 5.517 gcm^{-3} , धरातल का घनत्व 2.6 से 3.3 gcm^{-3} के बीच तथा केन्द्र का घनत्व 11 gcm^{-3} परिकलित किया गया है। इस प्रकार यह प्रमाणित होता है कि (i) पृथ्वी के अन्तरतम का घनत्व सर्वाधिक है।
- (ii) **दबाव**- अब समस्या उठती है कि अन्तरतम का यह अधिक घनत्व किस प्रकार सम्भव है? प्रारम्भ में यह कल्पना की गयी थी कि ऊपर से अन्तरतम (core) की ओर जाने पर चट्टानों का भार तथा दबाव बढ़ता जाता है, अतः पृथ्वी के अन्तरतम का अधिक घनत्व बढ़ते भार के कारण बढ़ते हुए दबाव के कारण है, क्योंकि बढ़ते हुए दबाव के साथ चट्टान का घनत्व भी बढ़ जाता है इस तरह यह प्रमाणित होता है कि (2) पृथ्वी के अन्तरतम का अत्यधिक घनत्व वहां पर स्थित अत्यधिक दबाव के कारण है। परन्तु आधुनिक प्रयोगों द्वारा यह प्रमाणित कर दिया गया है कि प्रत्येक शैल में एक ऐसी सीमा होती है, जिसके आगे उसका घनत्व अधिक नहीं हो सकता, उसका दबाव चाहे कितना भी अधिक क्यों न कर दिया जाय। इस आधार पर यह कहा जा सकता है कि यदि पृथ्वी के अन्तरतम का घनत्व अधिक दबाव के कारण नहीं है तो (3) वह (core) स्वयं धातु का बना है जिससे पदार्थ स्वयं अधिक घनत्व वाले तथा भारी है। अनेक प्रयोगों तथा पर्यवेक्षणों के आधार पर यह मान लिया गया है कि पृथ्वी का अन्तरतम निकल तथा लोहे के मिश्रण का बना है यह तथ्य पृथ्वी की चुम्बकीय दशा को भी प्रमाणित करता है क्योंकि लोहा तथा निकल प्रधान चुम्बकीय पदार्थ हैं। इस धातुनिर्मित अन्तरतम के चारों ओर शैल की एक दूसरी परत है, जिसका कम से कम ऊपरी भाग रवेदार शैलों का अवश्य बना है।

- (iii) **तापमान-** सामान्य रूप से यह विदित है कि (bore holes तथा mines से उपलब्ध विवरणों के आधार पर) पृथ्वी की बाह्य सतह से नीचे की ओर गहराई में जाने पर औसत रूप में तापमान प्रति 100 मीटर पर 2° या 3° सेन्टीग्रेड की दर से बढ़ता है। परन्तु 8 किमी. से अधिक गहराई पर जाने पर तापमान की वास्तविक वृद्धि दर का पता लगाना कठिन हो जाता है। वैज्ञानिक परीक्षणों के आधार पर महाद्वीपीय क्रस्ट में तापमान की वृद्धि दर का परिकलन भूताप ग्राफ (geotherms graphs) के आधार पर किया गया है। इस विधि से प्राप्त विवरणों के आधार पर यह साधारणीकरण (generalisation) किया गया। (i) विवर्तनिक रूप से सक्रिय (tectonically active) क्षेत्रों में (यथा संयुक्त राज्य अमेरिका का Basin and Range Province) सतह से 43 किमी. की गहराई पर तापमान 1000° सें. रहता है, जबकि विवर्तनिक रूप से स्थिर प्रदेशों में 40 किमी. की गहराई पर तापमान 500° सें. ही रहता है। इस विवरण से महाद्वीपीय क्रस्ट के व्यवहार के विषय में महत्वपूर्ण ज्ञान प्राप्त होता है। विवर्तनिक रूप से सक्रिय क्षेत्र में क्रस्ट में 40 किमी. की गहराई पर 1000° सें. तापमान गंभीर क्रस्ट और मैण्टिल की शैलों खासकर बेसाल्ट तथा पेरिडोटाइट के प्रारम्भिक गलनांक (initial melting) के करीब है। इस तरह क्रस्ट के गर्भ क्षेत्र में विवर्तनिक घटना तथा ज्वालामुखी क्रिया तथा गलनांक के करीब तापमान में गहरा सम्बन्ध स्थापित होता है तथा अपेक्षाकृत कम तापमान क्षेत्र दीर्घकालीन भूगर्भिक (विवर्तनिक) स्थिरता से सम्बन्धित है।

महासागरीय क्रस्ट में उमड़ते मैग्मा के उच्च तापमान के शीतलन से तापमान प्रभावित होता है। महासागरों में जल की तली में तथा उसके नीचे क्रस्ट के ऊपरी भाग अर्थात् मैग्मा पट्ट (magma slab) के ऊपरी भाग में 0° सें. तापमान का अनुमान लगाया जाता है जबकि मैग्मा पट्ट के निचले भाग में (जिसका सम्पर्क नीचे स्थित आंशिक रूप से निचले दुर्बलता मण्डल (asthenosphere) से होता है, तापमान 1200° सें. रहता है, जो गलनांक के करीब है। यदि गहराई के साथ तापमान की सामान्य वृद्धि दर का आकलन किया जाये तो 2900 किमी. की गहराई पर 25000° सें. तापमान होना चाहिए परन्तु ऐसी दशा में पृथ्वी का अधिकांश भाग पिघल गया होता। परन्तु ऐसा है नहीं। इससे एक तथ्य सामने उभर कर आता है कि अधिकांश रेडियो सक्रिय तत्व पृथ्वी की सबसे ऊपरी परत में ही केन्द्रित हैं जिनके द्वारा अत्यधिक ऊष्मा जनित होती है। इससे प्रकट होता है कि तापमान में गहराई के साथ वृद्धि की दर घटती जाती है। पृथ्वी के आन्तरिक भाग में तापमान की स्थिति के विषय में निम्न तथ्य प्रस्तुत किये जा सकते हैं-

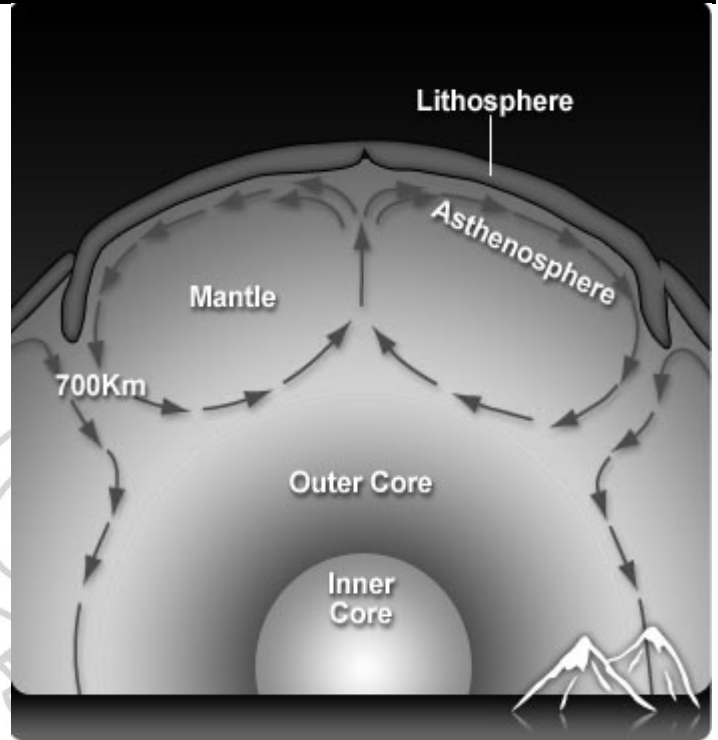
1. दुर्बलता मण्डल (asthenosphere) आंशिक रूप में द्रवित या गलित (molten) है। 100 किमी. की गहराई पर तापमान लगभग 1100° से 1200° सें. है जो प्रारम्भिक गलनांक के करीब है।
2. 400 किमी. की गहराई पर 1500° सें. तथा 700 किमी. की गहराई पर 1900° सें. तापमान को आकलन का अनुमान है।
3. मैण्टिल तथा बाह्य गलित अन्तरतम की सीमा अर्थात् 2900 किमी. की गहराई पर 3700° सें. तापमान का अनुमान है।
4. बाह्य गलित अन्तरतम की सीमा अर्थात् 5100 किमी. की गहराई पर तापमान 4300° सें. है।

पृथ्वी में ऊष्मा का जनन तथा स्थानान्तरण- पृथ्वी के आन्तरिक भाग में ऊष्मा का जनन मुख्य रूप से रेडियो सक्रिय पदार्थों तथा गुरुत्व बल के तापीय ऊर्जा में परिवर्तन से होता है। यह विश्वास किया जाता है कि लगभग 4.7 बिलियन वर्ष पूर्व पृथ्वी के आन्तरिक भाग का प्रारम्भिक तापमान लगभग 1000° सें. (ग्रहीय सम्बर्धन-Planetary accretion तथा रूद्धोष्म सम्पीडन-adiabatic compression की प्रक्रियाओं द्वारा जनित) रहा होगा। आगे चलकर रेडियो सक्रिय पदार्थों द्वारा पृथ्वी के आन्तरिक भाग की ऊष्मा में वृद्धि प्रारम्भ हुई। लगभग 4.0 या 4.5 बिलियन वर्ष पूर्व पृथ्वी के अन्तरतम (core) तथा मैण्टिल का अलगाव हुआ होगा जबकि लोहे का तापमान बढ़कर गलनांक को प्राप्त हुआ। इस तरह गलित लोहे के अन्तरतम में डूबने के कारण 2×10^{37} अर्ग गुरुत्व बल ऊष्मा के रूप में मुक्त हुई होगी जिसके कारण पृथ्वी के अन्दर पदार्थों का बड़े पैमाने पर पिघलाव (melting) तथा पुनर्गठन होने से विभिन्न मण्डलों (अन्तरतम, मैण्टिल तथा क्रस्ट) का निर्माण हुआ होगा।

पृथ्वी के बाह्य मण्डल अर्थात् क्रस्ट में प्रमुख चट्टानों ग्रेनाइट, बेसाल्ट तथा पेरिडोटाइट हैं जिनमें रेडियो सक्रिय पदार्थ यथा यूरेनियम, थोरियम, पोटैशियम आदि, सर्वाधिक मात्रा में हैं। ग्रेनाइट में ये पदार्थ सबसे अधिक होते हैं। (यूरेनियम=4 ppm, थोरियम=13ppm तथा पोटैशियम=4ppm)। इसके विघटन से ऊष्मा जनित होती है। इस प्रक्रिया से ग्रेनाइट के प्रत्येक ग्राम से 300 अर्ग प्रति वर्ष तापीय ऊर्जा उत्पन्न होती है। यदि पृथ्वी के बाह्य मण्डल में ग्रेनाइट की 20 किमी. मोटी गोलाकार कोशिका (spherical cell) की कल्पना की जाए तो उक्त प्रक्रिया से जनित कुल तापीय ऊर्जा 10^{28} अर्ग होगी। इस तरह स्पष्ट है कि महाद्वीपीय भागों से जो ऊष्मा बाहर की ओर प्रवाहित होती है उसका जनन ग्रेनाइट सतह से रेडियो सक्रिय पदार्थों से होता है परन्तु सागरीय नितल से प्रवाहित होने वाली ऊष्मा का जनन और अधिक रफ्तार से होता है क्योंकि महासागरीय क्रस्ट में ग्रेनाइट नहीं होती है।

पृथ्वी के आन्तरिक भाग से ऊष्मा का प्रवाह बाहर की ओर होता है। स्मरणीय है कि ठोस भाग में ऊष्मा की ऊर्जा एटम के कम्पन (vibration of atoms) के रूप में होती है। शैल ऊष्मा की अच्छी चालक (poor conductor of Heat) नहीं होती। मात्र 10 मीटर मोटी शैल परत से ऊष्मा के स्थानान्तरण में 3 वर्ष का समय लगता है। इसी तरह 100 मीटर मोटे लावा प्रवाह को शीतल होने में 300 वर्ष लगते हैं। 400 किमी. मोटी शैल कोशिका के निचले भाग में ऊपरी भाग में ऊष्मा के प्रवाह के लिए 5 बिलियन वर्ष लगेंगे। यदि पृथ्वी का शीतलन केवल संचालन (conduction) विधि से होना रहा होता तो 400 किमी. से अधिक गहराई से ऊष्मा आज तक सतह पर नहीं पहुंच पायी होती।

पृथ्वी के आन्तरिक भाग से बाहर की ओर ऊष्मा का स्थानान्तरण विकिरण से भी अच्छी तरह नहीं हो सकता क्योंकि पृथ्वी के आन्तरिक भाग के अधिकांश खनिज अपेक्षाकृत अपारदर्शी (opaque) होते हैं। ऐसे पदार्थों से विकिरण द्वारा ऊष्मा का हास या प्रवाह अच्छी तरह नहीं हो सकता। ऊष्मा के स्थानान्तरण की तीसरी सम्भावना संवहन की प्रक्रिया हो सकती है। परन्तु संवहन प्रायः तरल में ही उत्पन्न होता है। पृथ्वी के क्रस्ट के ठोस प्रारूप को देखकर संवहन की प्रक्रिया संदिग्ध लगती है परन्तु प्लेट विवर्तनिकी (plate tectonics) सिद्धान्त के प्रकाश में आने से सागर नितल के प्रसरण (sea floor spreading) का सत्यापन हो गया है। इस सिद्धान्त के तहत मध्य महासागरीय कटकों के सहारे गर्म पदार्थ (मैग्मा) ऊपर उठता है तथा कटक के दोनों ओर नये स्थल का निर्माण करता है, शीतल होने पर ठोस होकर कटक से दूर खिसकता जाता है तथा पुनः (विनाशी प्लेट किनारे के सहारे) नीचे डूब कर मैण्टिल में आत्मसात हो जाता है। इस प्रकार पदार्थों का संवहनीय परिवहन (convective transport) होता है जिसके अन्तर्गत पृथ्वी के आन्तरिक भाग से ऊष्मा पदार्थों के साथ सतह तक पहुंचती है।



पृथ्वी की सतह पर दो स्रोतों से ऊष्मा पहुंचती है- पृथ्वी के आन्तरिक भाग से तथा सूर्य से अन्ततः दोनों स्रोतों से प्राप्त ऊष्मा का पृथ्वी की सतह से अन्तरिक्ष में विकिरण हो जाता है। सूर्य से प्राप्त ऊष्मा से वायुमंडल एवं जलमंडल का संचालन होता है जिससे अनाच्छादनात्मक प्रक्रमों का प्रादुर्भाव होता है। जबकि पृथ्वी की आन्तरिक ऊष्मा द्वारा भूतल पर रचनात्मक कार्य (पर्वत, पठार, ज्वालामुखी, भूकम्प आदि) होते हैं।

"In a real sense, the Earth's internal heat engine builds mountains and its external heat engine, the sun, destroys them."

2. पृथ्वी की उत्पत्ति से सम्बन्धित सिद्धान्तों के साक्ष्य

विभिन्न विद्वानों ने पृथ्वी की उत्पत्ति की समस्या के निदान के लिए उसका मूल रूप ठोस, वायव्य अथवा तरल भाग माना है ग्रहाणु परिकल्पना (planetesimal hypothesis) के अनुसार पृथ्वी का निर्माण ठोस ग्रहाणुओं के समूहन के कारण माना गया है। इस आधार पर पृथ्वी का अन्तरतम ठोस अवस्था में होना चाहिए। ज्वारीय परिकल्पना (tidal hypothesis) के अनुसार यदि पृथ्वी का निर्माण सूर्य से निस्सृत ज्वारीय पदार्थ से हुआ तो पृथ्वी का अन्तरतम तरल अवस्था में होना चाहिए। लाप्लास महोदय भी, जो कि वायव्य निहारिका परिकल्पना के प्रतिपादक हैं, पृथ्वी के अन्तरतम को तरल मानते हैं। यदि यह तथ्य मान लिया जाय तो अनेक कठिनाइयाँ उपस्थित हो सकती हैं निहारिका परिकल्पना (nebular hypothesis) के अनुसार पृथ्वी की उत्पत्ति गैस से बनी निहारिका से मानी जाती है। इस आधार पर पृथ्वी का अन्तरतम वायव्य अवस्था में होना चाहिए, वैसे लाप्लास अन्तरतम को तरल मानते हैं। जोयपरिज (Zoeppritz) तथा रिटर (Ritter) नामक विद्वानों ने भी पृथ्वी के अन्तरतम (core) को गैस का बना हुआ माना है। परन्तु यह मत अत्यधिक भ्रामक है। केवल दो सम्भावनाएं हो सकती हैं-या तो अन्तरतम ठोस ही सकता है या तरल। इसका निराकरण आगे किया जायेगा।

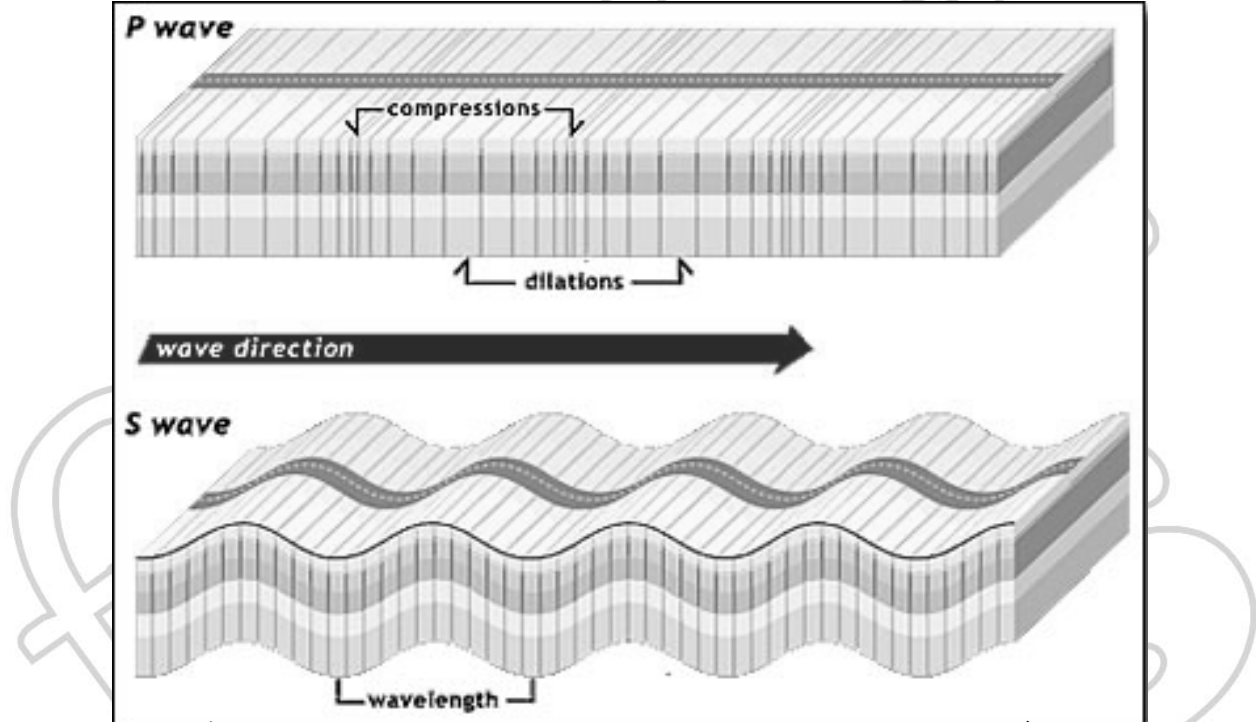
3. प्राकृतिक साधन

- (i) **ज्वालामुखी क्रिया-** ज्वालामुखी के उद्गार के समय पृथ्वी के आन्तरिक तथा ऊपरी भाग में गर्म तथा तरल मैग्मा एवं लावा का विस्तार हो जाता है। इस आधार पर कुछ विद्वानों का यह विश्वास है कि पृथ्वी की गहराई में कम से कम एक ऐसी परत अवश्य है जो कि सदैव तरल अवस्था में रहती है। इसी को मैग्मा भण्डार बताया गया है। जहां से ज्वालामुखी के उद्गार के समय तरल एवम् तप्त मैग्मा पृथ्वी के ऊपर प्रकट होता है। इस आधार पर पृथ्वी का कुछ भाग तरल अवश्य होना चाहिए। इस प्रकार आन्तरिक भाग ठोस होगा न कि तरल। हाँ, यह संभव हो सकता है कि पृथ्वी के ऊपरी भाग पर दरार आदि पड़ने से चट्टान का दबाव कम हो जाता है, जिससे चट्टान का गलनांक बिन्दु गिर जाता है, जिस कारण चट्टान वहां पर अधिक ताप के कारण पिघल कर ज्वालामुखी के रूप में प्रकट हो जाती है। इस तरह ज्वालामुखी के उद्गार से भी पृथ्वी के अन्तःकरण की बनावट के विषय में कोई निश्चित तथ्य नहीं निकल पाते हैं। परन्तु अत्यधिक दबाव चट्टानों को पिघली अवस्था में नहीं रहने देगा।

- (ii) **भूकम्प विज्ञान के साक्ष्य (evidences of seismology)**- भूकम्प विज्ञान वह विज्ञान है जिसमें भूकम्पीय लहरों (Seismic waves) का सीस्मोग्राफ यंत्र द्वारा अंकन करके अध्ययन किया जाता है। भूकम्प विज्ञान ही एक ऐसा प्रत्यक्ष साधन है, जिससे पृथ्वी के आन्तरिक भाग की बनावट के विषय में पर्याप्त जानकारी उपलब्ध होती है। यहां पर संक्षेप में उसके केवल उस भाग का उल्लेख करेंगे, जिससे पृथ्वी के अन्तःकरण के विषय में जानकारी प्राप्त होती है।

जिस जगह से भूकम्प का कम्पन प्रारम्भ होता है, उसे हम भूकम्प मूल (focus) कहते हैं तथा जहां पर भूकम्पीय लहरों का अनुभव सबसे पहले किया जाता है, उसे भूकम्प केन्द्र (epicentre) कहते हैं। भूकम्प के दौरान पृथ्वी में कई प्रकार की लहरें उत्पन्न होती हैं। इन लहरों को भूकम्पीय लहर (seismic waves) कहते हैं। मुख्य रूप से भूकम्पीय लहरों को तीन श्रेणियों में रखा जाता है-

- (i) **प्राथमिक अथवा अनुदैर्घ्य लहरें (primary or longitudinal or compressional waves)**- प्राथमिक अथवा अनुदैर्घ्य लहरें, वे भूकम्पीय लहरें हैं जो कि ध्वनि की लहर के समान होती हैं तथा इनमें कणों की गति लहर की रेखा की सीध में होती है। यह सबसे अधिक वेगवान लहर होती है तथा ठोस भाग में अत्यधिक गति से प्रवाहित होती है।



- (ii) **आड़ी अथवा गौण लहरें (secondary or transverse or S waves)**- ये द्वितीय अथवा गौण लहरें, जल तरंगों अथवा प्रकाश तरंगों (light waves) के समान होती हैं, जिनमें कणों की गति लहर की दिशा के समकोण पर होती है। इसी कारण इन्हें आड़ी लहरें कहते हैं। संक्षेप में इन्हें 'S' लहर (S waves-secondary waves) कहते हैं, जो कि तरल भाग में प्रायः लुप्त हो जाती हैं। ये लहरें भी अत्यधिक गहराई तक प्रविष्ट होती हैं।

- (iii) **धरातलीय लहरें (surface of long period waves of L waves)**- धरातलीय लहरें प्रायः पृथ्वी के ऊपरी भाग को ही प्रभावित करती हैं। ये अत्यधिक प्रभावशाली लहरें होती हैं। इन लहरों को सबसे अधिक लम्बा मार्ग तय करना पड़ता है तथा यद्यपि इनकी गति सबसे कम होती है तथापि ये सबसे अधिक प्रचण्ड होती हैं।

जब भूकम्प आता है भूकम्प केन्द्र (epicentre) पर इन लहरों का अंकन किया जाता है- सीस्मोग्राफ की सहायता से। सर्वप्रथम लघु अथवा कमजोर कम्पन (tremor or vibration) होता है। इसे प्राथमिक कम्पन (first preliminary tremor) कहते हैं। कुछ अवकाश के बाद दूसरा अपेक्षाकृत कुछ अधिक प्रभावशाली कम्पन होता है। इसे द्वितीय कम्पन (second preliminary tremor) कहते हैं। इसके बाद अधिक अवधि वाला मुख्य कम्पन (main shock) होता है। इस प्रकार ये तीनों कम्पन क्रम से P, S तथा L लहरों द्वारा प्रदर्शित होते हैं।

इन तरंगों की गति तथा भ्रमण पथ के आधार पर पृथ्वी के आन्तरिक भाग के विषय में जानकारी प्राप्त की जा सकती है। भूकम्पीय लहरें प्रायः ठोस भाग से होकर गुजरती हैं तथा एक ही स्वभाव वाले ठोस भाग (homogeneous solid) में ये लहरें एक सीधी रेखा में सीधे मार्ग से चलती हैं। इस आधार पर अगर पृथ्वी एक ही प्रकार की घनत्व वाली चट्टानों से निर्मित एक ठोस भाग होती तो भूकम्पीय लहरें समान गति से पृथ्वी पर इन लहरों के अंकन से ज्ञात होता है। कि ये लहरें एक सीधी दिशा में न चलकर वक्राकार मार्ग का अवलम्बन करती हैं। इस प्रकार यह प्रमाणित होता है कि पृथ्वी के भीतर घनत्व में विभिन्नता है। इस घनत्व की विभिन्नता के कारण लहरें परावर्तित होकर वक्राकार हो जाती हैं। परिणामस्वरूप उनका मार्ग भी वक्राकार हो जाता है। चूंकि आन्तरिक भाग की ओर घनत्व बढ़ता जाता है, अतः कोर में ये लहरें (P तथा S) वक्राकार होकर सतह की ओर अवतल हो जाती हैं।

S लहरों का यह स्वभाव होता है कि वे तरल पदार्थ से होकर नहीं गुजरती हैं। ओल्डहम नामक विद्वान ने 1909 में प्रमाणित किया कि भूकम्प केन्द्र से 120° की दूरी पर S लहरें लुप्त हो जाती हैं तथा P लहरें अत्यधिक दुर्बल हो जाती हैं। पृथ्वी के कोर में S लहरों का पूर्णतया अभाव है। इस आधार पर यह प्रमाणित होता है कि पृथ्वी के आन्तरिक भाग में तरल अवस्था में एक कोर (core) है जो कि 2900 किलोमीटर से अधिक गहराई में केन्द्र के चारों ओर विस्तृत है इस आधार पर विद्वानों ने यह अनुमान लगाया है कि पृथ्वी के कोर का लोहा तथा निकल तरल अवस्था में होगा।

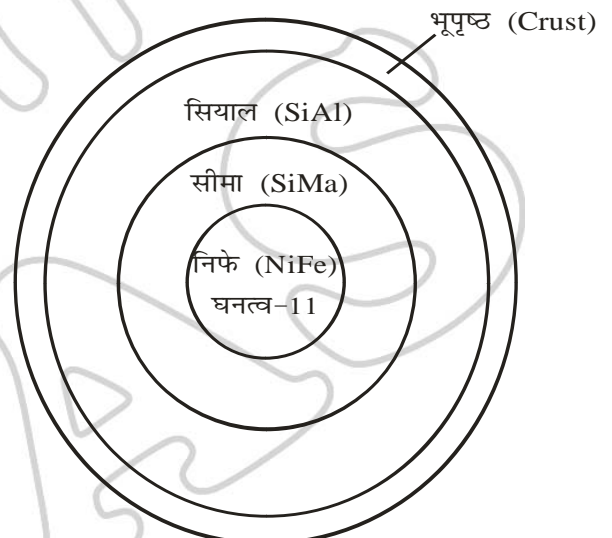
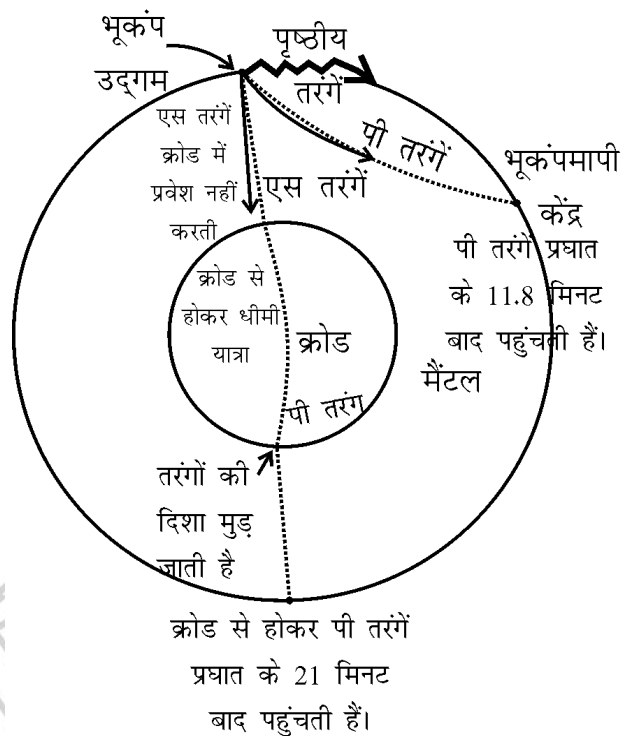
इतना ही नहीं, यदि भूकम्पीय लहरों की गति तथा स्वभाव का अध्ययन किया जाए तो पृथ्वी के अन्दर कई घनत्व क्षेत्रों (density zones) को आभास मिलता है। वैज्ञानिक खोजों के आधार पर कुछ और लहरों अथवा P तथा S लहरों की श्रेणियों का अध्ययन किया गया है। यह प्रमाणित तथ्य है कि जब चट्टानों का घनत्व में अन्तर आता है, तभी भूकम्पीय लहरों की गति में अन्तर आता है। गति के आधार पर भूकम्पीय लहरों का तीन युग्म (three sets of waves) बताया जाता है। प्रथम "P तथा S" लहरों का- इनकी गति सबसे अधिक होती है। द्वितीय- P_g तथा S_g लहरों का- इनकी गति सबसे कम होती है। तृतीय - P^* तथा S^* का- इनकी गति प्रथम दो के मध्य होती है। इसके आधार पर प्रमाणित होता है कि उनकी गति में तीन जगहों पर अन्तर आता है। अतः पृथ्वी के अन्दर भी 3 जगहों पर घनत्व में अन्तर आना चाहिए। इस आधार पर यह प्रमाणित किया जाता है कि पृथ्वी के अन्दर ऊपरी परतदार चट्टान की पतली के नीचे विभिन्न परतें पायी जाती हैं, जिनके घनत्व में अन्तर पाया जाता है।

1. **ऊपरी परत (upper layer)**- जेफ्रीज ने क्रोशिया की कल्पा धाटी के 1906 के भूकम्प के आधार पर P तथा S के अलावा एक ऐसे लहर युग्म का पता लगाया, जिसकी गति सब लहरों से कम थी। P_g लहर 5.4 किलोमीटर तथा S_g लहर 3.3 किलोमीटर प्रति सेकेण्ड की गति से पृथ्वी के ऊपरी धरातल में यात्रा करती है। ये लहरें जिन शैलों से होकर गुजरती हैं, उनका घनत्व 2.7 होता है। इस आधार पर यह प्रमाणित होता है कि पृथ्वी की ऊपरी परत ग्रेनाइट नामक चट्टान की बनी है। इन दो लहरों से पूर्व P तथा S लहरों का अंकन किया जाता है, जो न्यून वेग से ऊपरी भाग में प्रवाहित होती है। इससे ये निष्कर्ष निकाला जाता है कि पृथ्वी का सबसे ऊपरी भाग परतदार शैल का बना है।

2. **मध्यवर्ती परत (intermediate layer)**- कोनार्ड ने टायर्न (Tauern) के 1932 के भूकम्प के धक्के के आधार पर भूकम्पीय लहरों के तृतीय युग्म (set) का पता लगाया। इनकी

गति P_g - S_g तथा P-S के बीच की होती है तथा इनका नामकरण P^* - S^* किया गया है। इनमें P^* लहरें 6 से 7 किलोमीटर प्रति सेकेण्ड तथा S^* लहरें 3 से 4 किलोमीटर प्रति सेकेण्ड की गति से पृथ्वी के मध्यवर्ती भाग में प्रवाहित होती हैं। इन लहरों के मध्यवर्ती गति के आधार पर यह निष्कर्ष निकलता है कि पृथ्वी में एक मध्यवर्ती परत है जिसका घनत्व 3 (ऊपरी सतह से अधिक, परन्तु निचली परत से कम) है। इस परत की वास्तविक चट्टानों के विषय में विद्वानों में मतभेद है। डाली तथा जेफरीज के अनुसार मध्यवर्ती परत बेसाल्ट की है, जबकि वेगनर तथा होम्स इसे एम्फीबोलाइट बताते हैं। परन्तु अधिकांश विद्वानों के अनुसार यह परत बेसाल्ट की ही बनी हुई है इसकी मोटाई 20 से 30 किलोमीटर बतायी जाती है, यद्यपि यह भी विवाद का विषय है।

3. **निचली परत (lower layer)**- P तथा S लहरें सबसे अधिक गहराई में प्रवेश करती हैं। इनमें P लहर 7.8 किलोमीटर तथा S लहर 4.5 किलोमीटर प्रति सेकेण्ड की चाल से पृथ्वी के आन्तरिक भाग में प्रवाहित होती है। इसके आधार पर पृथ्वी में एक निचली परत का आभास होता है। सम्भवतः यह अधिक घनत्व वाली चट्टानों की बनी है। इसका निर्माण इनाइट अथवा पेरिडोटाइट से हुआ है। धरातल से इनकी गहराई 2900 किलोमीटर बतायी जाती है।



स्वेस के अनुसार पृथ्वी की परत

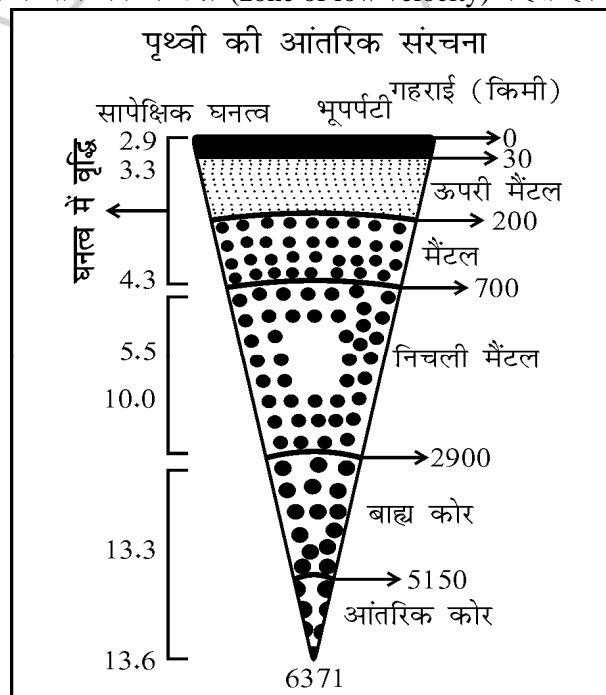
अभिनव मत (Recent Views)

पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय से सम्बन्धित उपर्युक्त विवरण अब पुराने पड़ गये हैं प्राकृतिक तथा मानवकृत (बमों के विस्फोट-आणविक परीक्षण के दौरान विस्फोट द्वारा) भूकम्पों की लहरों की गति तक उनके भ्रमण पथ के वैज्ञानिक अध्ययन एवं विश्लेषण के आधार पर पृथ्वी के आन्तरिक भाग को तीन बृहत् मण्डलों-क्रस्ट, मैण्टिल तथा अन्तरतम में विभक्त किया जाता है।

भूकम्पीय लहरों की गति में अन्तर के आधार पर इन तीन प्रमुख मण्डलों के उप विभाग किये गये हैं। यह उल्लेखनीय है कि इन मण्डलों खास कर क्रस्ट की गहराई के सम्बन्ध में विद्वानों में मतैक्य नहीं है। क्रस्ट की मोटाई M.J. Bradshaw, A.J. Abbott तथा A.P. Gelsthorpe के अनुसार महाद्वीपों के नीचे 50 किमी. तथा महासागरों के नीचे 5 किमी., International Union of Geodesy and Geophysics के अन्तर्गत शोध परियोजना के परिणामों के अनुसार 30 किमी. तथा अन्य स्रोतों के अनुसार 100 किमी. बतायी गयी है। भूकम्पीय लहरों की गति में अन्तर के आधार पर क्रस्ट को भी दो उपविभागों-ऊपरी क्रस्ट तथा निचली क्रस्ट को भी दो उपविभागों-ऊपरी क्रस्ट तथा निचली क्रस्ट में विभक्त किया जाता है। क्योंकि निचली क्रस्ट में P लहर के गति ऊपरी क्रस्ट की अपेक्षा अधिक होती है। ऊपरी क्रस्ट में P लहर की गति 6.1 किमी. प्रति सेकेण्ड तथा निचली क्रस्ट में 6.9 किमी. प्रति सेकेण्ड होती है। P तथा S लहरों की विभिन्न गतियों तथा उनसे सम्बन्धित पृथ्वी के विभिन्न मण्डलों को दिखाया गया है।

क्रस्ट (crust)- ऊपरी क्रस्ट का घनत्व 2.8 तथा निचली क्रस्ट का 3.0 है। प्रारंभ में इन दोनों उपमण्डलों की संरचना में पर्याप्त अन्तर बताया गया था परन्तु आधुनिक विवरणों के आधार पर दोनों की संरचना समान बतायी जाती है। घनत्व में अन्तर दबाव के कारण हुआ है। ऊपरी क्रस्ट के खनिजों का निर्माण निचली क्रस्ट के खनिजों के निर्माण की तुलना में अपेक्षाकृत कम दबाव पर सम्पन्न हुआ है।

मैण्टिल (mantle)- क्रस्ट के निचले आधार पर भूकम्पीय लहरों की गति में अचानक वृद्धि हो जाती है। निचली क्रस्ट में P की 6.9 किमी० प्रति सेकेण्ड की गति बढ़कर (निचली क्रस्ट के आधार पर) 7.9 किमी. से 8.1 किमी. प्रति सेकेण्ड हो जाती है। इस तरह निचली क्रस्ट तथा ऊपरी मैण्टिल के मध्य एक असम्बद्धता (discontinuity) का सृजन होता है जिसकी खोज सर्वप्रथम A. Mohorovicic द्वारा 1909 में की गयी। अतः इसे मोहोरोविकिक असम्बद्धता या मोहो असम्बद्धता (Moho-discontinuity) कहते हैं। मोहो असम्बद्धता से लगभग 2900 किमी. की गहराई तक मैण्टिल का विस्तार है जिसके नीचे पृथ्वी का अन्तरतम (core) प्रारम्भ हो जाता है। मैण्टिल की मोटाई पृथ्वी की समस्त अर्द्धव्यास (6371 किमी.) के आधे से कम है परन्तु पृथ्वी के समस्त आयतन (Volume) का 83 प्रतिशत तथा द्रव्यमान (mass) का 68 प्रतिशत भाग मैण्टिल में व्याप्त है। प्रारम्भ में मैण्टिल को दो उपभागों में विभक्त किया गया था। (भूकम्पीय लहरों की गति तथा घनत्व में अन्तर के आधार पर)। ऊपरी मैण्टिल मोहो असम्बद्धता से 1000 किमी. की गहराई तक तथा निचली मैण्टिल 1000 किमी. से 2900 किमी. की गहराई तक परन्तु International Union of Geodesy and Geophysics द्वारा अन्वेषण के विवरणों के आधार पर इसे निम्न भागों में विभक्त किया जाता है- (1) मोहो असम्बद्धता से 200 किमी. (प्रारम्भिक मतानुसार 400 किमी.) की गहराई का भाग, (2) 200 से 700 किमी. (प्रारम्भिक मतानुसार 400 से 1000 किमी.) की गहराई तक का भाग एवं (3) 700 से 2900 किमी. (प्रारम्भिक मतानुसार 1000 से 2900 किमी.) मैण्टिल में 100 से 200 किमी. की गहराई में भूकम्पीय लहरों की गति मन्द पड़ जाती है। इस भाग को निम्न गति का मण्डल (zone of low velocity) कहते हैं।



अन्तरतम (core)- अन्तरतम का विस्तार 2900 किमी. (मैण्टिल/अन्तरतम सीमा) से पृथ्वी के केन्द्र (6371 किमी.) तक है। मैण्टिल/ अन्तरतम सीमा (2900 किमी.) को Guttenberg Wiechert Discontinuity कहते हैं। इस सीमा या गुटेनबर्ग असम्बद्धता के सहारे घनत्व 5.5 तथा नीचे अन्तरतम का घनत्व 10.0) तथा P लहर की गति में अचानक वृद्धि होती है। और नीचे जाने पर यह घनत्व 12 से 13 तथा केन्द्र पर 13.6 हो जाता है। इस तरह अन्तरतम का घनत्व मैण्टिल के घनत्व से दो गुना से अधिक है परन्तु इसका आयतन समस्त पृथ्वी के आयतन का मात्र 16 प्रतिशत तथा समस्त द्रव्यमान (mass) का 32 प्रतिशत ही है।

अन्तरतम को दो उपभागों में विभक्त किया जाता है-

1. **वाह्य अन्तरतम (outer core)**
2. **आन्तरिक अन्तरतम (inner core)**

यह विभाजक सीमा 5150 किमी. की गहराई पर निश्चित की गई है। इस तरह वाह्य अन्तरतम का विस्तार 2900 किमी. से 5150 किमी. की गहराई के बीच है। इस मण्डल में भूकम्पीय S लहर प्रविष्ट नहीं हो पाती है, अतः इस मण्डल को तरल अवस्था में होना चाहिए। 5150 से 6371 किमी. की गहराई तक का भाग आन्तरिक अन्तरतम के अन्तर्गत आता है। जो ठोस अवस्था में है एवं घनत्व 13.6 है। P लहर की गति 11.23 किमी. प्रति सेकेण्ड होती है। पृथ्वी के आन्तरिक भाग के विभिन्न मण्डलों में उनकी गहराई तथा घनत्व को दर्शाया गया है। सामान्य रूप में यह विश्वास किया जाता है कि कोर की रचना लोहा एवं निकल से हुई है। दूसरी संभावना के अनुसार कोर की रचना सिलिकेट (silicate) से मानी जाती है। परन्तु अत्यधिक दबाव पर इलेक्ट्रॉनिक संरचना टूट कर धात्विक पदार्थों (metallic materials) में बदल गयी है जिस कारण घनत्व अधिक हो गया है। तृतीय संभावना के अनुसार प्रारम्भ में कोर हाइड्रोजन का बना था। परन्तु बाद में कोर में अत्यधिक दबाव (लाखों वायुमंडल) के कारण इसका रूपान्तरण धात्विक पदार्थों में हो गया। इस संभावना के विपरीत यह मत व्यक्त किया जाता है कि यदि सिलिकेट या हाइड्रोजन में इस तरह का परिवर्तन कोर में स्थित दबाव के कारण मान भी लिया जाय तो भी उससे उत्पन्न घनत्व इतना नहीं हो सकता जितना कि वह इस समय है। उदाहरण स्वरूप बुध ग्रह सभी ग्रहों में लघुतम है परन्तु उसका घनत्व अधिक है। अतः लघुतम बुध ग्रह के कोर में न्यूनतम सम्पीडन अधिकतम घनत्व का सृजन नहीं कर सकता। वर्तमान समय में भू-भौतिकीवाद (geophysicists) एवं भूसायनज्ञ (geochemists) यह मानते हैं कि पृथ्वी का कोर धात्विक पदार्थों खासकर लोहे का बना है। अभिनव साक्ष्यों के आधार पर यह बताया जाता है कि वर्तमान कोर लोहे का बना है तो उस पर स्थित दबाव के अनुसार उसका (core) घनत्व और अधिक होना चाहिये जबकि ऐसा नहीं है। इस सन्दर्भ में यह व्यक्त किया जाता है कि सल्फाइड्स या कार्बाइड्स की कोर में उपस्थिति के कारण उसके घनत्व में न्यूनीकरण हो सकता है। पृथ्वी के निर्माणकाल या उसके बाद उसका (पृथ्वी) बड़े पैमाने पर न्यूनीकरण हुआ है। जिस कारण न केवल लौह यौगिक का धातु के रूप में बदलाव या न्यूनीकरण हुआ अपितु सिलिकेट का भी सिलिकन (जो इस समय अन्तरतम में मौजूद है) के रूप में न्यूनीकरण हो गया। इस समय वाह्य अन्तरतम में सिलिकन की मात्रा 20% तथा लोहे एवं निकल का प्रतिशत 80 है।

लेखन शैली का विकास कैसे करें?

1. **भूकंप वे दीपक है जो पृथ्वी के आंतरिक संरचना के बारे में सुस्पष्ट एवं वैज्ञानिक व्याख्या प्रस्तुत करते हैं।**
- उ. **चरण-1** भूकम्प विज्ञान वह विज्ञान है, जिसमें भूकंपीय लहरों का सीस्मोग्राफ यंत्र द्वारा अंकन किया जाता है। यही एक ऐसा प्रत्यक्ष साधन है, जिससे पृथ्वी के आंतरिक भाग की बनावट के विषय में पर्याप्त जानकारी उपलब्ध होती है।
चरण-2 भूकम्प के दौरान पृथ्वी में मुख्यतः तीन प्रकार की लहरें उत्पन्न होती हैं। इन लहरों को भूकम्पीय लहर कहते हैं।
 1. प्राथमिक लहरें (P-Waves)
 2. गौण लहरें (S-Waves)
 3. धरातलीय लहरें (L-Waves)**चरण-3** इसके बाद विभिन्न लहरों द्वारा उनकी गति, भ्रमण पथ के आधार पर आंतरिक भाग की जानकारी किस प्रकार प्राप्त होती है, इस बात को स्पष्ट करना है जो कि इस अध्याय में स्पष्ट किया गया है।
2. **पृथ्वी की आंतरिक संरचना के बारे में जानकारी अप्राकृतिक स्रोत की अपेक्षा प्रकृतिक स्रोतों से अधिक प्राप्त होती है। स्पष्ट करें?**
- उ. **चरण-1** सर्वप्रथम प्राकृतिक स्रोत एवं अप्राकृतिक स्रोतों के मध्य अंतर स्पष्ट करें।
चरण-2 अप्राकृतिक स्रोतों की कमियां बताएं कि किस प्रकार ये स्रोत पृथ्वी के आंतरिक संरचना के बारे में जानकारी प्रदान करने में पूर्णतः सक्षम नहीं हैं।
चरण-3 किस प्रकार प्राकृतिक स्रोत के घटक के रूप में भूकंप पृथ्वी की आंतरिक संरचना के बारे में सटीक जानकारी प्रदान करता है।