UNIT II – स्थलमंडल और स्थलमंडलीय गतिशीलता

3. पृथ्वी का संघठन और आंतरिक संरचना

3.1 एकलपिंड के रूप में पृथ्वी

प्रारंभ में, पृथ्वी के आंतरिक भाग के बारे में प्रत्यक्ष सूचनाओं की कमी के कारण, पृथ्वी को एक **'मोनोलिथ'– एकल विशाल ठोस चट्टान या पत्थर,** समझा जाता था। आधुनिक विज्ञान में प्रगति और बेहतर अनुभव जन्य अध्ययनों ने स्पष्ट रूप से इस **विचार को गलत सिद्ध कर दिया है।** वास्तव में, पृथ्वी की **आंतरिक संरचना परतदार है, इन परतों के** भौतिक-रासायनिक गुण भिन्न-भिन्न हैं।

पृथ्वी की संरचना परतदार है। वायुमंडल के सबसे दूरस्थ किनारे से पृथ्वी के केंद्र तक, मौजूदा पदार्थ विषमरूपीय है। वायुमंडलीय पदार्थ सबसे कम घना होता है। पृथ्वी की सतह से गहराई में अंतरतम तक, कई अलग-अलग मंडल हैं, जिनमें से प्रत्येक में विभिन्न **गुणों** वाले पदार्थ होते हैं।

3.1.1 स्थल मंडल का विकास

पृथ्वी अपनी आद्य अवस्था में अधिकांशतः अस्थिर अवस्था में थी। घनत्व में धीरे-धीरे वृद्धि के कारण अंदर के तापमान में वृद्धि होती गयी। परिणाम स्वरूप आंतरिक सामग्री उनके घनत्व के आधार पर पृथक-पृथक **होने** लगी। इससे **भारी सामग्री** (जैसे लोहा) **पृथ्वी के केंद्र में एकत्रित होता गया और हल्के पदार्थ भू-सतह** की ओर बढ़े। समय बीतने के साथ, यह और ठंडा हो गया और ठोस हो गया और एक छोटे आकार में संघनित हो गया। इससे बाद में बाहरी सतह का विकास भूपर्पटी के रूपमें हुआ। चंद्रमा के निर्माण के दौरान, विशाल प्रभाव के कारण, पृथ्वी और अधिक गर्म हो गई थी। यह विभेदन की प्रक्रिया के माध्यम से हुआ किपृथ्वीबनाने वालीसामग्रीविभिन्नपरतों में अलग हो गई। सतह से लेकर केन्द्रीय भाग तक, हमारे पास भूपर्पटी, मेंटल, बाह्य कोर और आंतरिक कोर जैसी परतें हैं। भूपर्पटी से कोर तक पद्धार्थ के घनत्व में वृद्धि होती गयी।

3.2 पृथ्वी की आंतरिक संरचना के स्रोत

उच्चस्तरीय संकल्पनाओं को अच्छी तरह से सीखने के लिए पृथ्वी की आधारभूत संरचना को समझना बहुत महत्वपूर्ण है। इसके अलावा, भूकंप, ज्वालामुखी, सुनामी आदि जैसी कई घटनाओं की उत्पत्ति पृथ्वी की आंतरिक संरचना से ही सम्बद्ध है।

पृथ्वी के आंतरिक भाग

इसके आंतरिक संगठन के विशाल आकार और उसकी परिवर्तनशील प्रकृति के कारण प्रत्यक्ष अवलोकनों द्वारा पृथ्वी के आंतरिक भागों के बारे में जानना संभव नहीं है। पृथ्वी के केंद्र (पृथ्वी की त्रिज्या 6,371 किमी. है) तक की दूरी मनुष्यों के लिए पहुंचने के दृष्टिकोण से लगभग असंभव दूरी है। पृथ्वी की संरचना के बारे में जानकारी के दो स्रोत है।

1. प्रत्यक्ष स्रोत: खनन और ड्रिलिंग कार्यों के माध्यम से हम पृथ्वी के आंतरिक भाग का प्रत्यक्षतः कुछ किलोमीटर की गहराई तक अवलोकन करने में सक्षम रहे हैं। प्रत्यक्ष स्रोत निम्नानुसार हैं :

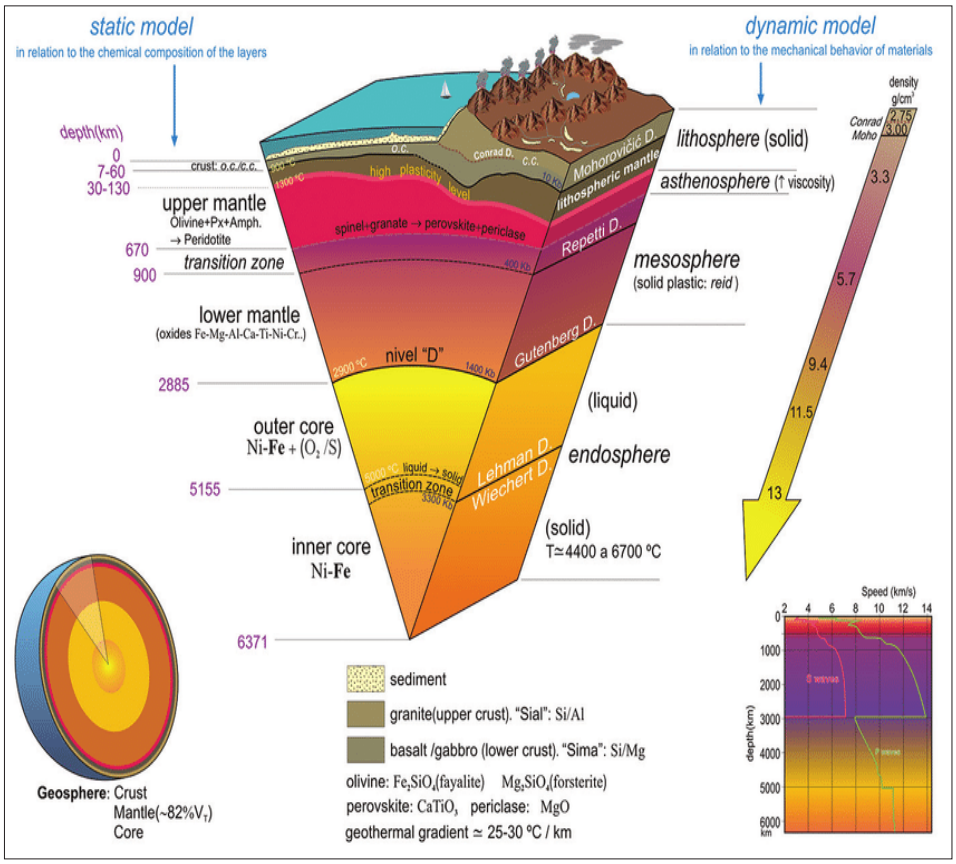
- खनन क्षेत्र की चट्टानें
- ज्वालामुखी उद्गार
- गहन महासागरीय ड्रिलिंग परियोजनाएं

2. अप्रत्यक्ष स्रोत: पृथ्वी के अंदर प्रत्यक्ष अवलोकन की सीमा निर्धारित करने के लिए पृथ्वी की सतह के नीचे तापमान में तेजी से वृद्धि मुख्य रूप से उत्तरदायी है।

- सतह से आंतरिक भाग की ओर तापमान और दाब परिवर्तन की दर।
- उल्काएं
- गुरुत्वाकर्षण
- चुंबकीय स्रोत
- भूकंपीय तरंगें

3.2.1 भूपर्पटी

भूपर्पटी सबसे बाहरी, कठोर, भंगुर और चट्टानी परत है जिस पर हम रहते हैं। इसके दो घटक हैं, महाद्वीपीय भूपर्पटी तथा महासागरीय भूपर्पटी। भूपर्पटी तीनों परतों में से सबसे कम घनत्व वाली है, जिसमें सापेक्ष घनत्व 2.7 से लेकर 3.0 तक पाया जाता है।



चित्र 3.1: पृथ्वी की आंतरिक संरचना Source: www.researchgate.net

महाद्वीपीय भूपर्पटी सिलिका और एल्यूमीनियम (एसआईएएल) जैसे हल्के तत्वों से निर्मित है। महाद्वीपीय भूपर्पटी कम घनत्व वाली ($2.7g/cm^3$) है और मुख्य रूप से ग्रेनाईट चट्टानों से बनी हुई है जबकि अपेक्षाकृत अधिक घनत्व वाली महासागरीय भूपर्पटी ($3.0g/cm^3$) काफी हद तक बेसाल्टिक चट्टानों से बनी होती है जिसमें सिलिकॉन, मैग्नीशियम (SiMa) और ऑक्सीजन जैसे खनिज और पदार्थ होते हैं।

भूपर्पटी की मोटाई समुद्र के नीचे 7-9 किमी से महाद्वीपों के नीचे 25-70 किमीतक भिन्न होती है। भूपर्पटी में खुदाई करने पर, नीचे की ओर तापमान में वृद्धि होने लगती है, लेकिन यह चट्टानों को पिघलाने के लिए पर्याप्त नहीं है। इसलिए भूपर्पटी एक कठोर, ठोस चट्टानी भूभाग बना रहता है।

भूपर्पटी मोहोरोविकिक असम्बद्धता पर समाप्त होती है, जहां कम घनत्व वाली भूपर्पटीय चट्टानें अधिक घनत्व वाली मेंटल चट्टानों को मार्ग देना प्रारंभ करती हैं।

हालांकि, भूपर्पटी के संपर्क वाली मेंटल की बाह्य परत, भूपर्पटी के समान कठोर, चट्टानी भौतिक अवस्था में है। वास्तव में, भूपर्पटी के साथ मेंटल के बाहरी ठोस चट्टानी भाग (आमतौर पर सतह से 100 किमी की गहराई तक) को स्थल मंडल के रूप में जाना जाता है।

स्थल मंडल

पृथ्वी की सबसे बाहरी परत को स्थल मंडल कहा जाता है। चूंकि, भूगोल पृथ्वी की बाहरी परत का अध्ययन है, इसलिए स्थलमंडल और इसकी खनिज संरचना का अध्ययन एक भूगोलवेत्ता के लिए बहुत अधिक महत्वपूर्ण होता है।

3.2.2 मेंटल

मेंटल पृथ्वी की सर्वाधिक आयतन वाली आंतरिक परत को संदर्भित करता है। भूपर्पटी के नीचे और 2900 किमी की गहराई तक पृथ्वी के हिस्से को मध्य मंडल/मेंटल के रूप में भी जाना जाता है। पृथ्वी के कुल आयतन का 84% मेंटल में निहित है।

जैसे-जैसे गहराई के साथ तापमान में वृद्धि होती है, ऊपरी मेंटल इतना गर्म हो जाता है कि यह गर्म प्लास्टिक जैसा सादृश हो जाता है। ऊपरी मेंटल में इस नरम प्लास्टिक की परत को दुर्बलता मंडल कहा जाता है। दुर्बलतामंडल की गर्म प्लास्टिक जैसी विशेषताएं और संवहनीय ऊष्मा कोशिकाएं इस परत के ऊपर स्थलमंडलीय प्लेटों को गति करने के लिए सुविधा प्रदान करती हैं?

यह ज्वालामुखी उद्गार के समय निकलने वाले पिघले हुए पदार्थ (मैग्मा) का मुख्य स्रोत है। मेंटल की सर्वाधिक प्रमुख चट्टान पेरिडोटाइट है, एक अति क्षारीय चट्टान जिसमें ओलिविन शामिल है जो मैग्नीशियम या आयरन कासिलिकेट है।

ऊपरी मेंटल	संक्रमण क्षेत्र	निचला मेंटल
• ऊपरी मेंटल क्रस्ट से लगभग 410 किलोमीटर की गहराई तक विस्तारित है। ऊपरी मेंटल ज्यादातर ठोस है, लेकिन इसके अधिक नम्य क्षेत्र विवर्तनिक गतिविधियों में योगदान करते हैं। • ऊपरी मेंटल के दो हिस्सों को अक्सर पृथ्वी के आंतरिक भाग में अलग-अलग क्षेत्रों के रूप में पहचाना जाता है: स्थल मंडल और दुर्बलता मंडल	• पृथ्वी की सतह से लगभग 410 किलोमीटर से 660 किलोमीटर नीचे तक, चट्टानें आमूलचूल परिवर्तनों से गुजरती हैं। यह मेंटल का संक्रमण क्षेत्र होता है। • संक्रमण क्षेत्र में, चट्टानें पिघलती या विखंडित नहीं होती हैं। बल्कि, उनकी क्रिस्टलीय संरचना महत्वपूर्ण तरीकों से बदलती है। चट्टानें बहुत, बहुत अधिक घनत्वयुक्त हो जाती हैं। • संक्रमण क्षेत्र ऊपरी और निचले मेंटल के बीच पदार्थों के बड़े आदान-प्रदान को रोकता है।	• निचला मेंटल पृथ्वी की सतह के नीचे लगभग 660 किलोमीटर से लगभग 2,700 किलोमीटर तक विस्तारित है। निचला मेंटल, ऊपरी मेंटल और संक्रमण क्षेत्र की तुलना में अधिक गर्म और घनत्व युक्त होता है। • निचला मेंटल, ऊपरी मेंटल और संक्रमण क्षेत्र की तुलना में बहुत कम लचीला है। यद्यपि ऊष्मा आमतौर पर नरम चट्टानों से मेल खाती है लेकिन अत्यधिक दबाव निचले मेंटल को ठोस रखता है।

मोहोरोविकिक असम्बद्धता मेंटल को क्रस्ट से अलग करता है (चित्र 3.1 देखें) जबकि मेंटल और कोरगुटेनबर्ग असम्बद्धता द्वारा अलग किए जाते हैं।

3.2.3 अंतरतम (कोर)

आंतरिक ठोस कोर जिसे गुरुमंडल (बैरिस्फियर) के रूप में भी जाना जाता है, का तापमान पृथ्वी के केंद्र में 6371 किमी की गहराई पर 6000 डिग्री सेल्सियस तक पहुंच जाता है।

ठोस आंतरिक कोर के ऊपर, एक द्रवित बाह्य कोर होती है जो मुख्य रूप से द्रवित लोहे और निकल से भरा होता है। उच्च तापमान होने के बावजूद, आंतरिक कोर ठोस है क्योंकि इतनी अधिक गहराई पर दाब भी अधिक है, जो पदार्थ के गलनांक बिंदु को बढ़ाता है।

आंतरिक कोर का सापेक्ष घनत्व लगभग 13 ग्राम/सेमी^{3} है। जबकि बाह्य कोर का घनत्व 10 ग्राम/सेमी^{3} है। मेंटल और कोर के बीच अलगाव को गुटेनबर्ग असम्बद्धता कहा जाताहै (देखें आकृति 3.1)

बाह्य कोर

हाल ही में, तुर्कीये (पुराना नाम तुर्की) में 7.8 तीव्रता का भूकंप आया जिसका केंद्र तुर्कीये के गाजियांटेप प्रांत में था।

बाह्य कोर, जो आंतरिक कोर को घेरे हुए है, ग्रह की सतह के नीचे 2900 से 5100 किमी के मध्य अवस्थित है। लोहे के साथ निकिल और हल्की धातुओं के अंश बाह्य कोर का निर्माण करते हैं। यद्यपि बाह्य कोर की संरचना आंतरिक कोर की संरचना के समान है, लेकिन यह द्रवावस्था में है क्योंकि ठोस होने के लिए पर्याप्त दाब का अभाव है। डायनेमो सिद्धांत के अनुसार, पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र बाह्य कोर में संवहन द्वारा, जो कोरिओलिस प्रभाव के साथ युग्मित होता है, उत्पन्न होता है।

आंतरिक कोर

आंतरिक कोर सतह के नीचे पृथ्वी के केंद्र से 5,100 किमी की गहराई तक विस्तारित है। यह परत कठोर है क्योंकि इससे होकर अपरूपणकारी तरंगे (अपरूपणकारी भूकंपीय तरंगे) गुजर सकती है। (**एस-तरंगें** तब उत्पन्न होती हैं जब **पी-तरंगें** कोर की बाह्य सीमा और कोर की आंतरिक सीमा से टकराती हैं।) **पृथ्वी के आंतरिक कोर का घूर्णन सतह की** तुलना में थोड़ा तेज है। ठोस आंतरिक कोर बहुत अधिक गर्म है इससे एक निरंतर **चुंबकीय क्षेत्र** बना रहता है। कोर (आंतरिक और बाह्य कोर) पृथ्वी के कुल आयतन का केवल **16%** बनाता है, लेकिन यह इसके द्रव्यमान का **33%** है।

3.3 भूकंप

एक भूकंप पृथ्वी की सतह का कम्पन है, जिसके परिणामस्वरूप **पृथ्वी के स्थलमंडल से** अचानक ऊर्जा मुक्त होती है जो भूकंपीय तरंगें पैदा करती है। भूकंप भूपटल के माध्यम से **गुजरने वाली** तरंग गति की ऊर्जा का रूप है। यह भ्रंशन, वलन, प्लेटों की गतिशीलता, ज्वालामुखीय उद्गार और बांधों एवं जलाशयों जैसे मानवजनित कारकों के कारण हो सकता है।

भूकंप सभी प्राकृतिक आपदाओं में से अब तक की सर्वाधिक अप्रत्याशित और अत्यधिक विनाशकारी आपदा है। भूपर्पटी के भीतर कंपन की हल्की तरंगों के कारण होने वाले पृथ्वी के मामूली झटके प्रत्येक कुछ मिनटों में आते रहते हैं, जबकि बड़े भूकंप आमतौर पर भ्रंशों के साथ होने वाली गतियों के कारण होते हैं, यह बहुत विनाशकारी हो सकता है विशेष रूप सेघनी आबादी वाले क्षेत्रों में।

भूकंप मूल और केन्द्र	रिक्टरस्केल	मर्कालली स्केल
• पृथ्वी के भीतर वह बिंदु जहां भ्रंशन प्रारंभ होती है,उसे भूकंप मूल, या हाइपोसेंटर कहते है। • भूकंप मूल के ठीक ऊपर सतह पर स्थित बिंदु को भूकंपकेन्द्र कहते है।	• रिक्टर परिमाण पैमाना भूकंप द्वारा मुक्त की गई ऊर्जा के परिमाण को मापने वाला पैमाना है। • यह पैमाना वर्ष 1935 में चार्ल्स एफ रिक्टर द्वारा तैयार किया गया था। • परिमाण को इंगित करने वाली संख्या 0 से 9 के बीच होती है।	• मर्कालली तीव्रता पैमाना एक भूकंपीय पैमाना है जिसका उपयोग भूकंप की तीव्रता को मापने के लिए किया जाता है। • यह भूकंप के प्रभाव को मापता है। • तीव्रता दर्शाने वाली संख्या 1 से 12 के बीच होती है।

3.3.1 भूकंपीय तरंगें

भूकंपीय तरंगें पृथ्वी के भीतर के पदार्थों में अचानक गति जैसे कि भूकंप के दौरान एक भ्रंश के साथ खिसकाव, के कारण उत्पन्न होती हैं। ज्वालामुखी उद्गार, विस्फोट, भूस्खलन, हिमस्खलन और यहां तक कि बहती नदियां भी भूकंपीय लहरों का कारण बन सकती हैं।

3.3.1 भूकंपीय तरंगें

भूकंपीय तरंगें पृथ्वी के भीतर के पदार्थों में **अचानक गति** जैसे कि भूकंप के दौरान एक भ्रंश के साथ खिसकाव, के कारण उत्पन्न होती हैं। ज्वालामुखी उद्गार, विस्फोट, भूस्खलन, हिमस्खलन और यहां तक कि बहती नदियां भी भूकंपीय लहरों का कारण बन सकती हैं।

भूकंपीय तरंगों के मुख्य प्रकार

I. काय तरंगें

तीव्र, उच्च आवृत्ति

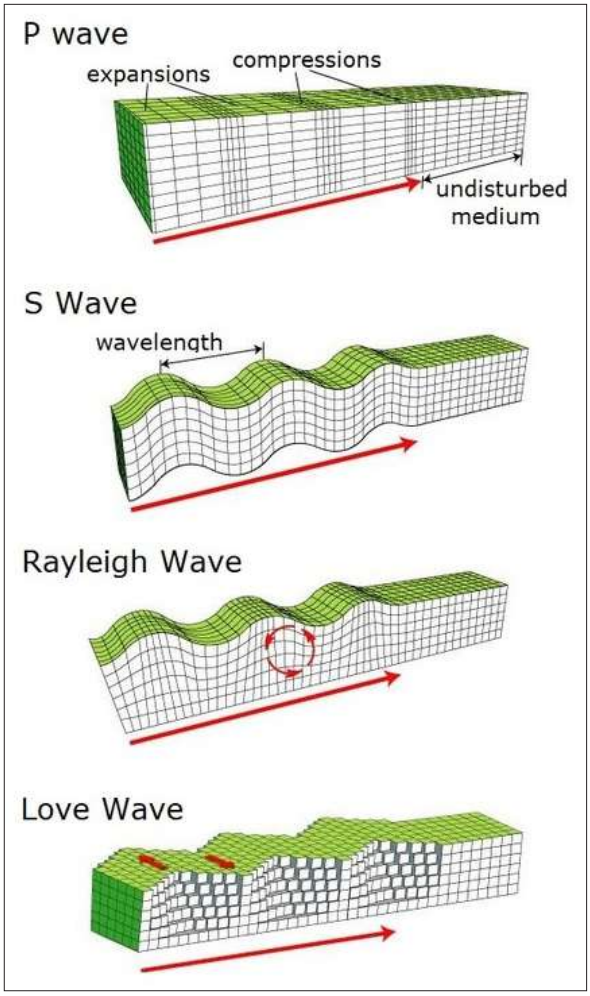
पृथ्वी के आंतरिक भाग के माध्यम से यात्रा करते हुए, काय तरंगें भूकंप द्वारा **उत्सर्जित** धरातलीय तरंगों से पूर्व पहुंचती हैं। इन तरंगों की आवृत्ति धरातलीय तरंगों कि तुलना में अधिक होती है।

i. प्राथमिक तरंगें (पी-तरंगें)

काय तरंगों में पहले प्रकार की तरंग P तरंग या प्राथमिक तरंग है। इनकी गति भूकंपीय तरंगों में सर्वाधिक होती है, और भूकंपीय स्टेशन पर पहुंचने वाली सबसे पहली तरंग है। **P तरंगें ठोस चट्टान और द्रव माध्यम से** गुजर सकती हैं, जैसे पानी या पृथ्वी की द्रवित परतें। यह चट्टान को हिलाता है और फैलाता है वैसे ही जैसे ध्वनि तरंगें हवा को संकुचित करती हैं और हवा का विस्तार करती हैं क्योंकि वे इसी माध्यम से गुजरती हैं।

ii. द्वितीयक तरंगें (S-तरंगें)

दूसरे प्रकार की काय तरंगे एस (S) तरंगे या द्वितीयक/गौण तरंगे है, और इसे याद रखना आसान है क्योंकि वे भूकंप के बाद आने वाली दूसरी लहर हैं। S तरंगें **P तरंगों की तुलना में लगभग 1.7 गुना धीमी गति से यात्रा करती है।** सबसे बड़ा अंतर यह है कि S तरंगें **तरल** माध्यम से यात्रा नहीं करती हैं। क्योंकि S तरंगें केवल **ठोस पदार्थों** के माध्यम से गुज़रती हैं, इसलिए भूकंप विज्ञानी इस निष्कर्ष पर पहुंचे कि पृथ्वी की बाह्य कोर द्रवावस्था में है। S तरंगें चट्टान के कणों को ऊपर और नीचे, या एक-दूसरे के पार्श्व में दोलायमान करती हैं, और हमेशा इन तरंगों की संचरण दिशा तथा कणों के दोलन की दिशा एक-दूसरे के समकोण पर होती हैं।



आकृति 3.2: भूकंपीय तरंगें Source: www.sciencelearn.org

II. धरातलीय तरंगें

धीमी, निम्न आवृत्ति

धरातलीय तरंगें ग्रह की सतह पर पृथ्वी के पदार्थों के माध्यम से अधिक धीमी गति से यात्रा करती हैं और मुख्य रूप से काय तरंगों की तुलना में **कम आवृत्ति** होती हैं। वे भूकंपलेखीग्राफ पर सरलता से अन्यों से अलग पहचानी जा सकती हैं। **उथले (कम गहराई पर उद्गमित) भूकंप मजबूत धरातलीय तरंगों** का उत्पादन करते हैं; गहरे मूल वाले भूकंपों में धरातलीय तरंगों की शक्ति कम हो जाती है।

i. लव तरंगें (एल-तरंगें)

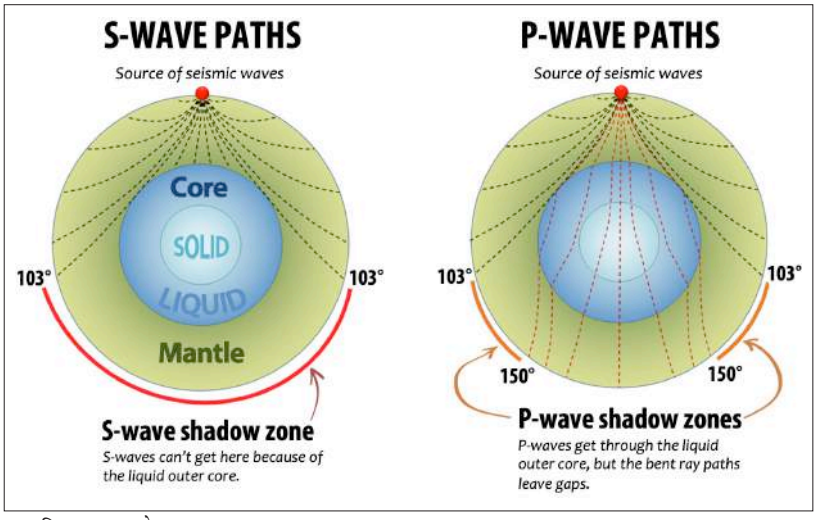
एक प्रकार की धरातलीय तरंगों को लव तरंगें कहा जाता है, यह नामकरण ब्रिटिश **गणितज्ञ ए. ई. एच. लव के नाम पर रखा गया है, जिन्होंने** 1911 में इस तरंग प्रकार के लिए गणितीय मॉडल तैयार किया था। लव तरंगें पूरी तरह से **क्षैतिज गति** उत्पन्न करती हैं।इनका आयाम सतह पर सबसे बड़ा है और अधिक गहराई के साथ कम होता जाता है।

ii. रेले तरंगें

एक रेले तरंग लव तरंगों की तुलना में अधिक जटिल गति से धरातल के साथ घूमती है। यद्यपि रेले तरंगें **महासागरों पर लुढ़कती लहरों की तरह दिखाई देती हैं,इनमे कणीय गति समुद्र की लहरों** के विपरीत है। क्योंकि यह लुढ़कता है, यह जमीन को ऊपर और नीचे ले जाता है, और उस दिशा में आगे और पीछे ले जाता है जिस दिशा में लहर चल रही है। भूकंप से महसूस होने वाले अधिकांश झटके रेले तरंगों के कारण होते हैं, जो अन्य लहरों से बहुत बड़े हो सकते हैं।लव तरंगों की तरह, रेले तरंगों का आयाम गहराई के साथ नाटकीय रूप से कम हो जाता है।

3.3.2 छाया क्षेत्र

भूकंपीय तरंगों को दूरस्थ स्थानों पर सीस्मोग्राफ द्वारा अभिलिखित किया **जाता** है। तरंगों के आगमन समय में अंतर, अपेक्षा से अलग तरंग पथ (विवर्तन के कारण), और कुछ क्षेत्रों में भूकंपीय तरंगों की अनुपस्थिति, जिन्हें **छाया क्षेत्र** कहा जाता है, पृथ्वी के आंतरिक भाग के **मानचित्रण को संभव बनाते है।** गहराई के साथ वेग में परिवर्तन संघटन और घनत्व में परिवर्तन का संकेत देता है। इसी वेग में परिवर्तन को देखकर हम पृथ्वी के आंतरिक भाग के संघठन और घनत्व का अनुमान लगा सकते हैं (घनत्व में परिवर्तन तरंगों की गति में बहुत अधिक परिवर्तन कर देता है)। गहराई के साथ तरंग की **एकरूपता में बदलाव** एक चरण में बदलाव को इंगित करती है। ऐसे ही, तरंगों की दिशा में परिवर्तन से छाया क्षेत्रों का उद्भव होता है, इन विभिन्न परतों को अवलोकन द्वारा पहचाना जा सकता है।



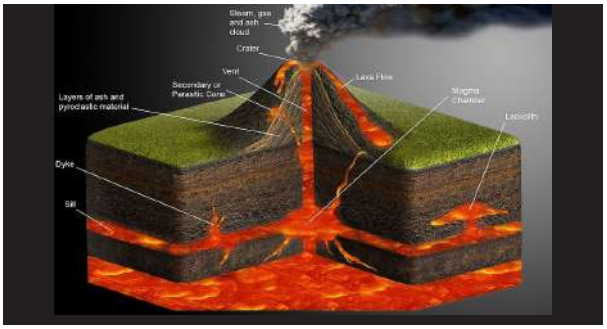
आकृति- 3.3: छायाक्षेत्र Source: www.en.wikipedia.org

3 .4 ज्वालामुखी और उसके प्रकार

ज्वालामुखी एक ऐसा स्थान है जहां से गैसों, राख और/या पिघले हुए चट्टानी पदार्थ - लावा - का धरातल से निकास होता है। एक ज्वालामुखी को **सक्रिय** ज्वालामुखी कहा जाता है यदि हाल के दिनों में उल्लिखित सामग्री उत्सर्जित हो रही है या स्रावित हो रही है, जैसे अंडमान सागर में **अंडमान द्वीप समूह (बैरन द्वीप) के ज्वालामुखी**। मेंटल ठोस क्रस्ट के नीचे की परत है। इसका घनत्व भूपर्पटी की तुलना में अधिक है। मेंटल में एक **दुर्बलमंडल** होता है जिसे **एस्थेनोस्फीयर कहा जाता है। पिघले हुए चट्टानी पदार्थ इसमें से धरातल पर आने के लिए मार्ग ढूँढ़ते है।** ऊपरी मेंटल के भाग के पदार्थों को **मैग्मा** कहा जाता है। एक बार जब यह भूपर्पटी की ओर बढ़ना शुरू कर देता है या यह धरातल पर पहुंच जाता है, तो इसे **लावा** कहा जाता है। धरातल तक पहुंचने वाली सामग्री में लावा प्रवाह, पाइरोक्लास्टिक मलबा, ज्वालामुखी बम, राख और धूल और नाइट्रोजन यौगिक, एवं सल्फर यौगिक,युक्त गैसें जिनमे अल्प मात्रा में क्लोरीन, हाइड्रोजन और आर्गन गैसें भी होती हैं।

ज्वालामुखियों को उद्गार की प्रकृति और सतह पर विकसित रूपाकार के आधार पर वर्गीकृत किया गया है। ज्वालामुखियों के मुख्य प्रकार इस प्रकार हैं-

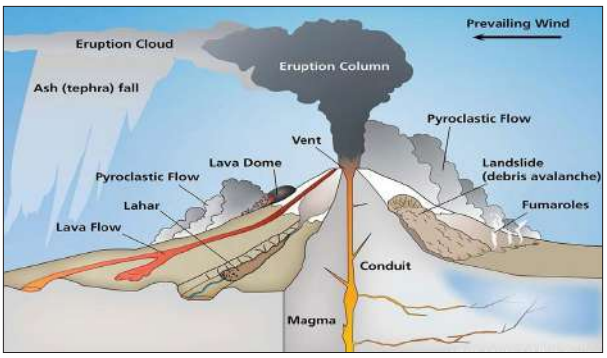
3.4.1 शील्ड ज्वालामुखी



चित्र 3.4: शील्ड ज्वालामुखी Source: www.pinterest.com

शील्ड ज्वालामुखी पृथ्वी पर सभी ज्वालामुखियों में **सबसे बड़े होते** हैं। ये ज्वालामुखी ज्यादातर **बेसाल्ट-** एक प्रकार का लावा जो उद्गार के समय पर **बहुत तरल होता** है, से बने होते हैं। इस कारण से, ये ज्वालामुखी खड़ी ढाल वाले नहीं होते हैं। अगर किसी तरह ज्वालामुखी नली में पानी मिल जाता है तो वे विस्फोटक हो जाते हैं; अन्यथा, वे कम-विस्फोटकता की विशेषता से युक्त हैं। आगामी लावा एक फव्वारे के रूप में उद्गारित होता है और ज्वालामुखी नली के मुख पर बने शंकु को उखाड़ फेंकता है और **सिंडर शंकु के रूप** में विकसित होता है। उदाहरण के लिए, हवाई ज्वालामुखी।

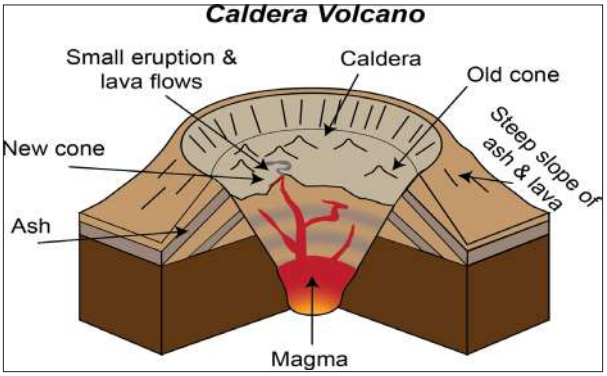
3.4.2 कंपोजिट ज्वालामुखी



चित्र 3.5: कंपोजिट ज्वालामुखी Source: www.nps.gov

इन ज्वालामुखियों **की विशेषता बेसाल्ट की तुलना में ठंडे और अधिक चिपचिपे लावा का उद्गार है।** इन ज्वालामुखियों के परिणामस्वरूप अक्सर विस्फोटक उद्गार होते हैं। लावा के साथ, बड़ी मात्रा में **पाइरोक्लास्टिक सामग्री और राख** धरातल पर अपना मार्ग खोजते हैं। यह सामग्री ज्वालामुखी नली के मुख के आसपास के क्षेत्र में जमा होती है जिससे परतों का निर्माण होता है, और इससे पर्वत कंपोजिट ज्वालामुखियों के रूप में दिखाई देते हैं। कंपोजिट ज्वालामुखियों के प्रसिद्ध **उदाहरणों** में जापान में माउंट फ़ूजी, वाशिंगटन राज्य में माउंट रेनियर और माउंट सेंट हेलेंस, तथा फिलीपींस में मेयोन ज्वालामुखी शामिल हैं।

3.4.3 काल्डेरा



चित्र 3.6: काल्डेरा Source: ds.iris.edu

ये पृथ्वी के ज्वालामुखियों में **सर्वाधिक विस्फोटक** हैं। वे आमतौर पर इतने विस्फोटक होते हैं कि जब वे फटते हैं, तो वे किसी भी ऊंची संरचना का निर्माण करने के बजाय **खुद पर गिर जाते** हैं। ध्वस्त गर्तों को **काल्डेरा** कहा जाता है। उनकी विस्फोटकता इंगित करती है कि लावा की आपूर्ति करने वाला मैग्मा कक्ष न केवल विशाल है, बल्कि **आसपास के क्षेत्र** में भी है।

उदाहरणः ओरेगन , संयुक्त राज्य अमेरिका में क्रेटर झील।

3.4.4 मध्य महासागरीय कटक ज्वालामुखी

इस प्रकार की ज्वालामुखी क्रियाएं महासागरीय क्षेत्रों में होती हैं। 70,000 किमी से अधिक लंबी मध्य-महासागरीय कटकों की एक प्रणाली है जो सभी महासागरीय द्रोणियों के माध्यम से फैली हुई है। इस कटक के मध्य भाग पर निरंतर उद्गार का अनुभव होता है।

3.5 पृथ्वी के खनिज : उत्पत्ति, वर्गीकरण और चट्टान चक्र

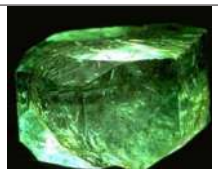
पृथ्वी का निर्माण **सौर नीहारिका** से हुआ था। यह **चार पार्थिव ग्रहों** का एक भाग है, और इस प्रकार सौर तंत्र के भारी और अधिक घनत्व युक्त खनिजों से बना है। जैसे ही पृथ्वी ठंडी हुई, पृथ्वी के खनिजों ने घनत्व विभेदीकरण की प्रक्रिया के माध्यम से विभिन्न घनत्ववाली परतों में स्वंयं को व्यवस्थित किया। पृथ्वी के खनिजों की बेहतर समझ अलग-अलग परतों और उनके विशिष्ट खनिजों का अध्ययन करके खनिजों की बेहतर समझ बनाई जा सकती है।

3.5.1. खनिज और चट्टानें

खनिज चट्टानों के लिए आधारभूत इकाई हैं, और इसी कारण, पृथ्वी के लिए भी खनिज एक निश्चित रासायनिक नाम और सूत्र के साथ एक प्राकृतिक यौगिक है। लगभग 5,000 ज्ञात खनिज हैं और उनमें से अधिकांश में सिलिकॉन और ऑक्सीजन परमाणु होते हैं। लेकिन **केवल 10 खनिज अधिक महत्वपूर्ण** हैं और उन्हें **चट्टान निर्माणकारी खनिजों** के रूप में जाना जाता है। सबसे आम **हैं फेल्सपार** और **क्वार्ट्ज - SiO_2** (अधिकांश भूपर्पटी इन 2 खनिजों से बनी है)। खनिज आमतौर पर चट्टानों में क्रिस्टल के रूप में मौजूद होते हैं।

भूपर्पटी का संघटन

- केवल लगभग 50 खनिज प्रचुर मात्रा में विद्यमान हैं। भूपर्पटी का 98.5% हिस्सा सिर्फ 8 तत्वों से बना है।

					
फेल्सपार	**क्वार्टज़**	**पाइरोक्सिन**	**हॉर्नब्लेंड**	**अभ्रक**	**ओलिविन**
I. सिलिकॉन और ऑक्सीजन सभी प्रकार के फेल्सपार के मुख्य तत्व हैं। II. फेल्सपार की विशिष्ट किस्मों में सोडियम, पोटेशियम, कैल्शियम, एल्यूमीनियम आदि मौजूद हैं। III. भूपर्पटी का आधा हिस्सा फेल्सपार प्लाजियोक्लेस (39%) और क्षार फेल्सपार (12%) से बना है। IV. यह हल्के क्रीम से लेकर सल्मोन गुलाबी रंग का होता है। V. फेल्सपार आमतौर पर सिरेमिक और कांच के निर्माण में उपयोग किया जाता है।	I. क्वार्ट्ज बालू और ग्रेनाइट के सबसे महत्वपूर्ण घटकों में से एक है। II. यह सिलिकॉन डाइऑक्साइड से बना है, एक कठोर खनिज जो व्यावहारिक रूप से पानी में अघुलनशील है। III. यह आमतौर पर सफेद या रंगहीन होता है। IV. इसका उपयोग रेडियो, रडार आदि बनाने के लिए किया जाता है।	I. पाइरोक्सिन के सामान्य तत्व कैल्शियम, एल्यूमीनियम, मैग्नीशियम, लोहा और सिलिकॉन हैं। II. भूपर्पटी का लगभग 10% पाइरोक्सिन से बना है। III. पाइरोक्सिन आमतौर पर उल्कापिंडों में पाया जाता है। IV. यह आमतौर पर हरे या काले रंग का होता है।	I. एल्यूमीनियम, कैल्शियम, सिलिकॉन, लोहा और मैग्नीशियम हॉर्नब्लेंड के मुख्य तत्व है। II. वे भूपर्पटी का 7% हिस्सा बनाते हैं। III. यह हरे या काले रंग का होता है और अक्सर ग्रे कटिंग उद्योग में उपयोग किया जाता है। IV. हॉर्नब्लेंड का उपयोग भवन निर्माण के लिए किया जाता है।	I. यह पोटेशियम, एल्यूमीनियम, मैग्नीशियम, लोहा, सिलिकॉन और अन्य तत्वों से मिलकर बना होता है। II. यह भूपर्पटी के 4% का प्रतिनिधित्व करता है। III. अभ्रक आमतौर पर आग्नेय और रूपांतरित चट्टानों में पाया जाता है। IV. अभ्रक का उपयोग आमतौर पर विद्युत उपकरणों में किया जाता है।	I. मैग्नीशियम, लोहा और सिलिका ओलिविन के मुख्य तत्व हैं। II. आमतौर पर हरे बेसाल्ट में पाया जाता है। III. पेरिडॉट का उपयोग अक्सर आभूषण निर्माण में किया जाता है। IV. पारदर्शी हरी किस्म को पेरिडॉट के रूप में जाना जाता है। प्राचीन काल में यह पूर्वी देशों में एक रत्न के रूप में इस्तेमाल किया जाता था।

- भूपर्पटी में (अब तक!) सर्वाधिक मात्रा में पाये जाने वाला तत्व- ऑक्सीजन है। - यह सिलिकेट (SiO2- आधारित) खनिजों के महत्व को दर्शाता है। एक बड़े परमाणु के रूप में, ऑक्सीजन भूपर्पटी के आयतन का ₹93% अधिग्रहित किये हुए है।

3.6 चट्टानें

चट्टानें खनिजों से बनी पृथव्य सामग्री (Earth materials) हैं। खनिज, चट्टानों का निर्माण करने के लिए संयोजित होते हैं , इसलिए, चट्टानें "**खनिजों का समुच्चय** " के अलावा कुछ भी नहीं हैं। अधिकांश चट्टानों में एक से अधिक प्रकार के खनिज होते हैं। चट्टान कठोर या मुलायम हो सकती है और विभिन्न रंगों में कठोर होती है, सोपस्टोन नरम होता है, गैब्रो काला होता है और क्वार्टजाइट दूधिया सफेद हो सकता है, चट्टानों में खनिज निश्चित संरचना क्रम में नहीं होते है।

उदाहरण: ग्रेनाइट (**फेल्सपार,** क्वाट्र्ज और हॉर्नब्लेंड का एक समुच्चय;) **चट्टानों के तीन प्रकार** हैं: आग्नेय, अवसादी और रूपांतरित।

3.6.1 आग्नेय चट्टानें

पृथ्वी पर ज्यादातर चट्टानें आग्नेय हैं। इस प्रकार की चट्टानें **मैग्मा** या **लावा** के दृढ़ीकरण से बनती हैं। (मैग्मा -पिघली हुई उपसतह। लावा - सतह पर पिघला हुआ)।

कुछ उदाहरण: गैब्रो, डायोराइट, ग्रेनाइट, बेसाल्ट, एंडेसाइट और राइयोलाइट।

आग्नेय चट्टानों को विभिन्न ढंगों से वर्गीकृत किया जा सकता है।

- **बहिर्वेधी:** (ज्वालामुखीय) चट्टानें तब बनती हैं जब बहता हुआ लावा मैग्मा को प्रवाहित करके पृथ्वी की सतह पर **बाहर उड़ेल देता** है, यह आमतौर पर जल्दी से ठंडा हो जाता है तथा छोटे क्रिस्टल बनते है और अदृश्य या बहुत छोटे दाने निर्मित होते हैं।
- **अंतर्वेधी: चट्टानें** तब बनती हैं जब मैग्मा सतह के नीचे भूपर्पटी में **जमता** है। यह आमतौर पर धीरे-धीरे ठंडा होता है और बड़े क्रिस्टल बनते है।
- **पातालीय(प्लूटोनिक):** तीन चट्टानों में से सर्वाधिक धीरे-धीरे ठंडी होने वाली। पृथ्वी के अंदर बहुत गहरायी में मैग्मा के ठंडा होने के कारण प्लूटोनिक आग्नेय चट्टानों का निर्माण होता है। चूंकि मैग्मा के ठंडा होने की दर वहां प्रचलित उच्च तापमान के कारण बहुत धीमी है और इसलिए बड़े दानें के पूर्ण विकास के लिए पर्याप्त समय होता है। इस प्रकार, प्लूटोनिक आग्नेय चट्टानें बहुत मोटे दाने वाली (पेगमेट्स) चट्टानें हैं। ग्रेनाइट इस श्रेणी का सबसे अच्छा प्रतिनिधित्व करने वाला उदाहरण है।

3.6.2 अवसादी/तलछटी चट्टानें

अवसाद, अवसादी चट्टानों का निर्माण करने वाली इकाई हैं। अवसाद विविध प्रकार के होते हैं, जैसा कि उनसे बनी चट्टानें होती हैं।

ये चट्टानें अवसादों के क्रमिक **जमाव** के परिणामस्वरूप बनती हैं। ये अवसाद पहले से मौजूद चट्टानों के टुकड़े हो सकते हैं , जो आग्नेय, रूपांतरित या पुरानी अवसादी चट्टानें हो सकती हैं। जिस प्रक्रिया के द्वारा अवसादी चट्टानें लगातार जमा होती हैं, उसे शिलीभवन **(लिथिफिकेशन)** कहा जाता है। इसे **स्तरीकृत** चट्टान भी कहा जाता है क्योंकि इसमें क्रमिक अवसादी स्तर या स्तरित संरचना होती है।

अवसादी /तलछटी चट्टानों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया है

- **खंडज (क्लैस्टिक) चट्टानें:** क्लैस्टिक चट्टानों का निर्माण क्लैस्टिक चट्टानों के संचय से होता है। चट्टान के छोटे टुकड़े **यांत्रिक अपक्षय द्वारा जमा किए जाते** हैं और फिर संहतीकरण और संयोजन द्वारा चट्टानीकृत होते हैं। क्लैस्टिक अवसादी चट्टानों के उदाहरणों में बलुआ पत्थर, शेल, सिल्टस्टोन और ब्रेकिया शामिल हैं।
- **रासायनिक अवसादी चट्टानें:** रासायनिक **अवसादी** चट्टान तब बनती है जब एक जल घटक **घुले हुए खनिजों** को पीछे छोड़कर वाष्पित हो जाता है। इस तरह की अवसादी चट्टानें शुष्क भूमि में बहुत आम हैं, जैसे नमक और जिप्सम के जमाव।इसके उदाहरणों में शामिल है - सेंधा नमक, डोलोमाइट, चर्ट, लौह अयस्क, चकमक और कुछ चूना पत्थर।
- **जैविक-अवसादी चट्टानें:** जैविक- **अवसादी** चट्टान **जंतुओं** या **पौधों** के अवशेषों (कंकाल, हड्डियों, आदि) के निक्षेपीकरण से बनती है। इन जंतुओं और पौधों में कैल्शियम खनिज होते हैं जो समय के साथ जैविक अवसादी चट्टानें बनाने के लिए समुद्र तल पर निक्षेपित होते रहते हैं। इसके उदाहरणों में कोयला, कुछ चूना पत्थर और कुछ डोलोमाइट जैसी चट्टानें शामिल हैं।

3.6.3 रूपांतरित चट्टानें (मेटामॉर्फिक)

मेटामॉर्फिक - एक मूल "जनक" से भिन्न हो गया। (मेटा = परिवर्तन; मॉर्फ = रूप या आकार)। मेटामॉर्फिक परिवर्तन धीमा और ठोस अवस्था में होता है।

रूपांतरित चट्टानें एक प्रक्रिया में पहले से मौजूद चट्टानों के रूपांतरण से बनती हैं जिसे मेटामोर्फिज्म (जिसका अर्थ है "आकार का परिवर्तन") कहा जाता है। मूल चट्टान या "**प्रोटोलिथ**" ऊष्मा और दाब के प्रभावाधीन है, जो चट्टान में भौतिक, रासायनिक और खनिज परिवर्तन का कारण बनता है। प्रोटोलिथ आग्नेय, अवसादी, या पहले से मौजूद रूपांतरित चट्टानें हो सकती हैं। रूपांतरित चट्टानें भूपर्पटी के **भीतर** बनती हैं। तापमान और दाब की दशाओं में परिवर्तन रत्नों के खनिज समूह में परिवर्तन का कारण हो सकता है।

रूपांतरित चट्टानें अंततः ऊपरी चट्टानों के उत्थान और अपरदन के परिणामस्वरूप सतह पर आती हैं।

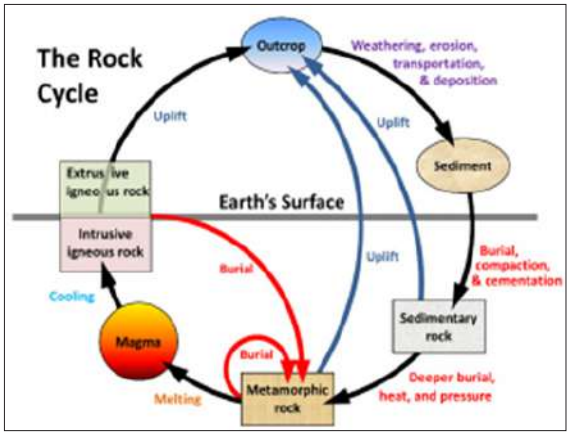
- ✔ रूपांतरित चट्टानों के कुछ **उदाहरण नीस, स्लेट, संगमरमर, शिस्ट** और **क्वार्टजाइट** हैं।
- ✔ **स्लेट और क्वार्टजाइट** टाइल्स का उपयोग भवन निर्माण में किया जाता है।

3.6.4 चट्टान चक्र

भूपर्पटी के चट्टानी अवयवों में एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तन धीमा लेकिन निरंतर होता रहता है, और इसमें शामिल प्रक्रियाओं को चट्टान चक्र में संक्षेपित किया जाता है (चित्र 3.7)।

चट्टान चक्र **दो बलों** द्वारा संचालित होता है।

1. **पृथ्वी का आंतरिक ऊष्मा इंजन,** जो कोर और मेंटल में सामग्री को चारों ओर ले जाता है और भूपर्पटी के भीतर मंद लेकिन महत्वपूर्ण परिवर्तनों को प्रेरित करता है।
2. सूर्य द्वारा संचालित जल, हिम और सतह की हवा से संबंधित जल **चक्र**।



चित्र 3.7: चट्टान चक्र Source: www.earthsci.org

पृथ्वी के चट्टानी चक्र अभी भी सक्रिय हैं क्योंकि पृथ्वी का कोर मेंटल को गतिशील करने के लिए पर्याप्त गर्म है, वायुमंडल अपेक्षाकृत मोटा है, और पानी द्रव रूप में विद्यमान है।

कुछ अन्य ग्रहों या उपग्रहों जैसे चंद्रमा पर, चट्टानी चक्र प्रभावी रूप से मृत हो चुका है क्योंकि कोर अब मेंटल संवहन का कारण बनने के लिए पर्याप्त गर्म नहीं है और कोई वातावरण या तरल पानी भी नहीं है।

3.7 पृथ्वी का स्थलमंडल : प्रकृति और संघटन

स्थलमंडल: भूगोल भूसतह के अध्ययन से संबंधित है और स्थलमंडल इस परत को सूक्ष्मतापूर्वक बनाता है। एक भूगोलवेत्ता स्थलमंडल और इसकी गतिशीलता में अधिक रुचि रखता है।

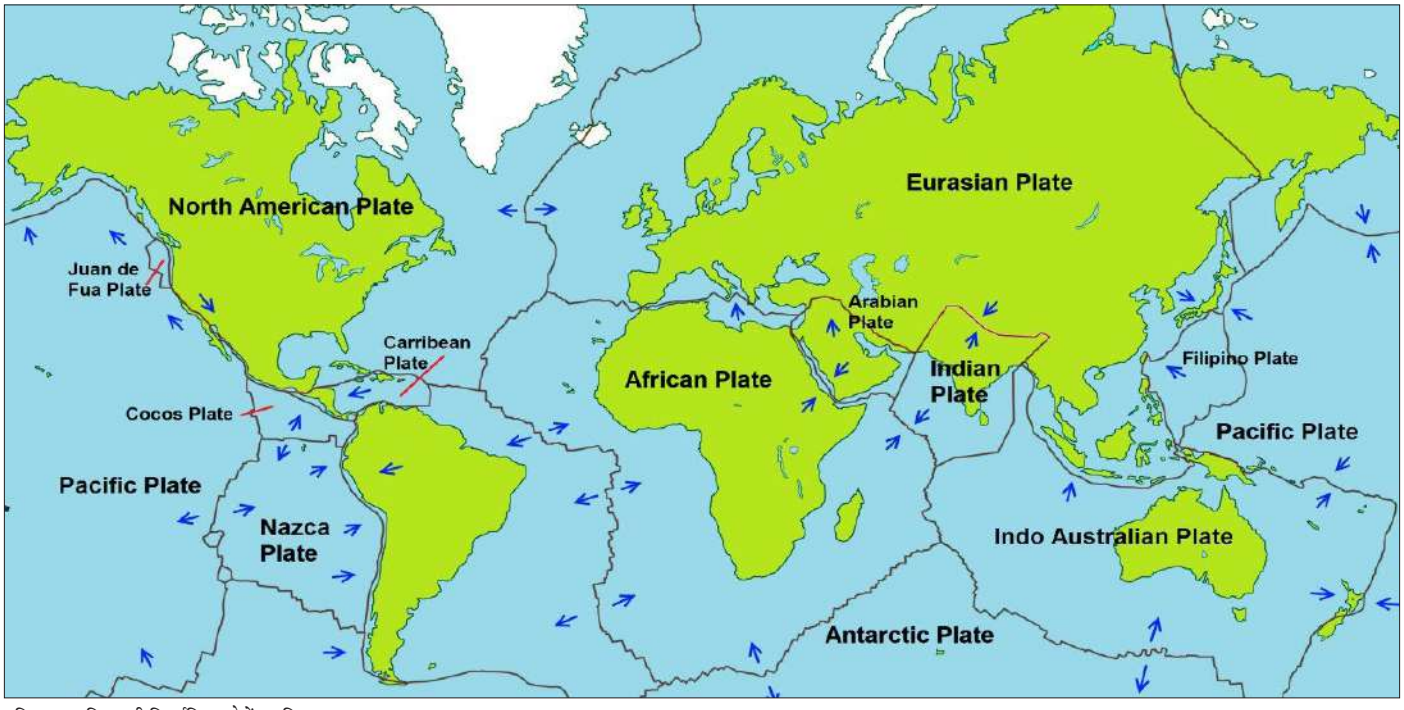
यह पृथ्वी की चट्टानी, ठोस, कठोर और भंगुर बाहरी परत है। हालांकि यह भूपर्पटी से भिन्न है। वास्तव में इसमें भूपर्पटी के साथ-साथ सबसे बाहरी मेंटल, दोनों का ठोस चट्टानी हिस्सा शामिल है। स्थलमंडल मेंटल की अपेक्षाकृत लोचदार और विरूपणीय परत पर टिका हुआ है **जिसे दुर्बलता मंडल** कहा जाता है।

3.7.2 स्थलमंडल: प्लेट विवर्तिनिक सिद्धांत आधारित संरचना

पृथ्वी का स्थलमंडल एक अंडे के **छिलके** की तरह है जिस पर विभिन्न स्थानों पर दरारें पड़ गई है। इस बाहरी कठोर स्थलमंडल में स्थिर, कठोर खंडों का एक मोज़ेक होता है जिसे **प्लेट्स** कहा जाता है। ये प्लेटें बड़ी या छोटी हो सकती हैं; महासागरीय या महाद्वीपीय या आंशिक रूप से महासागरीय और आंशिक रूप से महाद्वीपीय तथा उनकी मोटाई महासागरों में 80-100 किलोमीटर से लेकर 100 किलोमीटर से अधिक तक भिन्न होती है और महाद्वीपों में कुछ क्षेत्रों में 400 किलोमीटर तक की मोटाई हैं।

एक विशेष स्थलमंडलीय प्लेट की पहचान और नाम के लिए, इसकी सभी सीमाएं सक्रिय होनी चाहिए। दूसरे शब्दों में, प्लेट और इसकी सभी सन्निहित (आस-पास की) प्लेटों के बीच हालिया सापेक्ष गति के मौजूद होने का अच्छा साक्ष्य होना चाहिए। आज, भूगर्भिक समुदाय में प्रमुख प्लेट की संख्या और नाम, उनकी सीमाओं की प्रकृति और उनकी सापेक्ष गतियों के रूप में स्पष्ट रूप से अच्छी सहमति मौजूद है। बहुत सी सीमाओं के विवरण संबंधी व्याख्याओं में मतभेद विद्यमान हैं। इसके अलावा कुछ प्लेट सीमाओं के कुछ खंड का वर्गीकरण या अवस्थिति संबंधी अनिश्चितता भी हैं।

कुछ भूवैज्ञानिकों के अनुसार केवल **बारह प्रमुख प्लेटें (6 + 6) हैं।** बारह में से, **छः का विस्तार- द ग्रेट प्लेट्स** - काफी अधिक हैं,जबकि शेष छः आकार में मध्यवर्ती से तुलनात्मक रूप से छोटी तक है। भूवैज्ञानिकों ने बारह प्रमुख प्लेटों के भीतर कई छोटी प्लेटों की पहचान की है और उन्हें नामित किया है।



चित्र -3.8 विश्व की विवर्तनिक प्लेटों का वितरण Source: www.savemyexams.co.uk