१ . भू-हालचाली

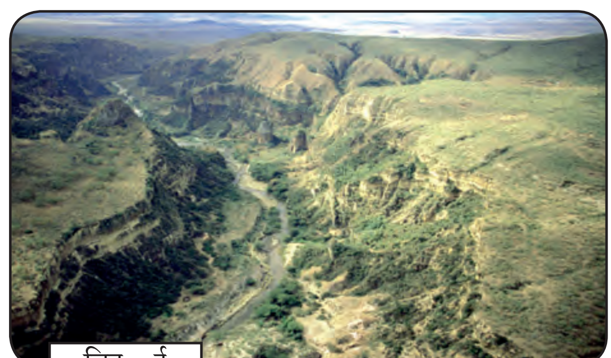
थोडे आठवूया !

आकृती १.१ चे निरीक्षण करा आणि त्याखाली दिलेल्या प्रश्नांसंबंधी वर्गात चर्चा करा.

चित्र - अ

चित्र - आ

चित्र - इ


चित्र - ई

आकृती १.१

१) चित्र 'अ' मधील इमारती कोसळण्याची संभाव्य कारणे काय असावीत ?

२) चित्र 'आ' मधील घटना कशाशी संबंधित आहे ? त्याचा परिसरावर कोणता परिणाम होतो ?

३) चित्र 'इ' मधील जमिनीला आलेल्या बाकाचे कारण काय असावे ?

४) चित्र 'ई' मधील जमिनीच्या उंचीत फरक असण्याचे कारण काय असावे ? दरीच्या भिंती कशामुळे तीव्र उताराच्या झाल्या असाव्यात ?

५) वरील चित्रातील भू-हालचालींचे वर्गीकरण मंद व शीघ्र अशा हालचालीत करा.

६) भारतीय उपखंडाच्या मुख्य भूमीचा विचार करता वरीलपैकी कोणत्या भू-हालचालीचे उदाहरण आढळत नाही ?

भौगोलिक स्पष्टीकरण :

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर टेकड्या, पर्वत, पठारे, दऱ्या इत्यादी भूरूपे आपण नेहमी पाहात असतो. या भूरूपांची निर्मिती पृथ्वीच्या अंतर्गत व बहिर्गत बलांमुळे होते. अंतर्गत प्रक्रियांचे मंद हालचाली व शीघ्र हालचाली असे दोन प्रकार पडतात.

पृथ्वीचा पृष्ठभाग हा मंद गतीने पण सातत्याने बदलत असतो. ताण व दाब यांसारख्या बलामुळे या पद्धतीचे बदल घडून येतात. पृथ्वीच्या अंतरंगातील प्रक्रियांचे निरीक्षण करता येत नाही. असे असले तरी त्यांचे परिणाम मात्र आपण भूपृष्ठावर पाहू शकतो. पर्वतांची निर्मिती आणि खंडांचे वितरण हे मंद हालचालींशी संबंधित आहे. मंद हालचालींप्रमाणेच शीघ्र

हालचालीही, भूकवचामध्ये कार्यरत असतात. काही सेकंद किंवा तासाच्या कालावधीत त्यांचे परिणाम आपण भूपृष्ठावर अनुभवू शकतो. भूकंप व ज्वालामुखी या शीघ्र हालचाली आहेत.

भू-हालचालींचे पुरावे :

निसर्गात भूरूपे ही कायमस्वरूपी नसतात. ती नेहमी बदलत असतात. अशा पुराव्यावरून असे दिसून येते, की भू हालचालींमुळे पृथ्वीपृष्ठाच्या भागावर परिणाम होतो. याचे काही पुरावे खालीलप्रमाणे :

अ) २००४ च्या सुनामीनंतर, सुमात्रा बेटाच्या किनाऱ्याची उंची काही सेंटिमीटर्सने वाढली.

आ) हिमालयामधील शिवालिक, मध्य हिमालय, हिमाद्री या पर्वतरांगांची निर्मिती.

इ) नोव्हेंबर १९६३ मध्ये आईसलँडजवळ एक बेट समुद्रसपाटीच्या वर आल्याचे वार्तांकन काही नाविकांनी केले. हे नाविक त्या परिसरातून जात असताना त्यांनी ही घटना पाहिली.

ई) सुनामीनंतर काही बेटे लुप्त झाल्याचे निदर्शनास आले आहे. उदा. मेगापोड.

उ) मुंबई बेटाच्या आग्नेयला, माझगाव गोदीजवळ वनांसह जमीन बुडाल्याचे पुरावे आहेत. या खाडीत काही खोलीवर आजही या वृक्षांचे बुंधे आढळतात.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

१६ जून १८१९ रोजी कच्छ येथे झालेल्या भूकंपामुळे किनारपट्टीचा बराचसा भाग खचला गेला. जहाजे व स्थानिक मासेमारी करणाऱ्या बोटींचे त्यामुळे बरेच नुकसान झाले. समुद्रकिनाऱ्याजवळ असलेल्या सिंद्री येथील किल्ल्याच्या एका बुरजाचा काही भाग वगळता संपूर्ण किल्ला पाण्याखाली गेला. त्याच दरम्यान १५५० चौ.किमी लांबीचा भूभाग उंचावला गेला होता. त्यालाच स्थानिक लोक अल्लाह बंधारा असे म्हणतात.

मंद हालचाली :

आपण हे लक्षात घेतले पाहिजे, की भू-हालचालींच्या प्रक्रिया गुंतागुंतीच्या असतात. त्या एकमेकांशी संबंधित असतात. अंतर्गत बलांमुळे भूकवचामध्ये ज्या हालचाली घडून येतात त्यांना भूविवर्तनकी हालचाली असे म्हणतात. या हालचालींच्या दिशांनुसार त्यांचे ऊर्ध्वगामी आणि क्षितिज समांतर असे दोन गट केले जातात.

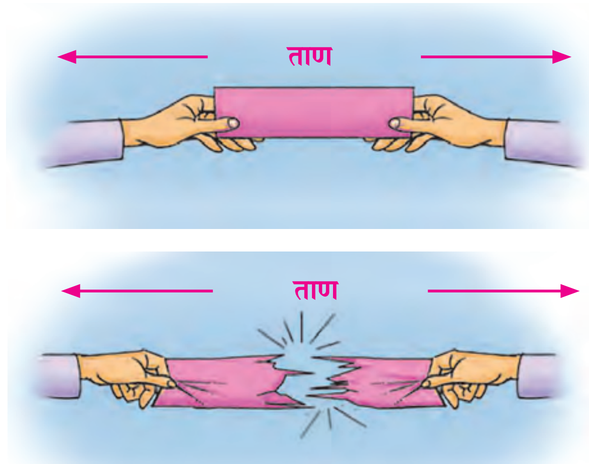
१) ऊर्ध्वगामी हालचाली (खंड निर्माणकारी) : पृथ्वीच्या अंतरंगातील बलांमुळे व ऊर्जेच्या वहनामुळे हालचाली निर्माण होतात. पृथ्वीच्या केंद्राकडून भूपृष्ठाकडे किंवा भूपृष्ठाकडून केंद्राकडे या हालचाली अति मंद गतीने होत असतात.

या हालचालींमुळे भूकवचाचा विस्तीर्ण भाग वर उचलला जातो किंवा खचतो. भूकवचाचा भाग समुद्रसपाटीपेक्षा वर उचलला गेल्यामुळे खंडांची निर्मिती होते. म्हणून या हालचालींना खंड निर्माण करणाऱ्या हालचाली म्हणतात. अशा हालचालींमुळे विस्तीर्ण पठारांचीही निर्मिती होत असते. या हालचाली अति मंद गतीने होत असल्या तरी त्यांचा आवाका मोठा असतो. या हालचालींचा ताण व दाब याच्याशी संबध नसतो. तथापि या हालचालींमुळे भूखंड उचलला जाणे किंवा खचणे या क्रिया घडतात.

२) क्षितिज समांतर (पर्वत निर्माणकारी) हालचाली : या हालचाली क्षितिज समांतर दिशेत कार्य करतात. बलाच्या दिशेनुसार या हालचालींमुळे खडकांच्या स्तरात ताण किंवा दाब निर्माण होतो. या हालचालींमुळे भूपृष्ठास वळ्या, घड्या किंवा भेगा पडतात. या हालचालींमुळे पर्वतांची निर्मिती होते. या हालचाली मंद हालचाली आहेत. परंतु खंड निर्माण करणाऱ्या हालचालींपेक्षा त्यांचा वेग जास्त असतो. तसेच आवाकाही त्या मानाने मर्यादित असतो. या हालचालींमुळे खडकांच्या स्तरात वळ्या पडतात किंवा विभंग निर्माण होतात. परिणामी घडीचे पर्वत किंवा गट पर्वत निर्माण होतात. त्यामुळे या हालचालींना पर्वत निर्माण करणाऱ्या हालचाली असे म्हणतात. या बलाचे पुढील दोन गट पडतात.

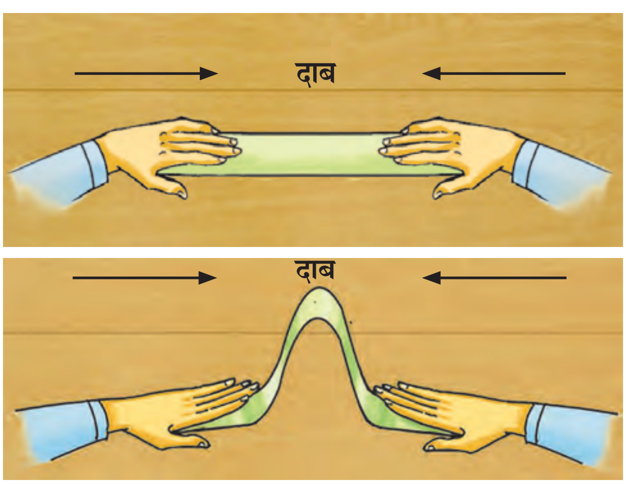
अ) ताण निर्माणकारी बले : बले जेव्हा एकमेकांपासून विरुद्ध दिशेने कार्य करतात तेव्हा ताण निर्माण होतो. आकृती १.२ पहा. त्यामुळे खडकांच्या थरांमध्येही ताण निर्माण होतो.

या प्रक्रियेमुळे भूपृष्ठाला छेद, भेग, भंग किंवा तडे पडतात. भूकवचात विभंग निर्माण (प्रस्तरभंग) होऊन भेगा पडतात. त्यामुळे खचदरी किंवा गट पर्वतांची निर्मिती होते.



आकृती १.२ ताण निर्माणकारी बल

ब) दाब निर्माणकारी बले : बले जेव्हा एकमेकांच्या दिशेने कार्य करतात तेव्हा त्यांना केंद्रित बल असेही म्हणतात. आकृती १.३ पहा. या बलांमुळे खडकांच्या स्तरावर दाब निर्माण होऊन भूपृष्ठास बाक येणे, वळ्या पडणे किंवा भेगा पडणे या क्रिया घडतात.



आकृती १.३ दाब निर्माणकारी बल

वलीकरण :

भूपृष्ठाला पडणाऱ्या वळ्यांचे स्वरूप हे अनेक घटकांवर अवलंबून आहे. यामध्ये खडकांचे स्वरूप, बलाची तीव्रता आणि बलाचा कालावधी या घटकांचा समावेश होतो.

मृदू व लवचिक खडकांवर त्याचा प्रभाव जास्त पडतो. ज्या वेळी खडकाच्या स्तरांमधून ऊर्जालहरी मोठ्या प्रमाणात प्रवास करतात त्या वेळी वळ्या निर्माण होतात. वलीकरणाची प्रक्रिया ही वली पर्वताच्या निर्मितीस कारणीभूत ठरते. उदा. हिमालय, आल्प्स, रॉकी, अँडीज इत्यादी.

दाब निर्माणकारी बलामुळे कवचाच्या दोन भागांतील खडक एकमेकांकडे ढकलले जातात तो भाग संकुचित आणि जाड होतो. बलाचा परिणाम झालेल्या खडकाचा प्रतिसाद हा तो खडक किती कठीण आहे तसेच बलाचा प्रवेग किती आहे यावर अवलंबून असतो.

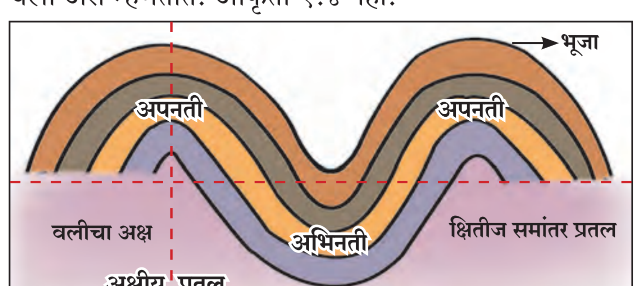
दाब निर्माणकारी बलामुळे खडकाला तेव्हाच वळ्या पडतात जेव्हा खडक लवचिक असतो. भूकवचात खोलवर असलेले खडक प्रचंड दाबाखाली असल्याने सामान्यतः ते लवचिक असतात. असे खडक सहसा तुटत नाहीत. त्यांना वळ्या पडतात. खोलवर भागात धिम्या गतीने आलेल्या बलाने देखील वळ्या पडतात.

जरा विचार करा.

ठिसूळ खडकावर दाब निर्माणकारी बल कसे कार्य करेल?

वलीचे भाग : भूकवचात वळ्या निर्माण होतात. वळ्यांच्या दोन्ही बाजूंना भुजा असे म्हणतात. अक्षीय प्रतल वळ्यांचे दोन भाग करते. अक्षीय प्रतल हे उर्ध्व दिशेत, क्षितिज समांतर स्थितीत किंवा तिरपे असू शकते.

जेव्हा मध्य भाग अधिक उंचीवर असतो व त्याच्या भुजा अधोमुखी असतात, त्या वलीस अपनती वली म्हणतात. याउलट, जेव्हा वलीचा मध्यभाग कमी उंचीवर असतो व त्याच्या भुजा मध्यभागी एकमेकांकडे उतरतात तेव्हा त्या वलीस अभिनती वली असे म्हणतात. आकृती १.४ पहा.



आकृती १.४ वलीचे भाग

वलीचे पर्वत : वलीकरणामुळे वली पर्वतांची निर्मिती होते. उदा.

हिमालय, आल्प्स पर्वत. वयोमानानुसार वली पर्वतांचे दोन प्रकार केले जातात.

१) प्राचीन वली पर्वत – २०० दशलक्ष वर्षांपूर्वी निर्माण झालेले उदा. अरवली (भारत), उरल पर्वत (रशिया) व ॲपेलिशियन (अ.स.संस्थाने). सध्याचे अरवलीतील सर्वोच्च शिखर १७२२ मी.आहे.

२) अर्वाचीन वली पर्वत – सुमारे १० ते २५ दशलक्ष वर्षांपूर्वी निर्माण झालेले उदा. रॉकी व हिमालय. हिमालयाची सर्वोच्च उंची ८८४८ मी. आहे.

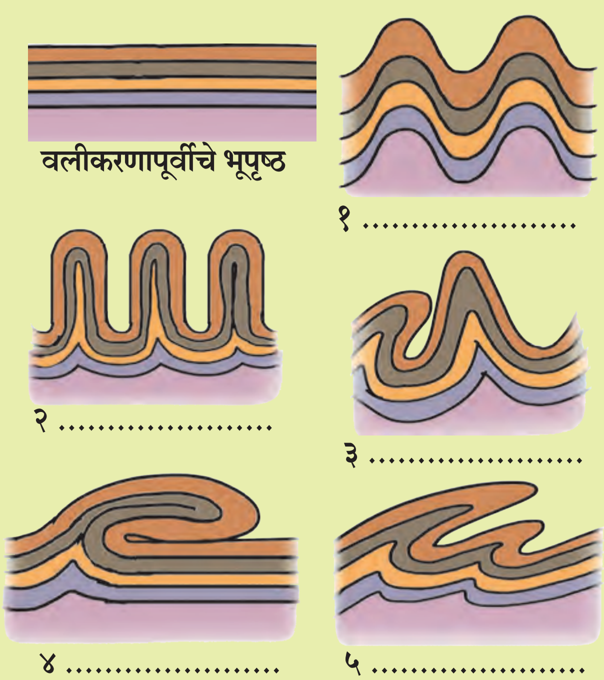
जरा विचार करा.

'पर्वत हे पर्वत राहत नाहीत' या इंग्रजी वाक्प्रचाराचा अर्थ काय? याचा कोणत्या प्रक्रियांशी संबंध असावा?

वलीचे प्रकार :

करून पहा.

आकृती १.५ चे निरीक्षण करा त्यातील वलींमधील फरक समजून घ्या. त्यासाठी खालील वर्णन काळजीपूर्वक वाचा. हे वर्णन ज्या वलींना लागू पडते त्यांनुसार आकृतीच्या खाली दिलेल्या जागेत त्या वलीचे नाव द्या.



आकृती १.५ वलीचे प्रकार

१) सममित वली :

अ) अक्षीय प्रतल ऊर्ध्वगामी

आ) वलींच्या भुजांचा उतार समान असतो.

२) असममित वली :

अ) अक्षीय प्रतल कललेले

आ) वलीच्या भुजांचे कोन कमी जास्त असतात.

३) उलथलेली वली :

अ) वलीची एक शाखा दुसऱ्या शाखेवर झुकलेली असते.

आ) भुजांचा उतार एकाच दिशेने असतो मात्र कोन कमी जास्त असतात.

४) आडवी वली :

अ) एक वली दुसऱ्या वलीवर क्षितिजसमांतर विसावलेली असते.

आ) वळ्या एकाच दिशेने वळलेल्या असतात.

५) समनतिक वली :

अ) सरळ वळ्या

आ) अक्षीय प्रतल ऊर्ध्वमुखी, झुकलेले किंवा क्षितिज समांतर

इ) वळ्यांच्या भुजा एकमेकांस समांतर

विभंग (प्रस्तरभंग) :

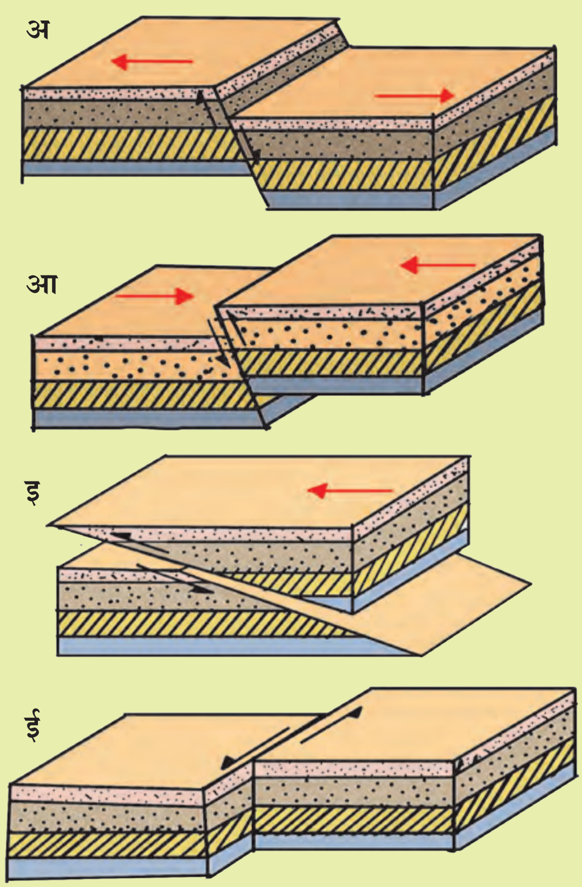
पृथ्वीच्या अंतरंगातील एकमेकांच्या विरुद्ध दिशेने निर्माण होणाऱ्या बलांमुळे, खडकांच्या स्तरांत ताण निर्माण होतो. या ताणामुळे खडकांना तडे पडतात. तडे गेलेल्या भागात खडक विस्थापित होतात. हे विस्थापन अधोगामी, ऊर्ध्वगामी किंवा क्षितिज समांतर असू शकते. खडकांच्या विस्थापनानुसार विभंगाचे प्रकार करता येतात.

प्रचंड दाबाखाली नसलेल्या भूपृष्ठाजवळील खडकांचा थर काही वेळेस वलीप्रक्रियेस जुमानत नाही. अशा खडकावर मोठ्या प्रमाणावर ताण पडल्यास तो तुटू शकतो. अशा खडकांच्या तुटण्यास विभंग, प्रस्तरभंग, भ्रंश असे म्हणतात. खडकाच्या तुटलेल्या प्रतलास विभंगप्रतल असे म्हणतात. अशा विभंगाच्या दिशेत खडक एकवटतात. या प्रक्रियेमुळे खडकाचा एक थर दुसऱ्या थराच्या तुलनेत विभंग प्रतलापासून वर उचलला जातो किंवा खचतो. म्हणून विभंगाच्या प्रक्रियेतून गट पर्वत व खचदरीसारख्या भूरूपांची निर्मिती होते.

विभंगाचे प्रकार :

करून पहा.

आकृती १.६ चे निरीक्षण करून त्यामध्ये दिलेल्या विविध प्रकारच्या विभंगाच्या वैशिष्ट्यांची माहिती वाचा. त्याआधारे विभंग व त्यांची वैशिष्ट्ये यांची योग्यप्रकारे सांगड घाला व प्रकार समजून घ्या.



आकृती १.६ विभंगाचे प्रकार

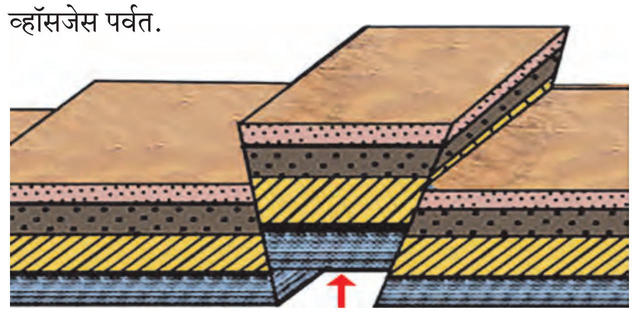
अ) सामान्य विभंग : अशा प्रकारच्या विभंगाची निर्मिती खडकाचा एक भाग विभंग प्रतलाच्या संदर्भाने खाली सरकल्याने होते. यात विभंग प्रतल आकाशाभिमुख असते.

आ) उत्क्रम (विरुद्ध) विभंग : अशा प्रकारच्या विभंगाची निर्मिती खडकाचा एक भाग विभंग प्रतलाच्या संदर्भाने वर उचलला जातो तेव्हा होते. यात विभंग प्रतल भूमी-अभिमुख असते.

इ) कातर विभंग : काही वेळा, विभंग प्रतलाच्या कोणत्याही एका बाजूच्या खडक स्तरामध्ये ऊर्ध्व दिशेने हालचाल होत नाही. त्याऐवजी खडक स्तरांची हालचाल क्षितिजसमांतर दिशेने घडते.

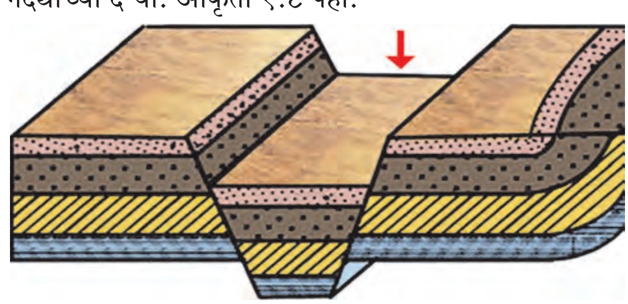
ई) प्रणोद विभंग : जेव्हा विभंग प्रतलाच्या एका बाजूचा भाग सुटा होऊन पुढच्या बाजूवर येऊन पडतो, त्या वेळी अशा विभंगाची निर्मिती होते. यात विभंग प्रतलाचा कोन ४५° पेक्षा कमी असतो.

गट पर्वत : भूगार्भिय हलचालीमुळे ताण निर्माण होऊन भूकवचाचे भाग एकमेकांच्या विरुद्ध दिशेत ओढले जातात. त्यामूळे विभंग निर्माण होतात दोन समांतर विभंगांमधील भूकवचाचा भाग जेव्हा वर उचलला जातो, तेव्हा तो ठोकळ्यासारखा दिसतो. ठोकळ्याप्रमाणे दिसणाऱ्या या भागास ठोकळा किंवा गट पर्वत म्हणतात. अशाचप्रकारे दोन विभंगांदरम्यानचा भाग स्थिर राहिल्याने व दोन्ही बाजूचा भाग खचल्याने देखील ही क्रिया घडते. आकृती १.७ पहा. गट पर्वताच्या दोन्ही बाजूचे उतार तीव्र असतात. त्यांचा माथा सपाट असून निर्मिती काळात त्यावर शिखरे नसतात. उदा. भारतातील मेघालयाचे पठार, नर्मदा आणि तापी नदी दरम्यानचा सातपुडा पर्वत, जर्मनीमधील ब्लॅक फॉरेस्ट पर्वत व फ्रान्समधील व्हॉसजेस पर्वत.



आकृती १.७ गट पर्वत

खचदरी : भूकवचातील दोन सलग विभंगांदरम्यानच्या भागावर ताण निर्माण झाल्यामुळे तो भाग खचतो. अशा खचलेल्या भागास खचदरी असे म्हणतात. खचदरीच्या भिंती या विभंग प्रतलाच्या स्वरूपात असतात. खचदरीच्या भिंती तीव्र उताराच्या असतात. बहुतेक वेळा खचदरीच्या भिंती आकाशाभिमुख असतात. उदा. आफ्रिकेतील रीफ्ट व्हॅली आणि भारतातील नर्मदा व तापी या नद्यांच्या दऱ्या. आकृती १.८ पहा.



आकृती १.८ खचदरी

जरा विचार करा.

१) वली पर्वतात विभंग निर्माण होऊ शकतात काय?

२) गट पर्वतात वळ्या निर्माण होऊ शकतात काय? असल्यास कारणे शोधा व चर्चा करा.

शीघ्र हालचाल :

वली व गट पर्वतांच्या निर्मितीस कारणीभूत असलेल्या वलीकरण आणि विभंग यांशिवाय इतरही हलचाली भूकवचात आढळतात. अंतरंगातील या बलांमुळे काही वेळेस शीघ्र हालचाली घडून येतात. भूकंप आणि ज्वालामुखी उद्रेक हे अशा शीघ्र हालचालींचे प्रकार आहेत.

थोडे आठवूया !

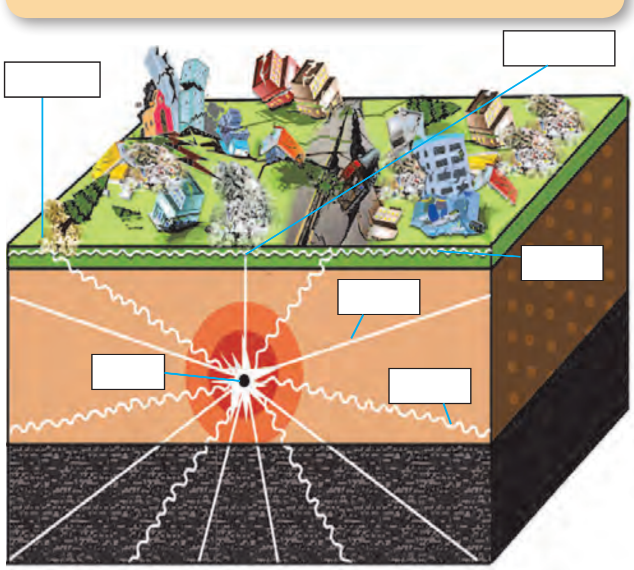
इंडोनेशिया या देशात दि. १९ ऑगस्ट २०१८ रोजी सुमारे ३०० माणसे दगावली. त्यावेळेस अनेक इमारतींची पडझड झाली. रस्ते दुभंगले, सुनामी निर्माण झाली.

अ) वरील सर्व घटना कशामुळे घडल्या असतील?

आ) या नैसर्गिक आपत्तीमध्ये नेमके काय घडते?

इ) या नैसर्गिक घटनेतील ऊर्जा लहरींचे प्रकार सांगा.

ई) आकृती १.९ चे निरीक्षण करा आणि चौकटीत नावे द्या.



आकृती १.९ भूकंप

भूकंप :

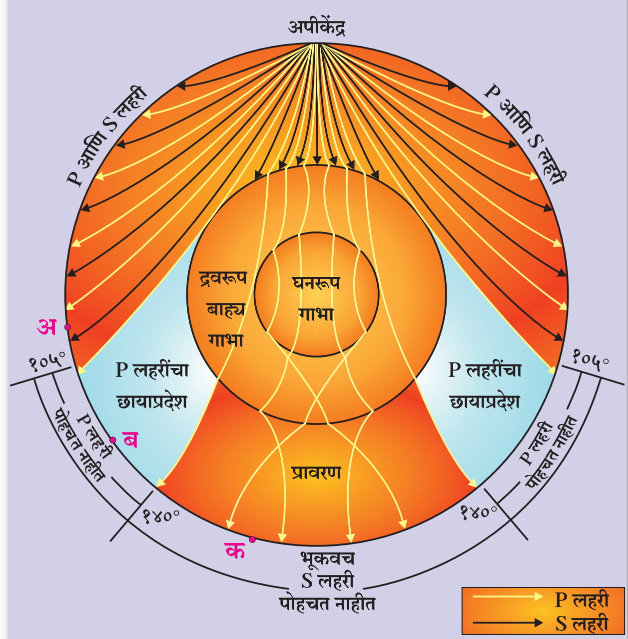
'भू' म्हणजे जमीन व 'कंप' म्हणजे थरथर. भूकंप म्हणजे जमिनीचे थरथरणे. भूकवचाच्या अंतर्गत भागात होणाऱ्या हालचालींमुळे खडकांच्या थरांत प्रचंड ताण निर्माण होत असतो. हा ताण विशिष्ट मर्यादेपलीकडे गेल्यावर तो ताण भूकवचात एखाद्या ठिकाणी मोकळा होतो. ज्या ठिकाणी तो मोकळा होतो, तेथे ऊर्जेचे उत्सर्जन होऊन ऊर्जालहरी निर्माण होतात. त्यामुळे भूकवच कंप पावते, म्हणजेच भूकंप होतो.

भूकवचात ज्या ठिकाणी हा साचलेला ताण मोकळा होतो, त्या ठिकाणाला 'भूकंपाचे केंद्र' किंवा 'भूकंपनाभी' असे म्हणतात. या केंद्रापासून विविध दिशांनी ऊर्जालहरी पसरत असतात. भूकंपकेंद्रापासून ऊर्जालहरी ज्या ठिकाणी सर्वप्रथम पोहोचतात त्या ठिकाणी भूकंपाचा धक्का सर्वप्रथम बसतो. भूपृष्ठावरील अशा ठिकाणाला भूकंपाचे अपिकेंद्र असे म्हणतात. भूकंपाचे अपिकेंद्र हे नेहमी भूकंप केंद्रास (नाभीस) लंबरूप असते. भूकंप लहरींची तिव्रता मोजण्याच्या उपकरणास भूकंपमापी म्हणतात.

जरा विचार करा.

भूकंपाच्या वेळी भूकंप लहरी पृथ्वीच्या सर्व भागात पसरतात का? तुम्हांस काय वाटते?

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर असा काही प्रदेश आहे का जेथे भूकंप लहरी पोहचतच नाहीत? आकृती १.१० पहा.



आकृती १.१० भूकंपछायेचा प्रदेश

भूकंपछायेचा प्रदेश :

भूकंपामूळे निर्माण होणाऱ्या लहरींना भूकंप लहरी म्हणतात. भूकंपलहरींचे प्राथमिक लहरी (P), दुय्यम लहरी (S) व भूपृष्ठ लहरी (L) असे तीन प्रकार असतात. प्राथमिक लहरी सर्व माध्यमांतून प्रवास करतात. दुय्यम लहरी फक्त घन माध्यमातून प्रवास करतात. प्राथमिक लहरी सर्व माध्यमांतून प्रवास करत असल्या तरी एका माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात प्रवेश करताना त्याचे वक्रीभवन होते. भूकंपस्थानापासून दूर असलेल्या भूकंपमापन केंद्रातही भूकंपलहरींची नोंद मिळते. असे असले तरी काही विशिष्ट क्षेत्रात लहरींची नोंद होत नाही. अशा प्रदेशास भूकंपछायेचा प्रदेश असे म्हणतात. प्रत्येक भूरूपासाठी भूकंपछायेचा प्रदेश वेगळा असतो. आकृती १.१० पहा. P आणि S लहरींचा भूकंपछायेचा प्रदेश दर्शविला आहे. सामान्यतः अपिकेंद्रापासून १०५° अंतरापर्यंत कोणत्याही ठिकाणी भूकंपाच्या नोंदी होतात. तिथे येणाऱ्या P आणि S लहरींची नोंद घेतली जाते, मात्र अपिकेंद्रापासून १४०° च्या पलीकडे असलेल्या भूकंपमापन केंद्रात स्थानकात येणाऱ्या केवळ P लहरींची नोंद होते परंतु S लहरींची नोंद होत नाही. म्हणूनच अपिकेंद्रापासून १०५° ते १४०° दरम्यानचा प्रदेश दोन्ही प्रकारच्या लहरींसाठी भूकंपछायेचा प्रदेश म्हणून ओळखला जातो. अपिकेंद्रापासून दूर १०५° ते १४०° दरम्यान पृथ्वीभोवती P लहरींचा भूकंपछायेचा पट्टा पाहायला मिळतो. S लहरींच्या भूकंपछायेचा प्रदेश हा विस्ताराने मोठा आहे. कोणत्याही अपिकेंद्रापासून एखाद्या भूकंपछायेचा प्रदेश तुम्ही काढू शकता.

जरा विचार करा.

आकृती १.१० मध्ये L लहरींचा भूकंपछाया प्रदेश का दाखविलेला नाही ?

सांगा पाहू

आकृती १.१० मध्ये अ, आ, इ हे पृथ्वीपृष्ठावरील बिंदू आहेत. भूकंप आणि भूकंपछायेच्या प्रदेशानुसार त्यांचे विश्लेषण करा.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

भूकंपाच्या समान तीव्रतेची ठिकाणे जोडणाऱ्या नकाशावर काढलेल्या काल्पनिक रेषांना समकंप रेषा म्हणतात.

हे नेहमी लक्षात ठेवा

मर्केली हे भूकंपमापनाचे प्रमाण भूकंपाची तीव्रता दर्शवते. तर रिश्टर प्रमाण हे भूकंपाची महत्ता (Magnitude) दर्शवते. वरील दोन्ही परिमाणांची उपयोगिता आणि मापनतंत्र भिन्न असते. मर्केली परिमाण हे रेषीय आहे आणि रिश्टर परिमाण लागीय मापन श्रेणीत असते. ५ महत्तेच्या भूकंपात ४ महत्तेच्या भूकंपापेक्षा ३२ पटीने जास्त ऊर्जा असते.

प्रमाण	मर्केली प्रमाण	रिश्टर प्रमाण
मापन कशाचे ?	भूकंपाची तीव्रता	भूकंपातून उत्सर्जित होणारी ऊर्जा
मापनतंत्र	निरीक्षण	भूकंप मापक यंत्र
मापन	भूपृष्ठ, मानव निर्मित घटक व वास्तू यांवर होणाऱ्या परिणामांचे संख्यात्मक निरीक्षण	लहरीतील ऊर्जेचे लागीय मापन
एकक	तीव्रता I – जाणवत नाहीत ते XII – संपूर्ण नाश	<२.० पासून १०.०+ (नोंदी आढळत नाहीत.) ३.० महत्तेच्या भूकंपात मुक्त झालेली ऊर्जा ही २.० महत्तेच्या भूकंपातून मुक्त झालेल्या ऊर्जेच्या ३२ पट असते.

जरा प्रयत्न करा.

भूकंपाचे अपिकेंद्र कसे शोधाल?

खालील सारणीत काल्पनिक सांख्यिकीय माहिती दिली आहे. या माहितीचा आधार घ्या. त्यातील तीन भूकंपमापक स्थानकांवरील प्राथमिक, दुय्यम लहरी येण्याच्या वेळा आकडेवारीत दर्शविल्या आहेत. १ सेमी = १८ किमी हे नकाशाप्रमाण गृहित धरा. आकृती १.११ पहा.

नोंद घेणारी स्थानके	प्राथमिक लहरी येण्याची वेळ	दुय्यम लहरी येण्याची वेळ
जालना	११: ०६: ०६	११: ०६: १९
वाशिम	११: ०६: ४६	११: ०७: ०३
औरंगाबाद	११: ०७: ०६	११: ०७: २४

कृती :

१) तुम्हांला दिलेल्या सांख्यिकी आकडेवारीनुसार प्रत्येक स्टेशनवरील P लहरी आणि S लहरींच्या येण्याच्या वेळेतील फरक नोंदवा. (हे नोंद घेणाऱ्या स्थानकाचे भूकंपनाभीपासूनचे अंतर दर्शवते. *मूलभूत नियम : प्रत्येक सेकंदाच्या फरकाने लहरी ८ किमी ने पुढे जातात.*)

२) वरील नियम विचारात घेऊन वेळेच्या फरकाचे रूपांतर करा. प्रत्येक केंद्रासाठी अंतरात रूपांतर करा. (सेकंदातील फरक × ८)

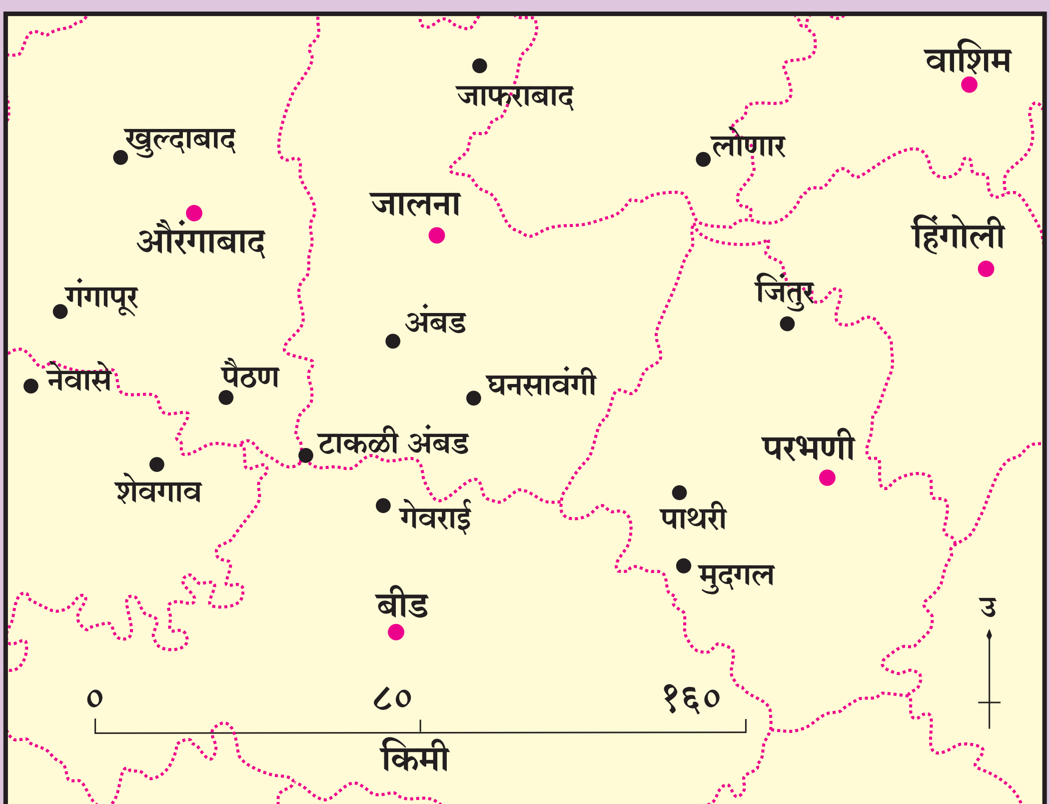
३) नकाशाच्या प्रमाणानुसार या अंतराचे रूपांतर सेमी मध्ये करा.

४) नकाशावर नोंद घेणारी स्थानके चिन्हांकित करा.

५) या स्थानकांना केंद्र मानून तुम्हाला मिळालेल्या व्यासाची वर्तुळे प्रत्येक स्थानकासाठी काढा.

६) ही तीन वर्तुळे ज्या ठिकाणी एकमेकांना छेदतील, ते ठिकाण म्हणजेच भूकंपाचे अपिकेंद्र होय.

आधुनिक तंत्राद्वारे, अपिकेंद्र शोधण्यासाठी संगणकाचा वापर केला जातो. तुम्हांला इथे दिलेली पद्धत सहजपणे अपिकेंद्र कसे शोधावे यासाठी दिली आहे. संगणकीय प्रतिकृती देखील या सिद्धांतावर आधारित असतात.



आकृती १.११

भूकंपनिर्मितीची कारणे : भूकंपाची निर्मिती प्रामुख्याने भूकवचातील ऊर्जा मुक्त झाल्यामुळे होते. भूकंप निर्मितीची काही कारणे खालीलप्रमाणे आहेत.

१) **ज्वालामुखी :** ज्वालामुखीच्या उद्रेकांमुळे भूकंपांची निर्मिती होऊ शकते. अशा भूकंपांचे केंद्र सहसा कमी खोलीवर असते आणि उद्रेकाच्या जवळच्या परिसरातच यांचा परिणाम पाहावयास मिळतो. उदा. १९८१ साली कॅसकेड पर्वतरांगात ज्वालामुखीचा उद्रेक झाला होता, त्याच वेळेस सेंट हेलेन्स येथे ५.५ या रिश्टर महत्तेचा भूकंप झाला होता.

२) **भूविवर्तनकी हालचाल:** भूकवच हे अनेक लहानमोठ्या भूपट्ट्यांपासून बनलेले असून ते स्थिर नाहीत. बाह्य प्रावरणावरील जास्त घनतेच्या भागावर हे तरंगत असतात. सर्वसामान्यपणे सीमावर्ती भागात भूपट्ट हालचालींमुळे भूकंप निर्मिती होऊ शकते. यात भूपट्ट सरकणे, एकमेकांवर आदळणे, एकदुसऱ्या खाली जाणे इत्यादी बाबी घडत असतात. आकृती १.२० पहा. इंडोनेशिया, कॅलिफोर्निया (उत्तर अमेरिका) आणि चिली (दक्षिण अमेरिका) मधील भूकंप, भारतातील उत्तर काशी आणि आसाममधील भूकंप ही या प्रकारच्या भूकंपाची उदाहरणे आहेत.

३) **मानवनिर्मित भूकंप :** अलीकडच्या काळात जगातील वेगवेगळ्या भागांमध्ये आण्विक स्फोट, मोठ्या प्रमाणावरील खोदकाम, सुरुंगाचा वापर, अणुचाचण्या, बांधकामे तसेच खाणकाम या मानवी क्रियांमुळे देखील भूकंपांची निर्मिती होते. परंतु त्यांचे परिणाम स्थानिक असतात.

भारतातील भूकंप क्षेत्र :

भूकंपामुळे होणाऱ्या नुकसानीच्या तीव्रतेनुसार भारताचे एकूण पाच भूकंप प्रवण क्षेत्रात वर्गीकरण केले जाते. दिलेल्या संकेतस्थळाचा http://www.bmtpc.org/DataFiles/CMS/file/map%20of%20india/eq-india.pdf उपयोग करून तेथील नकाशाचे निरीक्षण करा आणि त्या आधारे तक्ता पूर्ण करा.

भारतातील भूकंप प्रवण क्षेत्रांचे वर्गीकरण

प्रदेश	जोखमीची पातळी	केंद्रशासित प्रदेश/राज्य
१	अतिशय कमी	
२	कमी	
३	मध्यम	
४	उच्च	
५	अति उच्च	

ज्वालामुखी :

सर्वसामान्यपणे बाह्य प्रावरणातून वायुरूप, द्रवरूप लाव्हा आणि घनरूप पदार्थ हे ज्वालामुखी उद्रेकाच्या स्वरूपात पृथ्वी पृष्ठभागावर येतात, त्या प्रक्रियेस ज्वालामुखी असे म्हणतात.

ज्वालामुखीचे उद्रेकानुसार दोन प्रकारांमध्ये वर्गीकरण केले जाते १) केंद्रीय उद्रेक, २) भेगीय उद्रेक. आकृती १.१२, १.१३ पहा.

आकृती १.१२ केंद्रीय उद्रेक

आकृती १.१३ भेगीय उद्रेक

ज्वालामुखीच्या उद्रेकाचा कालावधी व सातत्य यावरून जागृत ज्वालामुखी, निद्रिस्त ज्वालामुखी, सुप्त किंवा मृत ज्वालामुखी असेही ज्वालामुखींचे वर्गीकरण करता येते.

शोधा पाहू!

जागृत ज्वालामुखी, निद्रिस्त ज्वालामुखी आणि सुप्त किंवा मृत ज्वालामुखी यांची उदाहरणे शोधा.

ज्वालामुखी उद्रेकामधून बाहेर पडणारे पदार्थ :

क्राकाटोआ ज्वालामुखी उद्रेकासंदर्भातील खालील उतारा वाचा. आणि प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

- ज्वालामुखी उद्रेकातून त्या वेळी बाहेर पडणाऱ्या पदार्थांची यादी तयार करा.
- त्यांचे घनरूप, द्रवरूप आणि वायुरूप या गटात वर्गीकरण करा.

इंडोनेशियातील जावा-सुमात्रा या बेटांमध्ये क्राकाटोआ नावाचे बेट होते. येथे ज्वालामुखीचे वारंवार उद्रेक होत असत. १८८३ साली मे महिन्यापासून मोठ्या उद्रेकांना सुरुवात झाली. २८ ऑगस्ट १८८३ रोजी सकाळी १० च्या सुमारास झालेला उद्रेक जगातील आत्तापर्यंत नोंद झालेल्या उद्रेकांतील सर्वांत मोठा उद्रेक ठरला. परिणामी संपूर्ण बेटच गडप झाले. सुमारे २५ घनकिमी आकारमान इतक्या खडकाची धूळ वातावरणात फेकली गेली. त्या धुळीच्या राखेचा स्तंभ ८० किमी उंच गेला. क्राकाटोआतून निघून हवेत फेकल्या गेलेल्या खडकांच्या तुकड्यांचे आकारमान २१ घनकिमी होते. यातून निर्माण झालेली राख ही ८,००,००० चौकिमी. प्रदेशात पसरली गेली. या राखेतून तयार झालेल्या ढगांमुळे प्रदेश दोन ते तीन दिवस अंधकारमय झाला होता. त्यांनतर हे ढग काही वर्षांपर्यंत पृथ्वीभोवती प्रदक्षिणा करत राहिले. ज्वालामुखीजवळ समुद्रात प्युमिस या सच्छिद्र खडकांचा इतका जाड थर साचून तरंगत होता की त्यामुळे त्याप्रदेशातून जाणारी जहाजेही थांबून राहिली. या ज्वालामुखीमुळे व त्यापासून निर्माण झालेल्या सुनामी लाटांमुळे सुमारे ३६००० लोक मृत्युमुखी पडले.

१९२७ मध्ये त्याच जागेवर ज्वालामुखीच्या उद्रेकाला पुन्हा सुरुवात झाली. आणि त्या जागी नवीन बेट जन्माला आले. त्याला 'अनक क्राकाटोआ' असे नाव दिले आहे. अनक म्हणजे 'बाल'. येथील ज्वालामुखीतून सातत्याने राख आणि वाफ बाहेर पडत असते. नव्याने तयार झालेले हे बेट भूगर्भशास्त्र आणि जीवशास्त्राच्या अभ्यासकांची प्रयोगशाळाच बनले आहे.

ज्वालामुखीच्या उद्रेकामधून प्रामुख्याने तीन प्रकारचे पदार्थ बाहेर पडतात, ते द्रवरूप, घनरूप आणि वायुरूप स्वरूपात आढळतात.

भौगोलिक स्पष्टीकरण :

१) **द्रवरूप पदार्थ :** यामध्ये वितळलेल्या खडकाच्या द्रव पदार्थाचा समावेश होतो. ज्या वेळी हे वितळलेले पदार्थ भूपृष्ठाच्या अंतर्गत भागात असतात त्या वेळी त्यास 'मॅग्मा' असे म्हणतात. तसेच ज्या वेळी मॅग्मा भूपृष्ठावर येतो. त्या वेळी त्यास ''लाव्हा'' असे म्हणतात.

या लाव्हारसात असणाऱ्या सिलीकाच्या प्रमाणानुसार त्याचे दोन प्रकार पडतात.

अ) **आम्ल लाव्हा :** यामध्ये सिलीकाचे प्रमाण जास्त असते त्याचा वितलन बिंदू उच्च असतो. तो घट्ट असतो. त्यामुळे त्याचे वहन संथ गतीने होते.

आ) **अल्कली लाव्हा :** यामध्ये सिलीकाचे प्रमाण कमी असते. त्याचा वितलन बिंदू कमी असतो. तो पातळ असतो. त्यामुळे तो जास्त प्रवाही असतो.

२) **घनरूप पदार्थ :** धुलिकण आणि खडकांचे तुकडे यांचा यामध्ये समावेश होतो. ज्या वेळी हे पदार्थ अतिशय सूक्ष्म असतात, त्या वेळी त्यास ''ज्वालामुखीय धूळ'' असे संबोधतात. लहान आकाराच्या घनरूप पदार्थांना 'राख' असे म्हणतात. घनरूप टोकदार तुकड्यांना 'सकोणाश्म' असे म्हणतात. काही वेळा लाव्हा पदार्थ हा हवेमध्ये लहान तुकड्यांच्या स्वरूपात जमिनीवर पडण्याअगोदर फेकला जातो त्यास 'ज्वालामुखीय बॉम्ब' असे म्हणतात.

३) **वायुरूप पदार्थ :** उद्रेकाच्या वेळी ज्वालामुखी मुखाच्या वर धुराचे गडद ढग दिसून येतात. धुराच्या ढगाच्या आकारावरून त्यास ''फुलकोबी ढग'' असे म्हणतात. यांमधील काही वायू ज्वलनशील असल्याने ज्वालामुखीच्या मुखाशी ज्वाला निर्माण होतात.

ज्वालामुखीय भूरूपे :

ज्या वेळी लाव्हारस थंड होतो आणि त्याला घनरूप अवस्था प्राप्त होते त्या वेळी त्यापासून अनेक प्रकारची भूरूपे निर्माण होतात.

१) **लाव्हा घुमट :** ज्या वेळी मॅग्मा हा मुखातून बाहेर येऊन तेथेच घनरूप बनतो, त्या वेळी घुमटाकार टेकडीची निर्मिती होते. लाव्हारसाच्या प्रवाहीपणावर या घुमटांचे आकार ठरतात. तीव्र उतारांच्या उंच घुमटाकार टेकड्यांची निर्मिती आम्ल लाव्हारसापासून होते. अल्कली लाव्हामुळे कमी उंचीचे विस्तृत तळ असलेले घुमट तयार होतात. आकृती १.१४ पहा.

आकृती १.१४ : लाव्हा घुमट

२) **लाव्हा पठारे :** भेगीय ज्वालामुखीतून पसरणाऱ्या लाव्हारसापासून याची उत्पत्ती होते. मोठ्या प्रमाणात विस्तृत भूपृष्ठावर लाव्हारस पसरल्यामुळे अशा पठारांची निर्मिती होते. भारतामधील दख्खनचे पठार (डेक्कन ट्रॅप) हे याचे एक उत्तम उदाहरण आहे. आकृती १.१५ पहा.

आकृती १.१५ : लाव्हा पठार

३) **ज्वालामुखीय काहील :** काही वेळा, ज्वालामुखीय उद्रेकातून खूप मोठ्या प्रमाणावर पदार्थ बाहेर पडतात व त्याच वेळी खूप मोठ्या प्रमाणात दाबमुक्ती होते. उद्रेकानंतर या भागात मोठ्या आकाराचे व खोलवर खळगे तयार होतात. यांना ज्वालामुखीय काहील (कॅल्डेरा) असे म्हणतात. असे खळगे काही वेळा सुमारे १० किमी पेक्षाही अधिक रुंद व शेकडो मीटर खोल असतात. कालांतराने तेथे सरोवरांची निर्मिती होते. लहान आकाराच्या ज्वालामुखीय काहीलींना ज्वालामुखीय विवर म्हणतात. आकृती १.१६ पहा.

आकृती १.१६ : ज्वालामुखीय काहील

४) **विवर सरोवर :** ज्वालामुखीय विवर ज्या वेळी पावसाच्या पाण्याने भरले जाते तेव्हा ते विवर सरोवर म्हणून ओळखले जाते. आकृती १.१७ पहा.

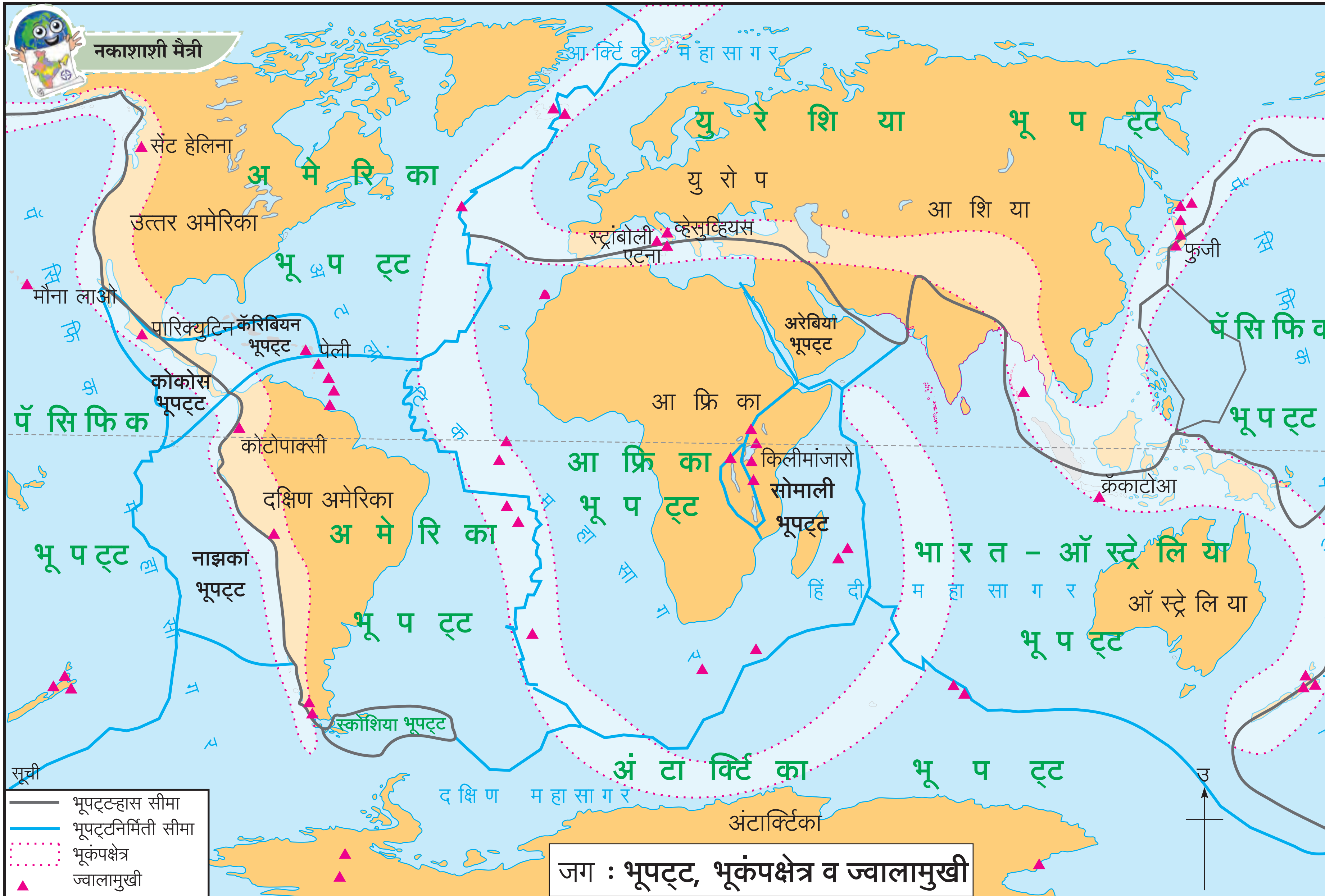
आकृती १.१७ : विवर सरोवर

५) **ज्वालामुखीय खुंटा :** ज्या वेळी ज्वालामुखीच्या मुखाशी लाव्हारसाचे घनीभवन होते त्या वेळी याची निर्मिती होते. आकृती १.१८ पहा.

आकृती १.१८ : ज्वालामुखीय खुंटा

६) **खंगारक शंकू :** ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून मोठ्या प्रमाणात घनरूप पदार्थ बाहेर पडतात. यात राख, अर्धवट जळलेल्या निखाऱ्यासारखे पदार्थ व सकोणाश्म यांचा समावेश होतो. अशा पदार्थांच्या संचयनातून शंक्वाकृती टेकडी निर्माण होते. या अर्धवट जळलेल्या निखाऱ्यांना खंगारक म्हणतात. इटलीतील नुओवो पर्वत हे याचे उदाहरण आहे. आकृती १.१९ पहा.

आकृती १.१९ : खंगारक शंकू


नकाशाशी मैत्री
जग : भूपट्ट, भूकंपक्षेत्र व ज्वालामुखी
अमेरिका भूपट्ट
उत्तर अमेरिका
सेंट हेलिना
मौना लाओ
पारिक्युटिन
कॅरिबियन भूपट्ट
पेली
कोकोस भूपट्ट
कोटोपाक्सी
पॅसिफिक भूपट्ट
नाझका भूपट्ट
दक्षिण अमेरिका
स्कोशिया भूपट्ट
युरेशिया भूपट्ट
युरोप
आशिया
स्ट्रांबोली
व्हेसुव्हियस
एटना
अरेबिया भूपट्ट
आफ्रिका
आफ्रिका भूपट्ट
किलीमांजारो
सोमाली भूपट्ट
फुजी
क्रॅकाटोआ
भारत – ऑस्ट्रेलिया भूपट्ट
ऑस्ट्रेलिया
अंटार्क्टिका भूपट्ट
अंटार्क्टिका
आर्क्टिक महासागर
पॅसिफिक महासागर
अटलांटिक महासागर
हिंदी महासागर
दक्षिण महासागर
उ
सूची
भूपट्टऱ्हास सीमा
भूपट्टनिर्मिती सीमा
भूकंपक्षेत्र
ज्वालामुखी

आकृती १.२०

७) **संमिश्र शंकू :** लाव्हारस व अर्धवट जळलेल्या पदार्थांच्या एकावर एक तयार झालेल्या स्तरांमुळे संयुक्त शंकूची निर्मिती होते. दोन वेगवेगळ्या पदार्थांपासून हा शंकू तयार झालेला असल्याने त्यास संमिश्र शंकू असे म्हणतात. ते सममित (प्रमाणबद्ध) आकाराचे असतात. उदा. अमेरिकेतील सेंट हेलन्स. आकृती १.२१ पहा.

आकृती १.२१ : संमिश्र शंकू

ज्वालामुखीचे वितरण :

पृथ्वीवर ज्वालामुखी व भूकंपाची तीन प्रमुख क्षेत्रे आढळतात. आकृती १.२० मधील नकाशा पहा.

१) **पॅसिफिक महासागराभोवतालचा पट्टा :** या पट्ट्याला ''पॅसिफिकचे अग्निकंकण'' असेही म्हणतात. यामध्ये पॅसिफिकच्या पूर्व व पश्चिम किनारपट्टी प्रदेशाचा समावेश होतो. या पट्ट्यात जगातील बहुतांशी उंच ज्वालामुखी शंकू व ज्वालामुखी पर्वत आढळतात. 'कोटोपाक्सी हा जगातील सर्वांत उंचीवरील ज्वालामुखी या पट्ट्यात आहे. याशिवाय फुजियामा (जपान), माऊंट सेंट हेलेन्स (वॉशिंग्टन–अमेरिकेची संयुक्त संस्थाने), पिनाटूबो आणि मेऑन (फिलिपाईन्स) हे महत्वाचे ज्वालामुखी आहेत.

२) **मध्य अटलांटिक रांग :** या पट्ट्यात मध्य अटलांटिक रांगेच्या दोन्ही बाजूंकडील प्रदेशात ज्वालामुखींचा समावेश होतो. सर्वांत सक्रिय ज्वालामुखी क्षेत्र म्हणजे आईसलँड हे या मध्य अटलांटिक रांगेमध्ये आहे.

३) **मध्य भूखंडीय पट्टा :** या पट्ट्यात अल्पाईन पर्वत श्रेणी, भूमध्य सागर क्षेत्र तसेच पूर्व आफ्रिका विभंग क्षेत्र यांचा समावेश होतो. यामधील स्ट्रॉम्बोली आणि एटना हे प्रसिद्ध ज्वालामुखी आहेत.

स्वाध्याय

प्र. १) साखळी पूर्ण करा :

अ	ब	क
१) विस्तीर्ण क्षेत्रावरील ज्वालामुखीय उद्रेक	१) विभाग –V	१) I ते XII
२) अंदमान आणि निकोबार बेटे	२) भेगीय उद्रेक	२) गट पर्वत
३) मर्केली प्रमाण	३) तीव्रता	३) अति उच्च भूकंपीय संवेदनशीलता
४) मंद हालचाली	४) विभंग	४) घनरुप
५) फिलिपाईन्स	५) ज्वालामुखीय बॉम्ब	५) डेक्कन ट्रॅप
६) ज्वालामुखीय पदार्थ	६) पॅसिफिकचे अग्निकंकण	६) मॅयॉन

प्र.२) अचूक सहसंबंध ओळखा :

A : विधान, R : कारण

१) A : विभंगामुळे वली पर्वताची निर्मिती होते.
R : एकमेकांविरुद्ध दिशेने ताण निर्माणकारी बलांमुळे विभंग निर्माण होतो.
अ) केवळ A बरोबर आहे.
आ) केवळ R बरोबर आहे.
इ) A आणि R हे दोन्ही बरोबर आहे आणि R हे A चे अचूक स्पष्टीकरण आहे.
ई) A आणि R हे दोन्ही बरोबर आहेत परंतु R हे A चे अचूक स्पष्टीकरण नाही.

२) A : भूकंपादरम्यान बाहेर पडणाऱ्या ऊर्जेचे मापन ही भूकंपाची तीव्रता असते.
R : भूकंपाची तीव्रता मोजण्यासाठी मर्केली प्रमाण वापरतात.

अ) केवळ A बरोबर आहे.

आ) केवळ R बरोबर आहे.

इ) A आणि R हे दोन्ही बरोबर आहे आणि R हे A चे अचूक स्पष्टीकरण आहे.

ई) A आणि R हे दोन्ही बरोबर आहेत परंतु R हे A चे अचूक स्पष्टीकरण नाही.

३) A : आग्नेय आशिया, जपान आणि पॅसिफिक महासागरातील बेटे ही भूकंप आणि ज्वालामुखी उद्रेकास सर्वाधिक संवेदनशील आहेत.

R : ते अग्निकंकण प्रदेशात स्थित आहेत.

अ) केवळ A बरोबर आहे.

आ) केवळ R बरोबर आहे.

इ) A आणि R हे दोन्ही बरोबर आहे आणि R हे A चे अचूक स्पष्टीकरण आहे.

ई) A आणि R हे दोन्ही बरोबर आहेत परंतु R हे A चे अचूक स्पष्टीकरण नाही.

प्र.३) अचूक गट ओळखा :

अ) १) सममित वली
२) समनतिक वली
३) उलथलेली वली
४) आडवा विभंग

ब) १) ब्लॅक फॉरेस्ट
२) व्हॉसजेस
३) हिमालय
४) सातपुडा

क) १) नर्मदा दरी
२) आफ्रिकेची दरी
३) तापी दरी
४) ऱ्हाईन दरी

ड) १) ज्वालामुखीय काहील
२) विवर सरोवर
३) खंगारक शंकू
४) लाव्हा पठार

प्र. ४) भौगोलिक कारणे लिहा :

१) मृत ज्वालामुखी मध्ये विवर सरोवराची निर्मिती होते.

२) हिमालयात राहणारे लोक भूकंपाला अधिक संवेदनशील असतात.

३) भूपृष्ठ लहरींना भूकंपछाया प्रदेश नसतो.

४) मृदू खडकांना वळ्या पडतात, तर कठीण खडकात विभंग होतो.

५) वळ्या ह्या खडकाची ताकद आणि बलांच्या तीव्रतेवर अवलंबून असतात.

प्र. ५) सविस्तर उत्तरे लिहा :

१) विभंगाचे विविध प्रकार स्पष्ट करा.

२) ज्वालामुखी उद्रेकातून निर्माण होणाऱ्या विविध भूरूपांचे उदाहरणासह स्पष्टीकरण लिहा.

३) भूकंपछायेचा प्रदेश ही संकल्पना स्पष्ट करा.

४) ज्वालामुखीय पदार्थांवर टीप लिहा.

प्र. ६) फरक स्पष्ट करा :

१) वलीकरण आणि विभंग

२) सामान्य विभंग आणि उलटा विभंग

३) अभिनती आणि अपनती

४) सममित वली आणि असममित वली

५) मर्केली प्रमाण आणि रिश्टर प्रमाण

६) मंद हालचाली आणि शीघ्र हालचाली

प्र. ७) आकृती काढा :

१) वळ्यांचे प्रकार   २) विभंगाचे प्रकार

३) भूकंपछाया प्रदेश   ४) ज्वालामुखीय भूरुपे

***