

### পৃথিবীর গঠন Structure of the Earth

গঠন প্রণালী অনুসারে আমাদের পৃথিবী সৌরজগতের একটি গুরুত্বপূর্ণ মাঝারী আকারের গ্রহ। পৃথিবী সহ সূর্যের নয়টি গ্রহ ও তাদের উপগ্রহ নিয়ে সৌরজগৎ গঠিত। সৌরজগতে পৃথিবীর তুলনামূলক অবস্থান ও এর বৈশিষ্ট্যপূর্ণ আকার-আকৃতি এর ওপরি ভাগের জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। পৃথিবী মঙ্গল গ্রহের চেয়ে সূর্যের কাছাকাছি একটি কক্ষপথে পরিভ্রমণ করে। বর্তমানে কক্ষপথের চেয়ে পৃথিবী যদি সূর্যের আরো কাছাকাছি পথে অতিক্রম করতো তাহলে পৃথিবীতে তরল পানির অস্তিত্ব থাকতো না, সমস্ত পানি বাষ্পীভূত হয়ে যেত। আবার পৃথিবী যদি সূর্য থেকে আরো দূরে অবস্থিত হতো তাহলে সমস্ত পানি স্থায়ী ভাবে বরফ হয়ে থাকতো। তাছাড়া পৃথিবীর আয়তনগত বৈশিষ্ট্যের কারণে এর অভ্যন্তর ভাগ আধা গলিত অবস্থায় আছে যা আগ্নেয় পদার্থের অন্যতম উৎস। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, পৃথিবী সূর্যের সঙ্গে সরাসরি সম্পর্কিত।

পৃথিবী সূর্যের একটি গ্রহ এবং সৃষ্টিকাল থেকে অবিরাম আবর্তনের ফলে মেরু প্রদেশে পৃথিবী কিঞ্চিৎ চাপা এবং নিরক্ষ প্রদেশে কিঞ্চিৎ ফুঁত।

প্রথম অবস্থায় এ পৃথিবী একটি জ্বলন্ত বাষ্পপিণ্ড ছিল। উৎপত্তির সময় বাইরের দিকে হালকা গ্যাস, তারপর লবণ জাতীয় পদার্থের গ্যাস এবং ভেতরের দিকে ভারী লৌহ জাতীয় ও অন্যান্য গ্যাস বিদ্যমান ছিল। তাপ বিকিরণের ফলে ভূ-পৃষ্ঠের উপরিস্থিত সমস্ত পদার্থ প্রথমে তরলতা প্রাপ্ত হয় এবং শেষে কঠিন আবরণের সৃষ্টি হয়। বিজ্ঞানের যে শাখায় আমাদের আবাসভূমি পৃথিবীর গঠন প্রণালী ও তার বস্তু সামগ্রী নিয়ে আলোচনা করা হয় তাকে ভূ-পদার্থ বিদ্যা (Geophysics) বলে।

ভূ-পদার্থ বিদ্যায় ‘পৃথিবীর গঠন’ প্রাকৃতিক ভূগোলের একটি গুরুত্বপূর্ণ তথ্য বহুল বিষয়। এই ইউনিটকে (ইউনিট-২) পাঁচটি পাঠে ভাগ করে, নানা বিষয়ে আলোচনা করা হয়েছে।

এই ইউনিটের পাঠগুলো নিম্নরূপ-

পাঠ-২.১ : পৃথিবী ও এর অভ্যন্তর

পাঠ-২.১ : অক্ষাংশ

পাঠ-২.৩ : গুরুত্ব

পাঠ-২.৪ : পৃথিবীর অভ্যন্তরের সম্ভাব্য ভূতাত্ত্বিক অবস্থা

পাঠ-২.৫ : ভূ-অভ্যন্তরের সম্ভাব্য অবস্থা।

## পাঠ-২.১

## পৃথিবী ও এর অভ্যন্তর

## The Earth and its Interior

এই অংশটুকু পাঠ করে আপনি-

- ◆ পৃথিবীর উৎপত্তির সময় কেমন ছিল তা বলতে পারবেন;
- ◆ তাপ বিকিরণের ফলে পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগে ও ভূ-পৃষ্ঠে কি কি পরিবর্তন ঘটে তা বর্ণনা করতে পারবেন; এবং
- ◆ ভূ-অভ্যন্তর সম্পর্কে জানার জন্য বিভিন্ন তথ্যের উৎস সম্পর্কে জানতে পারবেন।

## পৃথিবীর উৎপত্তি :

প্রথম অবস্থায় পৃথিবী একটি জলন্ত বাষ্পপিণ্ড ছিল। তাপ বিকিরণের ফলে পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগে তাপের পরিমাপ হ্রাস পাওয়ায় ভূপৃষ্ঠের উপরিস্থিত সমস্ত পদার্থ প্রথমে তরল জমাটবদ্ধ হয় এবং শেষে কঠিন আবরণের সৃষ্টি হয়। এই কঠিন আবরণই ভূত্বক নামে পরিচিত। পৃথিবীর উপরিভাগ শীতল হয়ে কঠিন হলেও অভ্যন্তর ভাগ উত্তপ্ত রয়ে গেছে। পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ তাপ ক্রমাগত হ্রাস পাওয়ায় ভূত্বকের উপরিভাগে সংকোচন জনিত টানের ফলে ফাঁকের সৃষ্টি হয়। আবার ভেতরের তরল পদার্থ বাইরে আসার চেষ্টা করায় ভূত্বকের ওপর অনেক উচ্চ ভূমি ও গর্তের সৃষ্টি হয়। পৃথিবীর শীতল হওয়ায় অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন একত্র হয়ে পানিতে পরিণত হয় এবং ভূপৃষ্ঠসহ গর্তগুলো পানিতে ভর্তি হয়ে সাগরের সৃষ্টি করে এবং উচ্চ স্থানগুলো স্থল ভাগে পরিণত হয়।

পৃথিবীর বস্তু সামগ্রী নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে ভূ-পদার্থবিদ্যায়।

বিজ্ঞানের যে শাখা পৃথিবীর বস্তু সামগ্রী নিয়ে আলোচনা করে তাকে ভূ-পদার্থবিদ্যা (Geophysics) বলে। ভূ-পদার্থ বিদ্যাকে প্রধানতঃ চারটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। প্রথম অংশের আলোচনার ক্ষেত্র হচ্ছে পৃথিবীর অব্যন্তর বা কেন্দ্রমণ্ডল। দ্বিতীয় অংশে আলোচনার ক্ষেত্র হলো ভূ-পৃষ্ঠ বা অশ্মামণ্ডল। তৃতীয় ও চতুর্থ অংশের লক্ষ্য হলো যথাক্রমে পৃথিবীর জলভাগ বা পানিমণ্ডল এবং বায়ুমণ্ডল নিয়ে আলোচনা করা। উৎপত্তির কারণ সম্পর্কে বিজ্ঞানীগণ একমত নন পৃথিবী অতি সুদূর অতীতে বাষ্পীয় অবস্থায় ছিল এবং ধীরে ধীরে তাপ বিকিরণ করে প্রথমে তরল ও পরে এর ওপরিভাগ কঠিন আকার ধারণ করে সে সম্পর্কে সকলেই নিশ্চিত। প্রাথমিক ভাবে আমাদের এই পৃথিবীকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়-বাতাস, পানি ও স্থলভাগ।

## পৃথিবীর অবস্থা :

সাধারণ ভাবে বলতে গেলে পৃথিবী হলো কঠিন ও প্রায় কঠিন পদার্থের তৈরি ৭,৯০০ মাইল বা ১২,৭৩১ কি.মি. ব্যাসের একটি গোলক। একে অবশ্য প্রকৃত গোলক বলা যায় না, কারণ এর উত্তর ও দক্ষিণ মেরু সামান্য চাপা। এর পৃষ্ঠ দেশে কোথাও গভীর সমুদ্র আবার কোথাও পাহাড়-পর্বত-উপত্যকা শোভিত মহাদেশ রয়েছে। ভূ-পৃষ্ঠের অভ্যন্তরে ভীষণ গরম এবং যতই ভেতরে যাওয়া যায় ততই বস্তুর ঘনত্ব বাড়তে থাকে। এই বৃহৎ কমলালেবু সদৃশ পৃথিবী পৃষ্ঠের আয়তন প্রায় ১৯ কোটি ২০ লক্ষ বর্গমাইল অর্থাৎ প্রায় ৫০ কোটি বর্গকিলোমিটার।

উত্তর ও দক্ষিণ মেরু সামান্য চাপা।

পৃথিবী প্রথম অবস্থায় একটি জলন্ত বাষ্পপিণ্ড ছিল। তখন এতে জলীয় বাষ্প, লৌহ, নিকেল প্রভৃতি ধাতুর গ্যাস, লবণ জাতীয় পদার্থের গ্যাসসহ অন্যান্য বিভিন্ন প্রকার গ্যাস এবং একেবারে ভেতরের দিকে লৌহ জাতীয় ভারী ও অন্যান্য গ্যাস বিদ্যমান ছিল। তারপর উত্তপ্ত

বাস্পীয় পৃথিবী ক্রমশ: তাপ বিকিরণ করে শীতল হতে থাকে। পৃথিবীর ওপরের অংশ কঠিন পদার্থে গঠিত যা সাধারণভাবে 'অশ্বমন্ডল' নামে পরিচিত।

পৃথিবীর ওপরিভাগ কঠিন হলেও অভ্যন্তর ভাগ উত্তপ্ত হয়ে যায়। উত্তপ্ত পদার্থ শীতল হওয়ার ফলে আয়তন হ্রাস পায়। ফলে ভূপৃষ্ঠের অভ্যন্তর ভাগে বিস্তৃত ফাঁক হয়। ভূত্বকের বিস্তৃত অংশ এই ফাঁকগুলোর মধ্যে বসে যায়। আবার অনেক সময় ভেতরের তরল পদার্থ বাইরে আসায় চেষ্টা করায় ভূ-ত্বকের উঁচু হয়ে ফুলে উঠে। এইরূপ ভূপৃষ্ঠের ওপর অনেক উচ্চ ভূমি ও গর্তের সৃষ্টি হয়। পৃথিবী আরও শীতল হওয়ায় অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস মিলিত হয় প্রথমে জলীয় বাষ্প ও ক্রমে তরল পানির সৃষ্টি হয়। ফলে ভূপৃষ্ঠে যতো গর্ত ছিল তা পানিতে ভর্তি হয়ে সাগরের উদ্ভব হয় এবং উচ্চ স্থানগুলো স্থলভাগে পরিণত হয়। অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, আগন প্রভৃতি গ্যাস ভূপৃষ্ঠের ওপরি ভাগের বায়ুমন্ডলে অবস্থান করে। এইভাবে পৃথিবীর স্থলভাগ, জলভাগ, ও বায়ুমন্ডলের সৃষ্টি হয়। পৃথিবীর বিবর্তনের বিভিন্ন পর্যায়ে বারিমন্ডল ও বায়ুমন্ডল সৃষ্টি হয়েছে। অশ্বমন্ডলের গঠন ও উৎপত্তি পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগের সঙ্গে জড়িত।

### ভূ-অভ্যন্তর (The Interior of the Earth) :

পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ গঠন ও বিভিন্ন স্তর বিন্যাস সম্বন্ধে সঠিক তথ্য সংগ্রহ করা খুবই কঠিন ব্যাপার। খনিজ সম্পদ আহরণের জন্য এ পর্যন্ত সবচেয়ে গভীরতম কূপ মাত্র ১০ কি.মি. ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশ করেছে এবং ক্ষয়কার্যের ফলে মাত্র ২০-২৫ কি.মি. গভীরের শিলা উন্মুক্ত হয়েছে। ভূ-বিজ্ঞানীরা ভূ-অভ্যন্তর সম্পর্কে জানার জন্য তিন ধরনের তথ্যের ওপর নির্ভর করে।

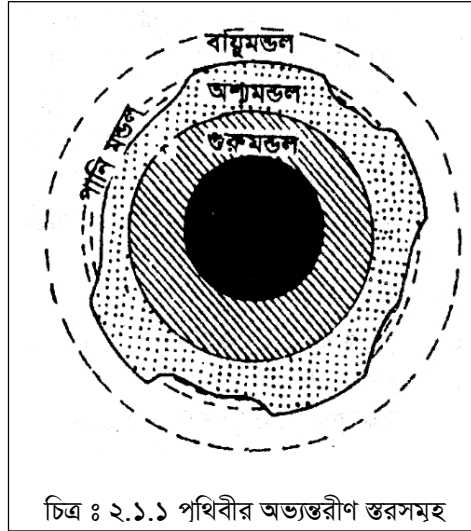
প্রথমত : আগ্নেয়গিরির অগ্নুৎপাত থেকে প্রাপ্ত ভূ-অভ্যন্তরে শিলার নমুনা।

দ্বিতীয়ত : ভূ-কম্পন তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য, যা এক ধরনের শিলা স্তর থেকে আরেক ধরনের শিলায় প্রবেশের সময় বেগ ও দিক পরিবর্তন করে থাকে। ভূ-কম্পন তরঙ্গের এ বেগ ও দিক পরিবর্তন পরিমাপের মাধ্যমে ভূ-অভ্যন্তরের শিলা স্তরসমূহের একটি চিত্র পাওয়া যায়।

তৃতীয়ত: পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রের বৈশিষ্ট্য ও এর ঘনত্ব সম্পর্কে ধারণাও ভূ-অভ্যন্তরের গঠন জানার ক্ষেত্রে সহায়ক হয়েছে।

এ সমস্ত তথ্যে ভিত্তিতে বিজ্ঞানীরা ভূ-অভ্যন্তরকে কয়েকটি শিলামন্ডলে ভাগ করেন। সবচেয়ে ভারী পদার্থ পৃথিবীর কেন্দ্র ভাগে সঞ্চিত হয়েছে এবং তুলনামূলকভাবে কম ঘনত্ব সম্পন্ন হালকা পদার্থ দ্বারা উপরের স্তর সমূহে সঞ্চিত হয়েছে। চিত্র ২.১.১ এ পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগের স্তরসমূহ দেখানো হলো। ভূ-অভ্যন্তরের প্রধান স্তরসমূহ হলো অশ্বমন্ডল, গুরুমন্ডল ও কেন্দ্রমন্ডল। এদের প্রত্যেক স্তরের বৈশিষ্ট্য ভিন্ন ভিন্ন ভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

পৃথিবীর ক্ষয়কার্যের ফলে মাত্র ২০-২৫ কি.মি. গভীরের শিলা উন্মুক্ত হয়েছে।



চিত্র : ২.১.১ পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ স্তরসমূহ

**পাঠ সংক্ষেপ**

প্রথম অবস্থায় পৃথিবী একটি জ্বলন্ত বাষ্পপিণ্ড ছিল। তাপ বিকিরণের ফলে পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগে তাপের পরিমাণ হ্রাস পাওয়ায় ভূ-পৃষ্ঠের ওপরিস্থিত সমস্ত পদার্থ প্রথমে তরলতা প্রাপ্ত হয় এবং শেষে কঠিন আবরণের সৃষ্টি হয়। এটিকে ভূত্বক বলা হয়। বিজ্ঞানের যে শাখায় পৃথিবীর বস্তু সামগ্রী নিয়ে আলোচনা করে তাকে ভূ-পদার্থবিদ্যা বলে। একে প্রধানত চারটি ভাগে ভাগ করা যায়। যেমন কেন্দ্রমণ্ডল, অশ্বামণ্ডল, বারিমণ্ডল এবং বায়ুমণ্ডল।

বিজ্ঞানীরা ভূ-অভ্যন্তর সম্পর্কে জানার জন্য তিন ধরনের তথ্যের ওপর নির্ভর করে থাকেন। যেমন ১) আগ্নেয়গিরির অগ্নুৎপাত থেকে প্রাপ্ত শিলার নমুনা, ২) ভূকম্পন তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য এবং ৩) পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রের বৈশিষ্ট্য।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন ২.১

### নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন :

#### ১. শূন্যস্থান পূরণ কর :

- ১.১. প্রথম অবস্থায় পৃথিবীর একটি ..... বাষ্পপিণ্ড ছিল।
- ১.২. সাধারণ ভাবে বলতে গেলে পৃথিবী হলো কঠিন ও প্রায় কঠিন পদার্থেও তৈরি প্রায় ..... মাইল বা ..... কি. মি. ব্যাসের একটি গোলক।
- ১.৩. খনিজ সম্পদ আহরণের জন্য এ পর্যন্ত সবচেয়ে গভীরতম কূপ মাত্র ..... কি.মি. ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশ করেছে।

#### ২. সঠিক উত্তরের পার্শ্বে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

- ২.১. গঠনের সময় প্রথম অবস্থায় পৃথিবী কেমন ছিল?
 

ক) একটি জলন্ত বাষ্প পিণ্ড	খ) তরল অবস্থায়
গ) একটি লবণ জাতীয় পদার্থের গ্যাস পিণ্ড	ঘ) ভারী লৌহ জাতীয় গ্যাসে ভর্তি।
- ২.২. বিজ্ঞানের যে শাখা পৃথিবীর বস্তু সামগ্রী নিয়ে আলোচনা করে, তাকে কি বলে?
 

ক) প্রাকৃতিক ভূগোল	খ) ভূ-পদার্থ বিদ্যা (Geophysics)
গ) পদার্থ বিদ্যা (Physics)	ঘ) ভূ-রাসায়নিক বিদ্যা (Geo-Chemistry)
- ২.৩. পৃথিবীর ওপরিভাগের কঠিন আবরণকে কি বলা হয়?
 

ক) আগ্নেয় শিলা	খ) পাললিক শিলা
গ) অশ্মা মন্ডল	ঘ) ভূ-ত্বক।
- ২.৪. পৃথিবীর মেরু প্রদেশে কিঞ্চিৎ চাপা ও নিরপেক্ষরেখায় কিঞ্চিৎ স্ফীতির কারণ কি?
 

ক) প্রাকৃতিক কারণে	খ) চাপের কারণে
গ) ভূত্বকের উপাদানের কারণে	ঘ) অবিরাম আবর্তনের কারণে।
- ২.৫. পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ তাপ, চাপ ও সংকোচনের ফলে কি সৃষ্টি করে?
 

ক) ফাঁকের	খ) কঠিন আবরণের
গ) পানির	ঘ) স্থল ভাগ।
- ২.৬. লৌহের গ্যাস কত সেন্টিগ্রেড তাপে তরল লৌহে পরিণত হয়?
 

ক) ২১০০০ সে.	খ) ২৪০০০ সে.
গ) ২৩০০০ সে.	ঘ) ২৫০০০ সে.।
- ২.৭. ভূগঠনের সময় ভূপৃষ্ঠের গর্তগুলো কিসে পরিণত হয়?
 

ক) পর্বতে	খ) ভূত্বকে
গ) হ্রদে	ঘ) সাগরে।

#### সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন

১. ভূত্বক ও বারি মন্ডলের সৃষ্টি কিভাবে হয়েছে?
২. ভূপদার্থবিদ্যা কি?
৩. ভূকম্পন তরঙ্গ কিভাবে ভূ-অভ্যন্তরের তথ্য দিয়ে থাকে?

#### রচনামূলক প্রশ্ন :

১. ভূ-পদার্থবিদ্যা ও আওতাভুক্ত আলোচ্য বিষয়গুলো কি? পৃথিবীর স্থলভাগ, জলভাগ ও বায়ুমন্ডলের সৃষ্টি সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করুন।

## পাঠ-২.২

## পৃথিবীর গঠন : অশ্মমন্ডল

## Earth Structure : Lithosphere

এই অংশটুকু পাঠ করে আপনি-

- ◆ ভূত্বক ও এর বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে জানতে পারবেন;
- ◆ ভূত্বক গঠনকারী শিলার বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে জানতে পারবেন;
- ◆ ভূ-অভ্যন্তরের প্রধান স্তর যেমন, অশ্মমন্ডলের প্রধান বৈশিষ্ট্য অবগত হতে পারবেন; এবং
- ◆ অশ্মমন্ডলের উপাদানের সংমিশ্রণের হার সম্পর্কে জানতে পারবেন।

অশ্মমন্ডলে গভীরতা  
৩০ কি. মি. হতে  
প্রায় প্রায় ৬৪  
কি.মি.।

পৃথিবীর অভ্যন্তর তিনটি স্তরে বিভক্ত। স্তর তিনটির মধ্যে সবচেয়ে ওপরের স্তর যেটি গুরুমন্ডলের ওপরে অবস্থিত সেটিকেই অশ্মমন্ডল বলে। এটাই পৃথিবীর কঠিন বহিরাবরণ। এটি নানা প্রকার শিলা ও খনিজ উপাদান দ্বারা গঠিত। এর গভীরতা ৩০ কি. মি. হতে প্রায় ৬৪ কি.মি.। অশ্মমন্ডল যে সকল উপাদানে গঠিত তার মধ্যে সিলিকন, অ্যালুমিনিয়াম, লৌহ, ক্যালসিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতির নাম উল্লেখযোগ্য। তাছাড়াও আরো নানা উপাদান বিভিন্ন হারে রয়েছে। সারণী ২.২.১. তাদের উপস্থিতির হার উল্লেখ করা হলো।

সারণী ২.২.১. : অশ্মমন্ডলের উপাদানের সংমিশ্রণের হার।

উপাদান	শতকরা হার	উপাদান	শতকরা হার
অক্সিজেন	৪৫.৪৬	হাইড্রোজেন	০.১৪
সিলিকন	২৭.৬১	ফসফরাস	০.১২
অ্যালুমিনিয়াম	৮.০৭	ম্যাগ্নানিজ	০.০৯
লৌহ	৫.০৬	কার্বন	০.০৯
ক্যালসিয়াম	৩.৬৪	সালফার	০.০৮
সোডিয়াম	২.৭৫	ক্লোরিন	০.০৫
পটাসিয়াম	২.৫৮	বেরিয়াম	০.০৪
ম্যাগনেসিয়াম	২.৫৭	ফ্লোরিন	০.০৩
টাইট্যানিয়াম	০.৬২	স্ট্রোনসিয়াম	০.০২

ভূত্বক গঠনকারী উপাদানসমূহ :

ভূ-ত্বক গঠনে প্রথম  
আটটি (সারণী-  
২.২.১) উপাদানই  
প্রধান।

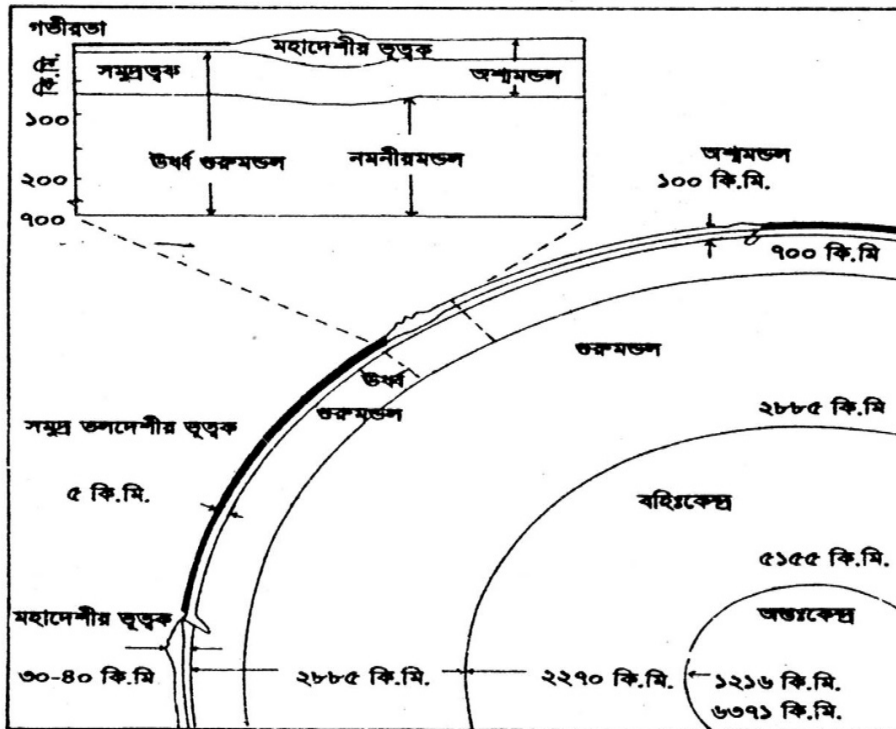
ভূ-ত্বক গঠনে প্রথম আটটি (সারণী-২.২.১) উপাদানই প্রধান। শিলা গঠনকারী ও উপাদানগুলোর মধ্যে অক্সিজেন ও সিলিকন শতকরা প্রায় ৭৩.০৭ ভাগ এবং অ্যালুমিনিয়াম থেকে ম্যাগনেসিয়াম পর্যন্ত ৬টি উপাদান একত্রে শতকরা প্রায় ২৪.১৭ ভাগ বিদ্যমান।

অশ্মমন্ডলকে আবার দুইভাগে ভাগ করা যায়। যথা-ভূ-ত্বক (Earth's Crust) এবং ভূ-ত্বকের নিম্নাংশ (Substratum)। অশ্মমন্ডলের ওপরিভাগ অধিক কঠিন। নিম্নদিকে কঠিন্য ক্রমেই কমে আসে। কারণ ভূপৃষ্ঠ শীতল হলেও ভূগর্ভ এখনও উত্তপ্ত অবস্থায় রয়েছে। ভূ-পৃষ্ঠ থেকে অভ্যন্তর ভাগে প্রতি ৩২ মিটার গভীরতার জন্য ১০ সেলসিয়াস করে উত্তাপ বাড়তে থাকে। অতএব ভূ-পৃষ্ঠের ১৫ কি. মি. নিচে যে তাপ বিদ্যমান তাতে কোনো কঠিন পদার্থই সম্পূর্ণ

কঠিন অবস্থায় থাকতে পারে না। অশ্মাভুলের গভীরতা মহাদেশীয় অঞ্চলের নিচে সর্বাপেক্ষা বেশি এবং মহাসাগরের নিচে সর্বাপেক্ষা কম। বহু উষ্ণ প্রস্রবণ ও আগ্নেয়গিরির অগুৎপাতের সময় দেখা গেছে যে, পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগ থেকে নির্গত পদার্থসমূহ অত্যন্ত উষ্ণ। বৈজ্ঞানিকগণ অনুমান করেন যে, পৃথিবীর কেন্দ্রে উত্তাপ প্রায় ৬০০০০ সেলসিয়াস যা প্রায় সূর্য পৃষ্ঠের সমপর্যায়ের।

পৃথিবীর উপরের কঠিন আবরণকে ভূ-ত্বক বলে। এটি অশ্মাভুলের উপরিভাগ। এ স্তরের গড় পুরুত্ব ২০ কি. মি. হলেও মহাদেশের তলদেশে এর পুরুত্ব সবচেয়ে বেশি। গড়ে ৩৫ কি.মি এবং সমুদ্র তলদেশে তা সর্বনিম্নে গড়ে ৫ কি.মি. (চিত্র : ২.২.১)। ভূ-ত্বকের ঘনত্ব হলো ২.৯ থেকে ৩.৩ গ্রাম সে.মি. (চিত্র: ২.২.৩)।

সমুদ্র পৃষ্ঠের ওপরে ভূ-ত্বকের যে অংশ অবস্থিত তাকে স্থলভাগ বলে। স্থল ভাগের অনেক নিচে এবং সমুদ্র তলদেশেরও কিছুদূর পর্যন্ত ভূ-ত্বক বিস্তৃত। ভূ-ত্বক নানা প্রকার শিলা ও খনিজ উপাদানে গঠিত।

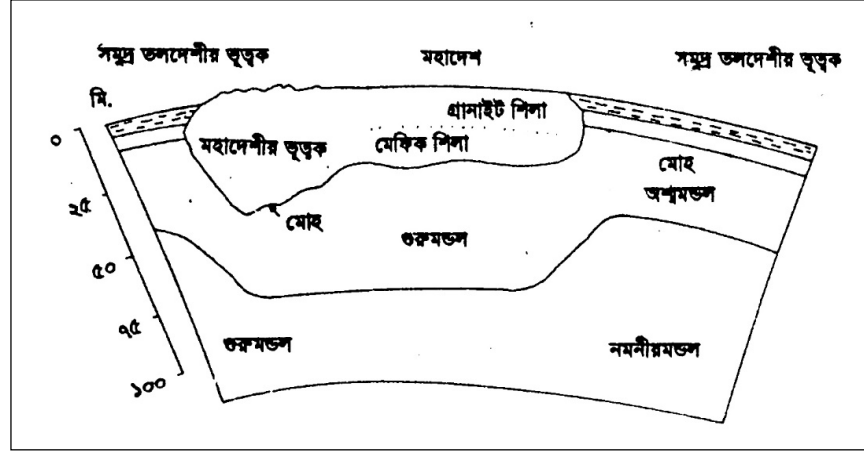


চিত্র : ২.২.১ পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগের স্তরের বিস্তৃতি। উৎস : Tarbuck & Lutgens, ১৯৯৪

ভূকম্পন তরঙ্গ থেকে জানা গেছে যে, মহাদেশীয় ভূ-ত্বক মেফিক ও ফেলসিক নামে পরিচিত (চিত্র-২.২.২)। মেফিক শিলাস্তর প্রধানত ম্যাগনেসিয়াম ও লোহা সমৃদ্ধ সিলিকেট খনিজে গঠিত। এ শিলার রং গাঢ় এবং তুলনামূলকভাবে উচ্চ ঘনত্ব বিশিষ্ট। ফেলসিক শিলার রাসায়নিক উপাদান গ্রানাইটের মতো হওয়ায় এ স্তরটি গ্রানাইটিক শিলাস্তর হিসেবে ও পরিচিত। মেফিক ও ফেলসিক শিলাস্তরে কোনো স্পষ্ট সীমানা নেই। ফেলসিক শিলা প্রধানত কোয়ার্টাজ এবং ফেল্ডসপার সমৃদ্ধ সিলিকেট খনিজের আওতাভুক্ত। এর রং ধূসর এবং অপেক্ষাকৃত কম ঘনত্ব বিশিষ্ট।

সমুদ্র তলদেশের ভূত্বক প্রধানত ব্যাসল্ট জাতীয় এবং মহাদেশীয় ভূত্বক ফেলসিক স্তরবিহীন, ব্যাসল্ট-এর প্রধান খনিজ উপাদানের নাম সিলিকন (Si) এবং ম্যাগনেসিয়াম (Mg) যা সাধারণভাবে সিমা (Sima) নামে পরিচিত। ধারণা করা হয় যে, এ ব্যাসল্ট স্তরই সারা পৃথিবী

জুড়ে বহিরাবরণ হিসেবে মহাদেশের মেফিক স্তরের নিচে ও গভীর সমুদ্রের তলদেশে বিদ্যমান। ভূ-ত্বকের নিচের দিকে প্রতি কিলোমিটারে  $30^{\circ}$  সে. তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।



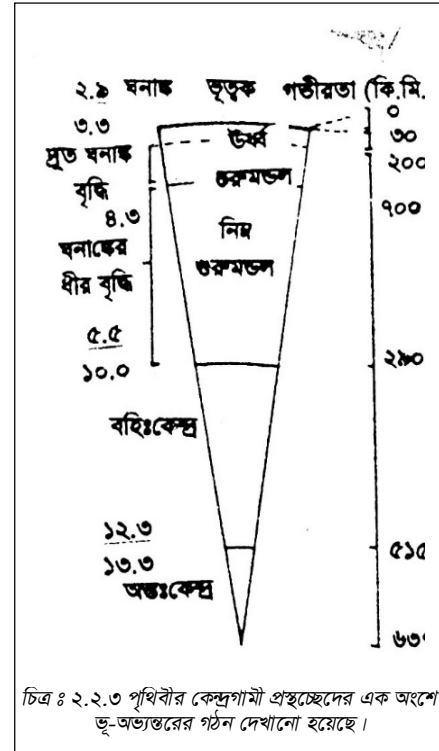
চিত্র : ২.২.২ মহাদেশ ও সমুদ্র তলদেশের ভূত্বকের তুলনামূলক পুরুত্ব। উৎস : Strachelr & Strahler, ১৯৯২

**ভূ-ত্বকের গঠন (Structure of the Earth's Crust) :** ভূ-ত্বক গঠনকারী উপাদানগুলোর বেশির ভাগই অক্সিজেনের সঙ্গে কোন নির্দিষ্ট হারে মিশ্রিত হয়ে কতকগুলো অক্সাইডের সৃষ্টি করে। কতকগুলো অক্সাইড বা খনিজ মিশ্রিত হয়ে যে পদার্থের সৃষ্টি হয় তাই শিলা।

ভূ-কম্পীয় তরঙ্গের গতিবেগ লক্ষ্য করে ভূ-ত্বক গঠনকারী শিলাকে প্রধানত তিন ভাগে ভাগ করা হয়। যথা-(১) ওপরের লঘুশিলা, (২) মধ্যবর্তী গুরুশিলা ও (৩) নিচে অলিভিন জাতীয় শিলা।

১. **ওপরের লঘুশিলা :** এটি ভূ-ত্বকের বাইরের স্তর। এর ওপরেই আমরা গাছপালা ও তৃণাদি জন্মাতে দেখি। এ স্তরে গ্রানাইট শিলার পরিমাণ বেশি তাই এক গ্রানাইট শিলা স্তর বলা হয়। এ জাতীয় শিলার আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৭৫ হতে ২.৯৫। গ্রানাইটে সিলিকা (Silica) ও অ্যালুমিনিয়ামের (Aluminium) পরিমাণ সবচেয়ে বেশি। তাই একে সিয়াল (Sial) স্তর বলে। মহাদেশগুলো প্রধানত এ জাতীয় শিলায় গঠিত। এ শিলা স্তরের মধ্য দিয়ে ভূমিকম্পের চ-তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে ৬.২ কি. মি. (৩.৮ মাইল) বেগে প্রবাহিত হয়। এ স্তরের গভীরতা বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন রকমের হলেও এর গড় গভীরতা প্রায় ১২.৮ কি. মি. (৮ মাইল)।

২. **মধ্যবর্তী গুরুশিলা :** সিয়ালের নিচেই ভূ-ত্বকের এ স্তরটি অবস্থিত। এ স্তরটি ব্যাসল্ট জাতীয় শিলা দ্বারা গঠিত। ব্যাসল্ট শিলায় সিলিকা (Silica) (৪৫% থেকে ৫৫%) ও ম্যাগনেসিয়ামের (Magnesium) (৪৫% থেকে ৫৫%)



চিত্র : ২.২.৩ পৃথিবীর কেন্দ্রগামী প্রস্থচ্ছেদের এক অংশে ভূ-অভ্যন্তরের গঠন দেখানো হয়েছে।



পরিমাণ অধিক। তাই ব্যাসল্ট শিলার নাম (Sima) নামে পরিচিত। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৯৫ থেকে ৩.৪। এ শিলা স্তর সমুদ্র তলদেশে যেখানে গ্রানাইট শিলা স্তর শেষ হয়েছে সেখানে এ শিলাস্তর দৃষ্ট হয়। এই স্তরের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিছু বেশি বলে এর মধ্য দিয়ে ভূকম্পনের তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে ৭ কি. মি. বা ৪.৩ মাইল বেগে প্রবাহিত হয়। এই শিলা স্তরটি সিয়াল অপেক্ষা বেশি পুরু। এর গভীরতা ২০ কি.মি. হতে ৩২ কি. মি. (১২-২০ মাইল) উপরের বর্ণিত লঘু ও গুরু শিলাস্তরদ্বয় সীমারেখায় মিলিত হয়েছে তাকে কনরাড বিযুক্তি (Conrad Discontinuity) বলে।

৩. নিচের অলিভিন জাতীয় শিলা : এই অংশে অলিভিন নামক খনিজ অধিক পরিমাণে থাকে। এ শিলা স্তরে ভূ-তরঙ্গের গতিবেগ আরও বৃদ্ধি পেয়ে প্রতি সেকেন্ডে ৮ কি.মি. হয়। অলিভিন খনিজ ম্যাগনেসিয়াম (Mg) লৌহের সিলিকেটের সমন্বয়ে গঠিত। তবে ম্যাগনেসিয়ামের পরিমাণ অর্ধেকেরও বেশি। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ৩.৩। অনেকের মতে, এ স্তর গুরুমন্ডলের অংশ অর্থাৎ ভূ-ত্বকের অন্তর্ভুক্ত নয়।

সুতরাং ভূ-ত্বকের গঠন মোটামুটি নিম্নরূপ :

১. সিয়াল (গ্রানাইট) → এটি ভূ-ত্বকের ওপরের কনরাড বিযুক্তি।
২. সিমা (ব্যাসল্ট) → এটি ভূ-ত্বকের মধ্যবর্তী স্তর।
৩. অলিভিন এটি → ভূ-ত্বকের নিচের অংশ।

পাঠসংক্ষেপ :

পৃথিবীর অভ্যন্তর তিনটি স্তরে বিভক্ত। স্তর তিনটির মধ্যে সবচেয়ে ওপরের স্তর যেটি গুরুমন্ডলের ওপরের অবস্থিত সেটিকেই অশ্মমন্ডল বলা হয়। ভূ-পৃষ্ঠের ওপরের কঠিন আবরণকে ভূ-ত্বক বলে। সমুদ্র পৃষ্ঠের ওপরে ভূত্বকের যে অংশ অবস্থিত তাকে স্থল ভাগ বলে। মহাদেশীয় ভূ-ত্বক মেফিক ও ফেলসিক নামক পৃথক শিলাস্তর নিয়ে গঠিত। নিম্ন শিলাস্তরটি মেফিক ও এর উপরের স্তরটি ফেলসিক নামে পরিচিত। ভূ-কম্পনীয় তরঙ্গের গতিবেগ লক্ষ্য করে ভূ-ত্বক গঠনকালী শিলাকে প্রধানত তিন ভাগে ভাগ করা হয়। যথা- (১) ওপরের লঘুশিলা, (২) মধ্যবর্তী গুরুশিলা ও (৩) নিচের অলিভিন জাতীয় শিলা।

**পাঠোত্তর মূল্যায়ন ২.২****নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন :****১. শূন্যস্থান পূরণ করুন :**

- ১.১. পৃথিবীর অভ্যন্তর ..... স্তরে বিভক্ত।
- ১.২. বৈজ্ঞানিকগণ অনুমান করেন যে পৃথিবীর কেন্দ্রে উত্তাপ প্রায় .....° সেলসিয়াস যা প্রায় সূর্যের পৃষ্ঠের সমপর্যায়ের।
- ১.৩. ভূ-ত্বকের ঘনত্ব হলো ..... থেকে ৩.৩ গ্রাম/সে.মি.।
- ১.৪. ভূ-ত্বকের নিচের অংশ প্রায় একই প্রকার ..... উপাদান দ্বারা গঠিত।
- ১.৫. মহাদেশীয় ভূ-ত্বক ..... ও ফেলসিক নামক পৃথক শিলাস্তরে গঠিত।
- ১.৬. কতকগুলো অক্সাইড বা ..... মিশ্রিত হয়ে যে পদার্থের সৃষ্টি হয় তাই শিলা।
- ১.৭. .... স্তরে গ্রানাইট শিলার পরিমাণ, তাই একে গ্রানাইট শিলা স্তর বলা হয়।

**২. সঠিক উত্তররে পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন :**

- ২.১. ভূত্বকের শিলার অধিকাংশ কয়টি উপাদানে গঠিত?
 

ক) ২টি	খ) ৪টি
গ) ৬টি	ঘ) ৮টি।
- ২.২. ভূ-তত্ত্ববিদগণ ভূ-অভ্যন্তর ভাগকে কয়টি স্তরে বিভক্ত করেছেন?
 

ক) ৩টি	খ) ৪টি
গ) ৫টি	ঘ) ৬টি।
- ২.৩. কেন্দ্রমন্ডলের পুরুত্ব-
 

ক) ৩,৪৮৬ কি.মি.	খ) ৩,৪৮৬ কি.মি.
গ) ২,৪০০ কি.মি.	ঘ) ৪,৪০০ কি.মি.।
- ২.৪. কেন্দ্রমন্ডলের বহিঃভাগ থেকে ভূত্বকে নিম্নভাগ পর্যন্ত বিস্তৃত স্তরকে বলে-
 

ক) সমমন্ডল	খ) গুরুমন্ডল
গ) অশ্মমন্ডল	ঘ) বারিমন্ডল।
- ২.৫. মেফিক ও ফেলসিক নামক পৃথক পৃথক শিলাস্তর দ্বারা গঠিত-
 

ক) মহাদেশীয় ভূ-ত্বক	খ) সমুদ্র তলদেশ
গ) অশ্মমন্ডলের তলদেশ	ঘ) গুরুমন্ডলের তলদেশ।
- ২.৬. ভূ-ত্বকের গড় পুরুত্ব-
 

ক) ১৫ কি.মি.	খ) ২০ কি.মি.
গ) ১০ কি.মি.	ঘ) ৫০ কি.মি.।
- ২.৭. ভূ-ত্বকের নিচের দিকে প্রতি কি. মি. উত্তাপ বৃদ্ধি পায়-
 

ক) ৩০০ সে.	খ) ১৫০ সে.
গ) ২০০ সে.	ঘ) ৮৫০ সে.।

**সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন :**

১. অশ্মমন্ডল কাকে বলে?
২. ভূ-ত্বক কি?
৩. ভূ-ত্বক গঠনকারী শিলাসমূহ কি কি?
৪. ওপরের লঘুশিলা কি?
৫. মধ্যবর্তী গুরুশিলা কি?
৬. অলভিন জাতীয় শিলা কি?
৭. ভূ-ত্বকের গঠন কিরূপ?

**রচনামূলক প্রশ্ন :**

১. অশ্মমন্ডল কাকে বলে? ভূ-ত্বক সম্পর্কে বর্ণনা দিন।

## পৃথিবীর গঠন : গুরুমন্ডল ও কেন্দ্রমন্ডল Earth Structure : Mantle & Centrosphere/Core

এই অংশটুকু পাঠ করে আপনি-

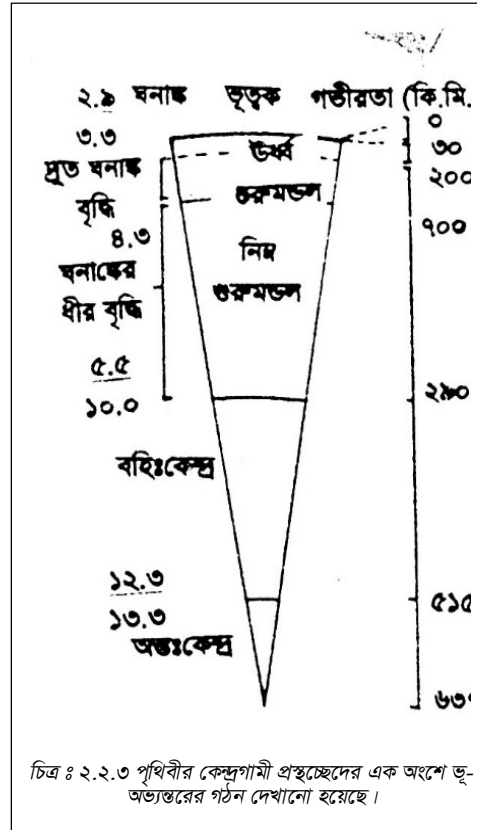
- ◆ ভূ-অভ্যন্তরের প্রধান স্তর যেমন, গুরুমন্ডল ও কেন্দ্রমন্ডল এর প্রধান বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে অবগত হতে পারবেন; এবং
- ◆ ভূ-অভ্যন্তরের স্তরসমূহের বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে জানতে পারবেন।

### গুরুমন্ডল

কেন্দ্র মন্ডলের বহিঃভাগ থেকে অশ্বমন্ডলের (ভূ-ত্বকের) নিম্ন স্তর পর্যন্ত বিস্তৃত স্তরকে গুরুমন্ডল বলে। এটি পৃথিবীর আয়তনের শতকরা ৮২ ভাগ এবং ওজনের শতকরা ৬৮ ভাগ দখল করে আছে (চিত্র : ২.৩.১)। গুরুমন্ডলের স্তরটি প্রায় ২.৮৮৫ কি.মি. পুরু। এর উর্ধ্বাংশের শিলা কঠিন ও ভঙ্গুর, যা প্রায় ১০০ কি. মি. পর্যন্ত বিস্তৃত। ভূ-ত্বক ও গুরুমন্ডলের বহিঃসীমানা পর্যন্ত ১০০ কি.মি. পুরু স্তরকে একত্রে শিলামন্ডল বা অশ্বমন্ডল (Lithosphere) বলে। সিলিকন ও ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ভারী ধাতুগুলোর সংমিশ্রণেই এই মন্ডলটি গঠিত। ঘনত্ব অনুসারে ধাতুগুলোর সংবিন্যাস নিচ থেকে ওপরের দিকে ক্রমেই গুরু থেকে লঘু। এর ওপরাংশের ১৪৪৮ কি.মি. (৯০০ মাইল) ব্যাসল্ট জাতীয় উপাদানে গঠিত। এই জন্যই এই স্তরকে ব্যাসল্ট অঞ্চল (Basalt Zone) বলা হয়। সিলিকন (Si) ও ম্যাগনেসিয়াম (Mg) দ্বারা এই মন্ডলটি গঠিত বলে একে সিমা (Sima) ও বলা হয়।

তবে, ভূ-ত্বক ও গুরুমন্ডলের মাঝে একটি পাতলা স্তর আছে যা ১৯০৯ সালে যুগোস্লাভিয়া (বর্তমানে সার্বিয়া) ভূ-কম্পবিদ মোহোরোভিসিক প্রথম আবিষ্কার করেন। তাঁর নামানুসারে এ স্তরটিকে সংক্ষেপে মোহোবিচ্ছেদ (Moh's Discontinuity) নামে অভিহিত করা হয় (চিত্র-২.৩.২)।

গুরুমন্ডল ও কঠিন উর্ধ্বাংশের শিলা গলানাক্ষের কাছাকাছি হওয়ায় আংশিক নরম অবস্থায় আছে, যা প্রায় ৩০০ কি.মি. গভীর। এ স্তরের নাম নমনীয়মন্ডল (Asthenosphere)। এ কঠিন শিলামন্ডল নমনীয় মন্ডলের ওপর ধীরে চলতে পারে। অনুমান করা হয়, নমনীয় মন্ডলের শিলাসমূহ আংশিক নরম অবস্থার সৃষ্টি হয়। বিশেষত আগ্নেয়গিরির অগ্নুৎপাত



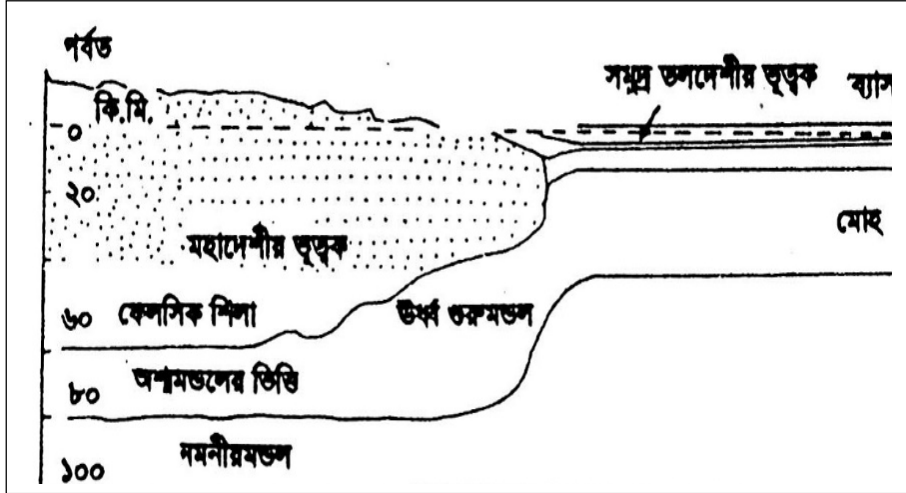
এবং ভূত্বকের গঠন বিকৃতি (Deformation) এ স্তর থেকে হয়ে থাকে। বিজ্ঞানীরা মনে করেন, এ স্তরের উপরের ভূগঠন প্রেসসমূহ সঞ্চালিত হয়।

### কেন্দ্রমণ্ডল (Centrosphere/Core) :

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ প্রায় ৬,৪৩৪ কি.মি.। পৃথিবীর কেন্দ্রের চারিদিকে প্রায় ৩,৪৮৬ কি.মি. ব্যাসার্ধের এক গোলক অবস্থিত। এই গোলকটির নাম দেয়া হয়েছে কেন্দ্রমণ্ডল। অন্তঃকেন্দ্র ও বহিঃকেন্দ্রকে একত্রে কেন্দ্রমণ্ডল বলে। চিত্র-২.২.১ এ লক্ষ্য করণ, কেন্দ্রমণ্ডল গুরুমণ্ডলের নিম্নভাগ থেকে কেন্দ্রভাগ পর্যন্ত বিস্তৃত। এই স্তরের ঘনত্ব প্রায় ১০.৭৮ গ্রাম/সে.মি., যা গুরুমণ্ডলের চেয়ে প্রায় দ্বিগুন। কেন্দ্রের দিকে ঘনত্ব বাড়তে থাকে। পৃথিবীর আয়তনের দিক থেকে এ স্তর ১৬.২% হলেও এটি মোট ওজনের শতকরা প্রায় ৩২.০ ভাগ দখল করে আছে।

কেন্দ্রমণ্ডল লৌহ,  
নিকেল, পারদ,  
সীসা প্রভৃতি কঠিন  
ও ভারী পদার্থ দ্বারা  
গঠিত।

বৈজ্ঞানিকদের মতে, কেন্দ্রমণ্ডল লৌহ, নিকেল, পারদ, সীসা প্রভৃতি কঠিন ও ভারী পদার্থ দ্বারা গঠিত। এই স্তরে নিকেল (Ni) ও লৌহের (Fe) পরিমাণ বেশি থাকায় একে নাইফ (Nife) বলা হয়। এটি পানি অপেক্ষা ১০/১২ গুণ এবং পৃথিবীর অন্যান্য অংশ অপেক্ষা দ্বিগুণের অধিক ঘন। কিন্তু প্রচলিত তাপ ও চাপে এটি সম্ভবত কঠিন অবস্থায় নেই। এর কাঠামো স্থিতিস্থাপক ও চটচটে অবস্থায় আছে বলে ধারণা করা হয়। বহিঃকেন্দ্রের পুরুত্ব আনুমানিক ২,২৭০ কি.মি. এবং অন্তঃকেন্দ্রের পুরুত্ব ১,২১৬ কি.মি.। কেন্দ্রমণ্ডলের বাইরের অংশ তরল এবং ভেতরের অংশ কঠিন অবস্থায় আছে বলে অনুমান করা হয়।



চিত্র : ২.৩.২ ভূত্বক ও গুরুমণ্ডলের গঠন উপাদানের তুলনামূলক চিত্র। উৎস : Strachler & Strahler, ১৯৯২

### সারণী ২.৩.১ : ভূ-অভ্যন্তরের স্তরসমূহের বৈশিষ্ট্য।

স্তরসমূহ	গভীরতা কি.মি.	প্রাথমিক তরঙ্গের বেগ কি.মি./সে.	আয়তনের শতকরা হার	ঘনত্ব ১০৩ কি.গ্রাম/ ঘনমিটার	চাপ কিলোমিটার
ভূত্বক (সিয়াল)	মহাদেশীয় গড় ৩৩	৬.৫	১.৫৫	২.৭	
ভূত্বক (সিমা)	সামুদ্রিক ১০-১১			২.৮ ২.৯	৯
উর্ধ্ব গুরুমণ্ডল	১০০০	৮.১	৮২.২৫		
নিম্ন গুরুমণ্ডল	১০.৭ ২,৯০০	৪.৩	২৭০	১১.৮	৩,১৮০
বহিঃকেন্দ্র	৫,০০০	১০.৩		১৪	৩,৩০০
অন্তঃকেন্দ্র	৬,৩৭১	১১.২	১৬.২০	১৬	৩,৬৮০

উৎস : Science Foundation Course, UK, 1971.

**পাঠসংক্ষেপ-২.৩****নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন :****১. শূন্যস্থান পূরণ :**

- ১.১ ভূ-ত্বক ও গুরুমন্ডলের বহিঃসীমানা পর্যন্ত ..... কি.মি. পুরু স্তরকে একত্রে শিলামন্ডল বা অশুমন্ডল (Lithosphere) বলে।
- ১.২ পৃথিবীর কেন্দ্রের চারিদিকে প্রায় ..... কি.মি. ব্যাসার্ধের এক গোলক অবস্থিত। এই গোলকটির নাম দেয়া হয়েছে কেন্দ্রমন্ডল।

**২. সঠিক উত্তরের পার্শ্বে টিক (✓) চিহ্ন দিন :**

- ২.১. কঠিন কেন্দ্রমন্ডল প্রধানত গঠিত হয়েছে-
- |                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| ক) লোহা ও ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা | খ) শুধু লোহা দ্বারা           |
| গ) লোহা ও নিকেল দ্বারা         | ঘ) শুধু ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা। |
- ২.২. কেন্দ্রমন্ডলের পুরুত্ব-
- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| ক) ৩,৪৮৬ কি.মি. | খ) ৩,০০০ কি.মি.  |
| গ) ২,৪০০ কি.মি. | ঘ) ৪,৪০০ কি.মি.। |

**সংক্ষিপ্ত উত্তর :**

- ১। ভূ-অভ্যন্তরের শিলা মন্ডল সমূহের ঘনত্বের তালিকা দিন।
- ২। ভূ-অভ্যন্তরের বিভিন্ন শিলা মন্ডলের তাপমাত্রার পার্থক্য দেখান।
- ৩। নমনীয় মন্ডলের শিলা ও সমুদ্র তলদেশীয় শিলা স্তরের মধ্যে পার্থক্য কি?
- ৪। মহাদেশীয় শিলা ও সমুদ্র তলদেশীয় শিলা স্তরের মধ্যে পার্থক্য কি?
- ৫। কেন্দ্র ও গুরুমন্ডলের পার্থক্য কি?
- ৬। আয়তন অনুযায়ী প্রধান শিলা মন্ডলসমূহ সাজান।

**রচনামূলক প্রশ্ন :**

- ১। ভূ-অভ্যন্তরের প্রধান স্তরসমূহের একটি চিত্র অঙ্কন করে এগুলোর বর্ণনা দিন।
- ২। ভূ-অভ্যন্তরের নিম্নের স্তরসমূহের গঠন, উপাদান ও বৈশিষ্ট্যসমূহের বর্ণনা দিন।

## পাঠ-২.৪

## পৃথিবীর অভ্যন্তরের সম্ভাব্য ভূতাত্ত্বিক অবস্থা

## Approximate Geological Structure of the Earth's Interior

এই অংশটুকু পাঠ করে আপনি-

- ◆ P ও S তরঙ্গের ছায়া অঞ্চল কি তা জানতে পারবেন;
- ◆ মোহেরোভিসিক বিচ্ছেদ বা মোহো বিচ্ছেদ সম্পর্কে বলতে পারবেন;
- ◆ পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগের ঘনত্ব, চাপ ও স্থিতিস্থাপকতা সম্পর্কে অবহিত হতে পারবেন; এবং
- ◆ পৃথিবীর ভূ-ত্বক গুরুমন্ডল ও কেন্দ্রমন্ডলের বিভিন্ন গভীরতায় ভূকম্পনের বেগ ও শিলা সম্পর্কে বলতে পারবেন।

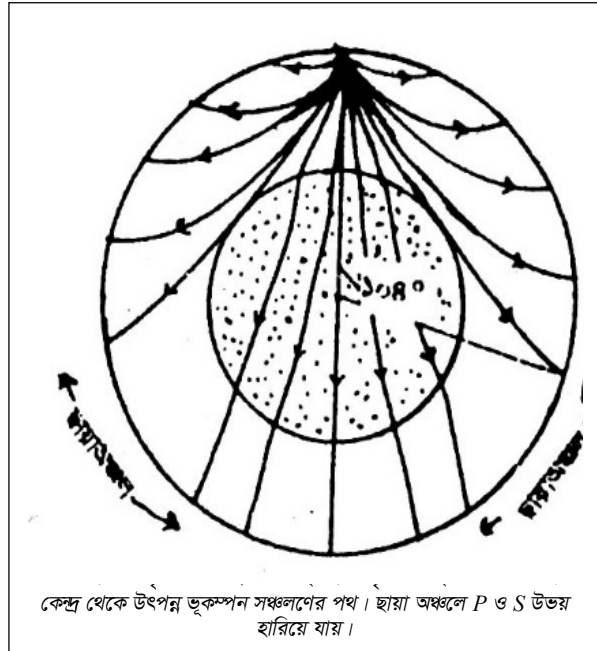
পৃথিবীর অভ্যন্তরের অধিকাংশই আমাদের প্রত্যক্ষ পর্যবেক্ষণের বাইরে রয়ে গেছে। গর্ত করে পৃথিবীর মাত্র প্রায় ১০ কি.মি. গভীরের শিলা সংগ্রহ করা সম্ভব হয়েছে যেখানে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ প্রায় ৬,৪০০ কি.মি.। কাজেই বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখা থেকে সূত্র আহরণ করেই ভূ-অভ্যন্তর ভাগ সম্পর্কে ধারণা গড়ে উঠেছে। বিজ্ঞানের এ সমস্ত শাখার মধ্যে ভূকম্পন সম্পর্কিত বিভিন্ন উপাত্ত ও তথ্যই প্রধান। তবে জ্যোতির্বিদ্যা, পদার্থ ও রসায়ন বিদ্যার বিভিন্ন সূত্রও ভূ অভ্যন্তরের রহস্য উন্মোচনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

## বিভিন্ন বিজ্ঞানী ভূ-অভ্যন্তর সম্পর্কে ধারণা

১৮৯৭ সালে জার্মান ভূকম্পবিদ প্রফেসর উইচার্ট (Wiechert) ভূমিকম্প তরঙ্গ সঞ্চরণের সময় দূরত্ব লেখচিত্রে এক আকর্ষণীয় বিষয় লক্ষ্য করেন। তিনি দেখেন যে উপকেন্দ্র থেকে ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব  $১০৪^\circ$  পর্যন্ত বিভিন্ন ভূকম্পলিখ যন্ত্রে P ও S তরঙ্গ সুন্দর ভাবে ধরা পড়ে। এর পরে উপকেন্দ্র থেকে ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব  $১০৪^\circ$  পর্যন্ত বিভিন্ন স্থানে P ও S তরঙ্গ হারিয়ে যায় কিন্তু  $১০৪^\circ$  থেকে আবার

উইচার্ট ভূমিকম্প তরঙ্গ সঞ্চরণের সময়, উপকেন্দ্র থেকে ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব  $১০৪^\circ$  পর্যন্ত বিভিন্ন ভূকম্পলিখ যন্ত্রে P ও S তরঙ্গ সুন্দর ভাবে ধরা পড়ে।

শক্তিশালী P তরঙ্গের আবির্ভাব ঘটে (চিত্র : ২.৪.১)। এই ঘটনার ব্যাখ্যা করতে উইচার্ট বলেন যে, পৃথিবীর সুগভীরে একটি বিচ্ছেদ তল রয়েছে। এই তলের সীমানা থেকে কেন্দ্রের দিকে পদার্থের এক আমূল পরিবর্তন ঘটে।



কেন্দ্র থেকে উৎপন্ন ভূকম্পন সঞ্চরণের পথ। ছায়া অঞ্চলে P ও S উভয় হারিয়ে যায়।

**চিত্র ২.৪.১ : সম্পর্কিত শিরোনাম ও ব্যাখ্যা :**

১৯২২ সালে প্রফেসর বেনো গুটেনবার্গ (Benjo Gutenberg) যুক্তিসহকারে বলেন যে, উইচার্ট বিচ্ছেদ (Discontinuity) কঠিন থেকে তরল অবস্থান্তর নির্দেশ করে। ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব ১০৪০ -এর পর S তরঙ্গের অন্তর্ধান এ নির্দেশ দেয় যে ঐ তরঙ্গ নিশ্চয় কোন তরল মাধ্যমের সম্মুখীন হয়েছে যেখানে S তরঙ্গ হারিয়ে গেছে। কারণ কোন তরল বা বায়বীয় পদার্থের মধ্য দিয়ে S তরঙ্গ সঞ্চারিত হতে পারে না। অন্যদিকে S তরঙ্গ উইচার্ট বিচ্ছেদ তলে নীচে তরলের সম্মুখীন হলে এর বেগ হঠাৎ অনেক কমে যায় ও স্লেলের সূত্র অনুযায়ী তরঙ্গ ভূপৃষ্ঠের দিকে না বেঁকে কেন্দ্রের দিকে বেঁকে যায়। এ জন্যই ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব ১০৪° থেকে ১৪০° মধ্যে (রৈখিক দূরত্ব ১১,৫৪০ কি.মি. থেকে ১৫,৯৪০ কি.মি. এর মধ্যে) P ও S দুই রকম তরঙ্গই যন্ত্রে ধরা পড়ে না। এ অঞ্চলকে P ও S তরঙ্গের ছায়া অঞ্চল (Shadow Region) বলা হয়। গুটেনবার্গ হিসেব করে দেখান যে, এ বিচ্ছেদ তল ভূপৃষ্ঠ থেকে প্রায় ২,৯০০ কি.মি. গভীরে অবস্থিত। এ বিচ্ছেদ তলকে বর্তমানে উইচার্ট গুটেনবার্গ বিচ্ছেদ বলে। এটা কঠিন গুরুমন্ডল (Mantle) ও তরল কেন্দ্রমন্ডল (Core) সীমানা নির্দেশ করে। যুগোশ্লাভিয়া (বর্তমান সার্বিয়া) অধিবাসী মোহোরোভিসিক (Mohorovicic) এরকম আর এক বিচ্ছেদের সন্ধান পান। ১৯০৯ সালে তিনি জানান যে, ভূমিকম্প কেন্দ্র থেকে কয়েকশত কিলোমিটার গভীরে P-তরঙ্গের সময় দূরত্ব লেখচিত্র নতিমাত্রার এক হঠাৎ পরিবর্তন হয়। এই ঘটনার ব্যাখ্যা হিসেবে তিনি দুটি স্বতন্ত্র স্তরের কথা উল্লেখ করেন। এ বিচ্ছেদের উপরের স্তরের পুরুত্ব প্রায় ৩০ কি.মি. ও এর মধ্য দিয়ে S তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে ৬ কি.মি. বেগে সঞ্চারিত হয় ও এ বিচ্ছেদের নিচের স্তরে P তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে ৮ কি.মি. বেগে সঞ্চারিত হয়। এ দুই স্তরের সীমানার বিচ্ছেদ তলকে মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদ বা মোহো বা এম বিচ্ছেদ বলে। পরবর্তী কালের গবেষণায় প্রমাণিত হয় যে, মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদের গুরুত্ব সর্বত্র সমান নয়। মহাদেশের নিচে এর গভীরতা ২০ থেকে ৬০ কি.মি. এবং পর্বতের নিচেই পুরুত্ব সবচেয়ে বেশি থাকে। মহাসাগরের নিচে এ বিচ্ছেদের পুরুত্ব অনেকটা কম ও সর্বত্র একই প্রকার প্রায় ১১ কি.মি.।

১৯৩৬ সালের ডেনমার্কের আই. লেম্যান (I. Lehmann) আবিষ্কার করেন যে, পৃথিবীর কেন্দ্রমন্ডল সমধর্মী নয়। এটা অন্তত দুটো অংশে বিভক্ত, এক তরল বহিঃকেন্দ্র ও এক কঠিন অন্তঃকেন্দ্র।

শুধুমাত্র বহিঃকেন্দ্রের ভেতর দিয়ে সঞ্চারিত P তরঙ্গের গতিবেগ থেকে লেম্যান এর আবিষ্কার P-তরঙ্গের গতিবেগ বেশি। অন্তঃকেন্দ্র কঠিন হলে এটা সম্ভব। কঠিন অন্তঃকেন্দ্রে ব্যাসার্ধ প্রায় ১,৩০০ কি.মি.। ভূকম্পনের সঞ্চারণের সময় দূরত্ব বক্ররেখার নতিমাত্রার পরিবর্তন বিশ্লেষণ করে বেনো গুটেনবার্গ ও হ্যারল্ড জেফ্রী গভীরতার সঙ্গে ভূকম্পের গতিবেগের সম্পর্কের লেখচিত্র উদ্ভাবন করেন। এতে দেখা যায় যে, প্রায় ৪০০ ও ৭০০ কি.মি. গভীরতায় P ও S তরঙ্গের গতিবেগের দ্রুত পরিবর্তন হয়। গুরুমন্ডলের মধ্যে এদেরকে দুটি দ্বিতীয় ক্রমের বিচ্ছেদ বলা হয়। পরবর্তীকালে ক্যালিফোর্নিয়ার প্রফেসর ডন অ্যান্ডারসন (Don Anderson) এবং তার সহকর্মীরা এ সম্পর্কে আরও গবেষণা করেন এবং আরও পরিমার্জিত গতিবেগ লেখচিত্র অঙ্কন করেন। এতে ৪০০ ও ৭০০ কি.মি. এর বিচ্ছেদ দুটো আরও সুস্পষ্টভাবে ধরা পড়ে। আরও একটি বিষয়ে এরা সকলের দৃষ্টি আকর্ষণ করেন। এটা হলো যে ভূকম্পনের বেগ ১৫০-২৫০ কি.মি. গভীরতায় এক নিম্নতম পর্যায়ে পৌঁছায়। একে নিম্ন ভূমিকম্পীয় বেগ মন্ডল (Low Velocity Zone) বলা হয়। এই মন্ডলের নিম্ন গতিবেগ থেকে এ ধারণা জন্মে যে,

বিচ্ছেদ তল ভূপৃষ্ঠ থেকে প্রায় ২,৯০০ কি.মি. গভীরে অবস্থিত।

লেম্যান আবিষ্কার করেন যে, পৃথিবীর কেন্দ্রমন্ডল সমধর্মী নয়। এটা অন্তঃকেন্দ্র ও বহিঃকেন্দ্র নামে দুই ভাগে বিভক্ত।

এক পাতলা পাললিক শিলার আবরণের নিচে মহাদেশীয় ভূ-ভূক দুটি স্তরে বিভক্ত।

এখানে শিলা গলনাক্ষের কাছাকাছি রয়েছে। গুরুমন্ডলের এ স্তরকে নমনীয় মন্ডল (Asthenosphere) বলে।

**ভূ-অভ্যন্তর ভাগের শিলার গঠন :**

**ভূ-ত্বক :**

ভূকম্পীয় নির্দর্শন থেকে অনুমান করা যায় যে, এক পাতলা পাললিক শিলার আবরণের নিচে মহাদেশীয় ভূ-ত্বক দুটি স্তরে বিভক্ত। এদের মধ্যে ভূকম্পীয় তরঙ্গের গতিবেগের এক বিচ্ছেদ রয়েছে। এ বিচ্ছেদকে অনেক সময় কনরাড বিচ্ছেদ (Conrad Discontinuity) বলে।

নিম্ন মহাদেশীয় ভূ-ত্বকের মানাক্ষ আনুমানিক ২.৯ গ্রাম/সে.মি.৩ এবং ঐ অংশে চাপের পরিমাণ ৭ থেকে ১০ কিলোবার, P-তরঙ্গের গতিবেগ আনুমানিক ৬-৮ কি.মি./সেকেন্ড। এরকম চাপের মধ্যে গ্যাব্রো ও ডাইওরাইটের পূর্বোক্ত ধরনের ঘনাক্ষ ও গতিবেগ লক্ষ্য করা যায়।

**গুরুমন্ডল :** লক্ষ্য করা গেছে উর্ধ্ব গুরুমন্ডলে (ভূ-ত্বকের নিম্ন সীমা থেকে প্রায় ৪০০ কি.মি. গভীর পর্যন্ত বিস্তৃত অঞ্চলে) P-তরঙ্গের গতিবেগ ৭.৯ থেকে ৮.২ কি.মি/সে.। এ অংশের ঘনাক্ষ সুনিশ্চিতভাবে বলা না গেলে সম্ভবত এটা ৩.৩-৪.৪. গ্রাম/সে.মি.৩। উর্ধ্ব গুরুমন্ডলের ঘনাক্ষ ও চাপের অনুরূপ পরিবেশ ভূকম্পীয় গতিবেগের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ খনিজ হলো অলিভিন, পাইরোক্সিন, গার্নেট এবং সম্ভবত অ্যাক্সিবোল। এ সমস্ত ম্যাফিক (Mafic) খনিজ মিশ্রণে প্রধানত অতি ক্ষারীয় পেরিডোইট (অলিভিন-পাইরোক্সিন মিশ্রণ) ও একলোগাইট (পাইরোক্সিন ও গার্নেট মিশ্রণ) জাতীয় শিলার সৃষ্টি হয়। চিত্র-২.২.১ : পৃথিবীর কেন্দ্রগামী প্রস্থচ্ছেদের এক অংশে ভূ-অভ্যন্তরের গঠন দেখানো হয়েছে।

**কেন্দ্রমন্ডল :** ভূ-কম্পীয় সূত্র থেকে বোঝা যে, ভূ-পৃষ্ঠ থেকে ২৯০০ কি.মি. গভীর কেন্দ্রের উর্ধ্ব সীমানায় শিলার ঘনাক্ষ ৫.৫ গ্রাম/সে.মি.৩ থেকে তীক্ষ্ণভাবে বেড়ে ১০ গ্রাম/সে.মি.৩ তে পৌঁছায়। আরও গভীরে উপাদানের ঘনাক্ষ বেড়ে ১২ বা ১৩ গ্রাম/সে.মি.৩ হয়। এর অর্থ কেন্দ্রমন্ডলের ঘনাক্ষ গুরুমন্ডলের দ্বিগুণ। হিসেব করলে দেখা যাবে যে যদিও কেন্দ্রমন্ডল পৃথিবীর আয়তনের ১৬% অধিকার করে আছে কিন্তু এ অংশেই পৃথিবীর ভরের ৩২% কেন্দ্রীভূত হয়েছে।

বর্তমানে সাধারণভাবে মনে করা হয় যে, বহিঃকেন্দ্র ৮০% লোহা ও নিকেল এবং ২০% সিলিক দিয়ে তৈরি। তবে আগেই বলা হয়েছে কেন্দ্রমন্ডলের উপাদান সম্পর্কে প্রত্যক্ষ সূত্র নেই। সাধারণভাবে অন্তঃকেন্দ্রের উপাদান বহিঃকেন্দ্রের উপাদানের মতো ধরে নেওয়া হয়।

### পাঠসংক্ষেপ

পৃথিবীর অভ্যন্তরের অধিকাংশই আমাদের প্রত্যক্ষ পর্যবেক্ষণের বাইরে রয়ে গেছে। তবে ভূ-কম্পন সম্পর্কিত উপাত্ত, জ্যোতির্বিদ্যা, পদার্থ ও রসায়ন বিদ্যার বিভিন্ন সূত্র ভূ-অভ্যন্তরের রহস্য উন্মোচনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করেন।

বিভিন্ন বিজ্ঞানী, যেমন, উইচার্ট, গুটেনবার্গ, ভূ-অভ্যন্তরের কঠিন ও তরল অবস্থা সম্পর্কে তথ্য প্রদান করেন। মোহোরোভিসিক এক বিচ্ছেদ তলের সন্ধান পান। তিনি দেখেন যে, ভূকম্পন কেন্দ্র থেকে কয়েকশত কি.মি. গভীরে চ-তরঙ্গের সময় দ্রুত লেখচিত্রের নতিমাত্রায় এক হঠাৎ পরিবর্তন হয়। এই ঘটনার ব্যাখ্যা হিসেবে তিনি দুইটি স্বতন্ত্র স্তরের কথা উল্লেখ করেন। এই দুই স্তরের বিচ্ছেদ তলকে মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদ বলে। লেম্যান আবিষ্কার করেন যে, পৃথিবীর কেন্দ্রমন্ডল সমধর্মী নয়। এটা অন্তঃকেন্দ্র ও বহিঃকেন্দ্র নামে দুটি ভাগে বিভক্ত।

ভূমিকম্পের বেগ ১৫০-২৫০ কি.মি. গভীরতায় এক নিম্নতম পর্যায়ে পৌঁছায়। একে নিম্ন ভূমিকম্পীয় বেগ মন্ডল বলা হয়। গুরুমন্ডলের এই স্তরকে অ্যাস্টিনোস্ফিয়ার বা নমনীয় মন্ডল বলে। ভূ-ত্বক গুরুমন্ডল ও কেন্দ্রমন্ডলের বিভিন্ন গভীরতায় ভূ-কম্পনের বেগ, চাপ, স্থিতিস্থাপকতা, শিলার গঠন ও ঘনাক্ষের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য রয়েছে।

কেন্দ্রমন্ডলের ঘনাক্ষ গুরুমন্ডলের দ্বিগুণ যদিও কেন্দ্রমন্ডল পৃথিবীর আয়তনের ১৬% অধিকার করে আছে কিন্তু এই অংশেই পৃথিবীর ভরের ৩২% কেন্দ্রীভূত হয়েছে।



বর্তমানে ধারণা করা হয় যে, ভূ-অভ্যন্তরে পদার্থগুলো পিচের মতো নমনীয় ও স্থিতিস্থাপকতা অবস্থায় রয়েছে।

## পাঠ্যস্তর মূল্যায়ন ২.৪

### নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন

#### ১. শূন্যস্থান পূরণ করুন :

- ১.১. গর্ত করে পৃথিবীর মাত্র প্রায় ..... কি.মি. পর্যন্ত স্থানের শিলা সংগ্রহ করা সম্ভব হয়েছে যেখানে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ প্রায়..... কি.মি.।
- ১.২. উইচার্ট লক্ষ্য করেন যে উপকেন্দ্র থেকে ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব ..... ডিগ্রী পর্যন্ত বিভিন্ন ভূমিকম্পলিখ যন্ত্রে ..... ও ..... তরঙ্গ সুন্দরভাবে ধরা পড়ে।
- ১.৩. কোন তরল বা বায়বীয় পদার্থের মধ্য দিয়ে ..... তরঙ্গ সঞ্চারিত হতে পারে না।
- ১.৪. ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব ..... থেকে ..... মধ্যে P ও S দুই রকম তরঙ্গই ধরা পড়ে না।
- ১.৫. মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদের গভীরতা সর্বত্র ..... নয়। মহাদেশের নিচে এর গভীরতা ..... থেকে ..... কি.মি. এবং পর্বতের নিচে এ গভীরতা সবচেয়ে ..... থাকে।
- ১.৬. লেম্যান আবিষ্কার করেন যে, পৃথিবীর কেন্দ্রমণ্ডল ..... নয়।
- ১.৭. কঠিন অন্তঃকেন্দ্রের ব্যাসার্ধ প্রায় ..... কি.মি.
- ১.৮. নিম্ন মহাদেশীয় ভূত্বকের ঘনাক্ষ আনুমানিক ..... গ্রাম/সে.মি.ও এবং ঐ অংশে চাপের পরিমাণ ..... থেকে ..... কি.মি./সে.।
- ১.৯. উর্ধ্ব গুরুমণ্ডলে P ত্বরণের গতিবেগ ..... থেকে ..... কি.মি./সে।
- ১.১০. ভূপৃষ্ঠ থেকে ২৯০০ কি.মি. গভীরে কেন্দ্রের উর্ধ্ব সীমানায় শিলা ঘনাক্ষ ..... /সে.মি.ও থেকে বেড়ে .....কি.মি.ও/সে.
- ১.১১. কেন্দ্রমণ্ডলের ঘনাক্ষ গুরুত্বমণ্ডলের .....।
- ১.১২. কেন্দ্রমণ্ডল পৃথিবীর আয়তনের ..... অধিকার করে আছে।
- ১.১৩. সাধারণভাবে মনে করা হয় যে কেন্দ্রমণ্ডল প্রধানত ..... ও অল্প পরিমাণ ..... দিয়ে তৈরি।
- ১.১৪. সাধারণভাবে মনে করা হয় যে, বহিঃকেন্দ্র ..... লোহা ও নিকেল এবং ..... সিলিকন দিয়ে তৈরি।

### সংক্ষিপ্ত উত্তর

১. উইচার্ট বিচ্ছেদ ও চ ও ঝ তরঙ্গের ছায়া অঞ্চল বলতে কি বোঝায়?
২. মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদ বলতে কি বোঝায়?
৩. কেন্দ্রমণ্ডল সম্পর্কে লেম্যানের ধারণা বর্ণনা করুন।
৪. কনরাড বিচ্ছেদ বলতে কি বোঝায়?
৫. গুরুমণ্ডলের তাপ, চাপ ও ঘনাক্ষ বর্ণনা দিন।

### রচনামূলক প্রশ্ন

১. পৃথিবীর অভ্যন্তরের সম্ভাব্য ভূতাত্ত্বিক অবস্থান বর্ণনা করুন।

## পাঠ-২.৫

## পৃথিবীর অভ্যন্তরে উত্তাপের সম্ভাব্য অবস্থা

## Thermal Condition of the Earth Interior

এই অংশটুকু পাঠ করে আপনি-

- ◆ পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ উৎস ও তার বন্টন সম্পর্কে অবগত হতে পারবেন।

পৃথিবীর অভ্যন্তরের  
দিকে প্রতি ৩২  
মিটার অন্তর ১°  
সে. তাপ বৃদ্ধি  
পায়।

উষ্ণ প্রস্রবনের পানি, আগ্নেয়গিরি অগ্ন্যুৎপাতের ফলে উৎক্ষিপ্ত উত্তপ্ত লোভা স্রোত প্রবৃতি হতে বোঝা যায় যে, ভূ-অভ্যন্তরের দিকে প্রতি ৩২ মিটার অন্তর ১° সে. তাপ বৃদ্ধি পায়। এরূপে ভূ-অভ্যন্তরে তাপ ক্রমশ বৃদ্ধি পেতে থাকলে পৃথিবীর কেন্দ্রে প্রচণ্ড উত্তাপ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। বৈজ্ঞানিকদের মতে, পৃথিবীর অভ্যন্তরের গড় তাপমাত্রা প্রায় ১,২৯০° সে.। এত অধিক তাপে ভূ-অভ্যন্তরের কোন বস্তুই কঠিন অবস্থায় থাকতে পারে না, এমনকি তরল অবস্থাতেও না। এ কারণে পূর্বে সকলেই মনে করতেন যে, প্রচণ্ড তাপে কেন্দ্রমন্ডল ও গুরুমন্ডলের সকল পদার্থই তরল অবস্থা আছে। কিন্তু বর্তমানে ধারণা করা হয় যে, ভূ-অভ্যন্তরের পদার্থগুলো পিচের মতো নমনীয় ও স্থিতিস্থাপক অবস্থায় রয়েছে। পৃথিবীর কেন্দ্রের চাপ বায়ুমন্ডলের চাপ অপেক্ষা ৩০ লক্ষ গুণ বেশি। প্রত্যেক পদার্থের গলনাঙ্ক চাপে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। অর্থাৎ কোন বস্তুর উপর চাপ বৃদ্ধি পেলে তাকে গলাতে আরও বেশি তাপের প্রয়োজন। সুতরাং ভূ-অভ্যন্তরের উপাদানগুলো তাদের উপরের উপাদানগুলোর প্রচণ্ড চাপের ফলে তরল হতে পারে না। এরা পিচের মতো নমনীয় ও স্থিতিস্থাপক অবস্থায় আছে।

ভূ-অভ্যন্তরের উপাদানগুলো যে প্রায় কঠিন অবস্থায় আছে তার সপক্ষে বৈজ্ঞানিকগণ কয়েকটি যুক্তি দেখিয়েছেন। যেমন-

১. পৃথিবীর অভ্যন্তর তরল হলে সমুদ্রের পানির জোয়ার ভাটার ন্যায় ভূ-অভ্যন্তরেও জোয়ার ভাটা হতো।
২. পৃথিবীর কোনো এক স্থানে ভূমিকম্প হলে তা পৃথিবীর অন্যান্য স্থান হতে ভূকম্পন মাপকযন্ত্র দ্বারা জনা যায়। যে সময়ের ব্যবধানে তা জনা যায় তাতে পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগ কঠিন অবস্থায় থাকতেই সম্ভব হচ্ছে।

ভূ-আন্দোলনে বা অন্য কোন কারণে যদি ভূগর্ভের চাপ কোথাও স্থানীয়ভাবে হ্রাস পায়, তাহলে ভূগর্ভের পদার্থ সমূহ তরল অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং ভূগর্ভের ফাটল বরাবর ভূপৃষ্ঠের দিকে উঠতে থাকে এবং ক্রমশ ঠান্ডা হয়ে কঠিন আকার ধারণ করে। সুতরাং প্রচণ্ড চাপের ফলে ভূ-অভ্যন্তরের সমুদয় উপাদান তরল অবস্থায় না থেকে যে কঠিন অবস্থায় আছে, সে সম্পর্কে বর্তমানে আর সন্দেহের অবকাশ নেই।

## অভ্যন্তরীণ উত্তাপ :

পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ উত্তাপ সম্বন্ধে সঠিক তথ্য পাওয়া সম্ভব হয়নি। আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাত, উষ্ণ প্রস্রবণ প্রভৃতি হতে ধারণা করা হয় যে, পৃথিবীর অভ্যন্তরে প্রচণ্ড তাপ বর্তমান। বৈজ্ঞানিকগণ এ বিষয়ে নানা প্রকার পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে এ সিদ্ধান্তে উপনীত হয়েছেন যে, পৃথিবীর কেন্দ্রের তাপ ৪,০০০০ হতে ৬,০০০০ সেন্টিগ্রেড। পৃথিবীর ওপরিস্থিত বস্তুর প্রচণ্ড চাপের দরুনও ভূ-অভ্যন্তরে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হতে পারে। তেজস্ক্রিয় পদার্থের তেজস্ক্রিয়তার ফলেও তাপের সৃষ্টি হয়। পৃথিবীর সৃষ্টি হতে এ পর্যন্ত তেজস্ক্রিয় পদার্থের দ্বারা প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়েছে। তাই ভূ-অভ্যন্তরের প্রচুর তাপ থাকাই স্বাভাবিক।

ভূ-অভ্যন্তরে তাপ বৃদ্ধির হার বৈজ্ঞানিকগণ গাণিতিক উপায়ে সন্তোষজনক রূপে নির্ণয় করতে সক্ষম হননি। তবুও বিজ্ঞানী জেফরী, হোমস এবং এডামস এর আঞ্চলিক উপায়ে বিভিন্ন গভীরতায় তাপ নির্ণয়ের প্রক্রিয়া অনেকটা গ্রহণযোগ্য। হোমসের দেয়া বিভিন্ন গভীরতায় উত্তাপ সারণী ২.৫.১ এ দেখা যেতে পারে।

### সারণি ২.৫.১ : পৃথিবীর অভ্যন্তরে বিভিন্ন গভীরতায় উত্তাপ

ভূ-অভ্যন্তরে গভীরতা কি.মি.	পৃথিবীর মূল উত্তাপ ডিগ্রী সে.	তেজস্ক্রিয়জাত উত্তাপ	মোট উত্তাপ
১০	৭১	২৬৪	৩৪৩
২০	১৫৯	৪৪১	৬০০
৩০	২৪০	৫৬০	৮০০
৪০	৩১৮	৬৪০	৯৫৮
৫০	৩৯৬	৬৯২	১০৮৮
৬০	৫৭৯	৭২৭	১২০৬
৭০	৫৫৫	৭৫২	১৩০৭
৮০	৬৩৪	৭৬৮	১৪০২
৯০	৭১৩	৭৭৮	১৪৯১
১০০	৭৯০	৭৮৫	১৫৭৫

উৎস : Igneous Rock and the Depths of the Earth

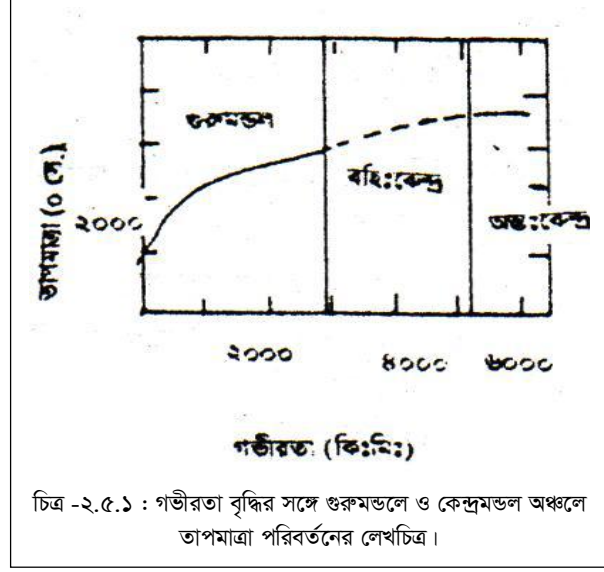
খনিজ বিজ্ঞানী এবং পদার্থবিদ জেফরী, হোমস এবং এডামস-এর বৈজ্ঞানিক মত গ্রহণ করেননি। তাঁরা পৃথিবীর কেন্দ্র হতে ওপরের দিকে একই প্রকার সমসত্ত্ব শিলার ধারণা গ্রহণ করেছেন। কিন্তু প্রকৃত পক্ষে, পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগে বিভিন্ন গভীরতায় আপেক্ষিক ঘনত্ব বিভিন্ন প্রকার ভূ-কম্পন যন্ত্র হতেও এর প্রমাণ পাওয়া গিয়েছে। সুতরাং বৈজ্ঞানিক ত্রয়ের পরবর্তী ধারণা কেন্দ্র হতে বাইরের দিকে তাপের সঞ্চালনের হার একই থাকে তা গ্রহণযোগ্য নয়। কারণ ভূ-অভ্যন্তরের বিভিন্ন স্তর একই উপাদানে গঠিত নয়। বৈজ্ঞানিক গিব্বসন ও গুটেনবার্গ ভূ-অভ্যন্তরে তাপ নির্ণয়ের জন্য নানা ভাবে পরীক্ষা-নিরীক্ষা চালিয়েছিলেন। তাদের আধুনিক ধারণার সাথে হোমস ও এডামসের ধারণা সারণী ২.৫.২ তে দেখা যেতে পারে।

### সারণী ২.৫.২ : বিভিন্ন গভীরতায় পৃথিবীর অভ্যন্তরের তাপ সম্পর্কে আধুনিক ধারণার সাথে এডামস ও হোমসের ধারণার তুলনা

গভীরতা কি.মি.	আধুনিক ধারণা	এডামস	হোমস
০	১০০ সে.	১০০ সে.	১০০ সে.
৩০	৭৬০০ সে.	৬৩০০ সে.	৮০০০ সে.
৬০	১৩৩০০ সে.	৯৬০০ সে.	১২০৬০ সে.

বর্তমান ভূ-অভ্যন্তর ভাগের তাপমাত্রা সম্পর্কে কিছু ধারণা করা সম্ভব হয়েছে। পূর্বেই বলা হয়েছে ভূত্বক ও নমনীয় মন্ডলের (Asthenosphere) সীমানায় কঠিন ও তরল পদার্থ মিশ্রিত অবস্থায় রয়েছে এবং মিশ্রণ গলনাক্ষের কাছাকাছি রয়েছে। ঐ অঞ্চলের চাপ ও তাপ পরিবেশ ল্যাবরেটরী পরীক্ষা থেকে এরূপ মিশ্রণের গলনাক্ষ নির্ণয় করা যায়। এ সূত্র থেকে বলা যায় যে, ১০০ কি.মি. ও ৭০০ কি.মি. গভীর স্থানে আনুমানিক তাপমাত্রা  $১,১০০^{\circ}$  সে থেকে  $১,২০০^{\circ}$  সে. গুরুমন্ডলে ৪০০ কি.মি. ও ৭০০ কি.মি. এ ভূকম্পীয় তরঙ্গে গতিবেগের যে তীক্ষ্ণ বিচ্যুতি

রয়েছে এবং ঐ দুই অংশের চাপ ও তাপ পরিবেশে প্রত্যাশিত পলিমরফ সৃষ্টির যে তাপমাত্রা প্রয়োজন তা হলো যথাক্রমে  $1,500^{\circ}$  সে. এবং  $1,900^{\circ}$  সে.। এ গভীরতায় উপরোক্ত তাপমাত্রা থাকা স্বাভাবিক বলেই মনে হয়। কেন্দ্র মন্ডল ও গুরুমন্ডলের সীমানায় তাপমাত্রা ঐ স্থানের চাপ তাপ পরিবেশে লোহা নিকেল মিশ্রনের গলনাক্ষ গুরুমন্ডলের লোহা-ম্যাগনেসিয়াম সিলিকেট গলনাক্ষ থেকে বেশি থাকবে। সে ক্ষেত্রে ঐ সীমানায় তাপমাত্রা  $3,000^{\circ}$  সে.এর কাছাকাছি হবে। একই প্রকার যুক্তির সাহায্যে বলা যায় যে, অন্তঃকেন্দ্র ও বহিঃকেন্দ্র সীমানায় তাপমাত্রা  $80,00^{\circ}$  সে. হবে। তাপমাত্রার উপরোক্ত নির্দিষ্ট মানগুলোকে ব্যবহার করে ভূ-অভ্যন্তরে তাপমাত্রা বন্টনের লেখচিত্র দেখানো হলো (চিত্র-২.৫.১)।



আধুনিক মতবাদও যে পরবর্তীকালে পরিবর্তিত হবে তাতে কোন সন্দেহ নেই। তবে আমরা এ সিদ্ধান্তে পৌঁছাতে পারি যে, পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগ ভীষণ উত্তপ্ত। কিন্তু উপরের প্রচণ্ড চাপে সকল পদার্থই কঠিন অবস্থায় রয়েছে।

### পাঠসংক্ষেপ

পৃথিবীর অভ্যন্তরের অধিকাংশই আমাদের প্রত্যক্ষ পর্যবেক্ষণের বাইরে রয়ে গেছে। তবে ভূকম্পন সম্পর্কিত উপাত্ত, জ্যোতির্বিদ্যা, পদার্থ ও রসায়ন বিদ্যার বিভিন্ন সূত্র ভূ-অভ্যন্তরের রহস্য উন্মোচনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।  
বৈজ্ঞানিকদের ধারণা যে, পৃথিবীর কেন্দ্রের তাপ  $8,000^{\circ}$  থেকে  $6000^{\circ}$  সে.। পৃথিবীর ওপরিস্থিত বস্তুর প্রচণ্ড চাপ ও ভূ-অভ্যন্তরে তেজস্ক্রিয় পদার্থের দ্বারা প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয়েছে।

**পাঠোত্তর মূল্যায়ন ২.৫****নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন :****১. শূন্যস্থান পূরণ করুন :**

- ১.১. খনির মধ্যে নামতে থাকলে দেখা যায় যে, প্রতি ৩২ মিটার অবতরণে ..... সে. তাপ বৃদ্ধি পায়।
- ১.২. পৃথিবীর কেন্দ্রমন্ডলে গড় তাপমাত্রা প্রায় .....।
- ১.৩. পৃথিবীর কেন্দ্রের চাপ বায়ুমন্ডলের চাপ অপেক্ষা ..... গুণ বেশি।
- ১.৪. প্রত্যেক পদার্থের গলনাঙ্ক চাপে ..... হয়।
- ১.৫. ভূ-অভ্যন্তরের উপাদানগুলো প্রায় ..... অবস্থায় আছে।
- ১.৬. প্রচন্ড .....ও ..... ফলে ভূ-অভ্যন্তরের সমস্ত উপাদান তরল ও কঠিন অবস্থায় না থেকে পিচের মতো নমনীয় অবস্থায় রয়েছে।
- ১.৭. ভূ-কম্পন মাপক যন্ত্রের সাহায্যে ভূ-কম্পন ঢেউ এর ..... বের করা সম্ভব।
- ১.৮. পৃথিবীর অভ্যন্তরে বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব ও উপাদান বিভিন্ন হওয়ার দরুনই ভূকম্পন রেখা ..... হয়ে থাকে।

**সংক্ষিপ্ত উত্তর দিন**

- ১। ভূ-অভ্যন্তরের সম্ভাব্য অবস্থা বর্ণনা করুন।
- ২। ভূ-অভ্যন্তরের উপাদানগুলো যে প্রায় কঠিন অবস্থায় আছে তার সপক্ষে যুক্তিগুলো উল্লেখ করুন।
- ৩। ভূকম্পন মাপক যন্ত্রের সাহায্যে পৃথিবীর অভ্যন্তর সম্পর্কে কতটুকু জানা সম্ভব হয়েছে?

**রচনামূলক প্রশ্ন**

- ১। পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ উত্তাপের কারণ ও বিভিন্ন গভীরতায় সম্ভাব্য উত্তাপের পরিমাণ বর্ণনা করুন।
- ২। ভূ-অভ্যন্তরের সম্ভাব্য অবস্থা বর্ণনা করুন।

**ইউনিট-২ (অতিরিক্ত অনুশীলনের জন্য)****শূন্যস্থান পূরণ করুন :**

- ১। বৈজ্ঞানিকগণ এই সিদ্ধান্তে উপনীত হয়েছেন যে, পৃথিবীর কেন্দ্রের তাপ ..... হতে ..... ডিগ্রী সে.।
- ২। পৃথিবীর ওপরিস্থিত বস্তুর প্রচন্ড ..... দরুন ভূ-অভ্যন্তরে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হতে পারে।
- ৩। এ পর্যন্ত তেজস্ক্রিয় পদার্থের দ্বারা প্রচুর ..... সৃষ্টি হয়েছে।
- ৪। পৃথিবীর অভ্যন্তরে প্রতি ৩২ মি. গভীরতায় ..... সে. তাপ বৃদ্ধি পায়।
- ৫। ভূ-অভ্যন্তরের বিভিন্ন স্তর একই উপাদানে গঠিত .....।
- ৬। ১০০ কি.মি. গভীর স্থানে আনুমানিক তাপমাত্রা ..... থেকে ..... ডিগ্রী সে.।
- ৭। কেন্দ্রমন্ডল ও গুরুমন্ডলের সীমানায় তাপমাত্রা ..... ডিগ্রী সেলসিয়াসের কাছাকাছি হবে।
- ৮। অন্তঃকেন্দ্র ও গুরুমন্ডলের সীমানায় তাপমাত্রা ..... ডিগ্রী সেলসিয়াসের কাছাকাছি হবে।
- ৯। পৃথিবীর অভ্যন্তরভাগ ভীষণ .....।

**উত্তরমালা : ইউনিট-২**

নৈর্ব্যক্তিক প্রশ্ন :

পাঠ-২.১

- ১.১. (জলস্ত) ১.২. (৭,৯০০ মাইল বা ১২,৭৩১ কি.মি.) ১.৩. (১০)  
 ১.২. (ক); ২.২. (খ); ২.৩. (গ); ২.৪. (ঘ); ২.৫. (ক); ২.৬. (ঘ); ২.৭. (ঘ);

পাঠ-২.২

- ১.১. তিনটি ১,২,৬০০০০১.৩.৩.৯. ১.৪. সমসত্ত্ব ১.৫ মেফিক ১.৬. খনিজ ১৭. ওপরের লঘু  
 শিলা  
 ২.১ (ঘ) ৮টি ২.৩. ক ২.২ (ক) ৩টি ২.৪ (গ) ২.৫. (ক) ২.৬. (খ); ২.৭ (ক)।

পাঠ-২.৩

- ১.১. ১০০ ১.২. ৩,৪৮৬  
 ২.১ (গ); ২.২. (ক);

পাঠ-২.৪

- ১.১. (১০; ৬,৪০০); ১.২.  $১০৪^\circ$  চ, ঝ; ১.৩. ঝ; ১.৪.  $১০৪^\circ$ ,  $১৪০^\circ$   
 ১.৫. সমান; ২০,৬০ বেশি; ১.৬. সমধর্মী; ১.৭. ১,৩০০ ১.৮. (২,৯), ৭ থেকে ১০;  
 ১.৯. ৭,৯ থেকে ৮.২ ১,১০, ৫.৫ গ্রাম, ১০ গ্রাম; ১.১১ দিশুণ;  
 ১.১২. ১৬%, ৩২%; ১.১৩. লোহা, নিকেল; ১.১৪, ৮০%, ২০%।

পাঠ-২.৫

- ১.১.  $১^\circ$  ১,২,১,২৯০° সে.; ১.৩. ৩০ লক্ষ; ১.৪. বৃদ্ধিপ্রাপ্ত; ১.৫. কঠিন;  
 ১.৬. চাপে, তাপে; ১.৭. গতিপথ; ১.৮. আঁকাবাঁকা।

(অতিরিক্ত অনুশীলনের জন্য)

১. শূন্যস্থান পূরণ করুন:

১. ৪০০০, ৬০০০; ২. চাপের; ৩. তাপ; ৪.  $১^\circ$  ৫. নয়;  
 ৬.  $১,১০০^\circ$ ; ৭.  $৩০০০^\circ$ ; ৮.  $৪,৩০০^\circ$ ; ৯. উত্তপ্ত।