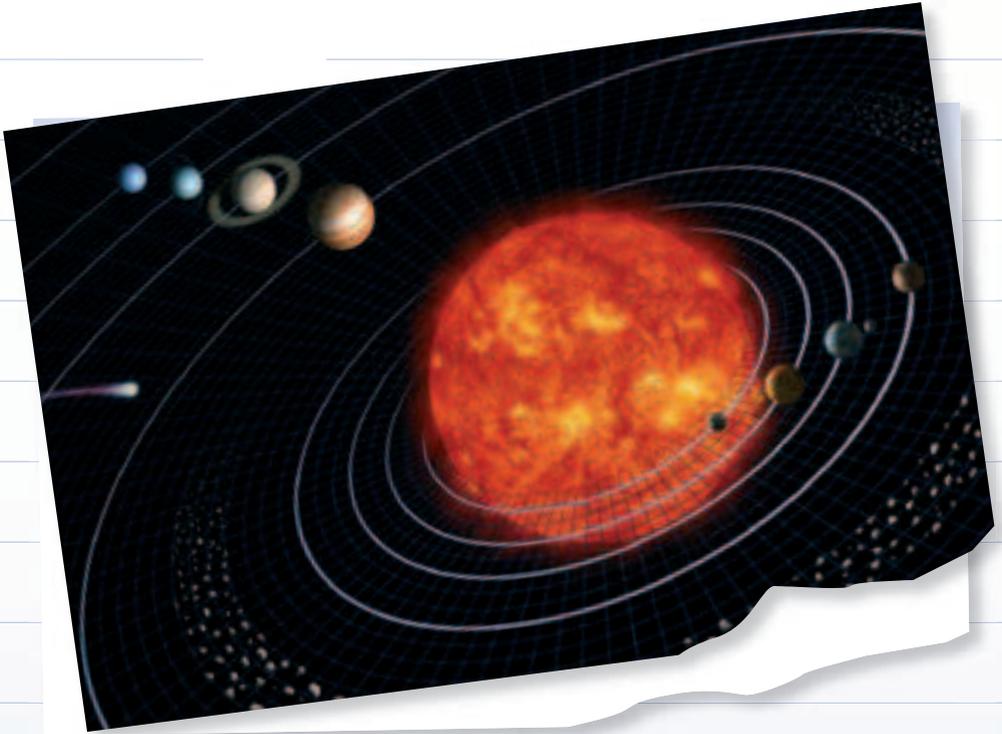


capitolo primo chapter one

Il Pianeta Terra The Earth



La Terra ed il Sistema Solare

The Earth and the Solar System

La Terra è un piccolo pianeta disperso nell'immensità dell'Universo con una particolarità importante: la presenza di acqua e di ossigeno sulla sua superficie che rende possibile lo sviluppo della vita.

The Earth is a tiny planet lost in the vastness of the universe but with an important peculiarity: the presence of water and oxygen on its surface make life possible on our planet.

Da un punto di vista astronomico la Terra è un pianeta che fa parte del Sistema Solare, costituito da altri otto pianeti orbitanti intorno al Sole, di forma ellissoidale, cioè una sfera leggermente schiacciata ai poli (diametro equatoriale = 6.378 km;

From an astronomic point of view, the Earth is a planet belongin to the Solar System which is made of other eight planets orbiting round the Sun.

The Earth is ellipsoidal in shape, that is a sphere with its poles slightly compressed

Figura 1.1



1

Orbita ellittica di rivoluzione
Elliptical revolution orbit

2

Fuoco dell'orbita ellittica
Focus of the elliptical orbit

3

Fuoco dell'orbita ellittica dove si trova il Sole
Focus of the elliptical orbit where the Sun is located

4

La Terra il 22 dicembre nel punto più vicino al Sole
Earth on December 22nd, the nearest point to the Sun

5

La Terra il 21 marzo
Earth on March 21st

6

La Terra il 21 giugno nel punto più lontano dal Sole
Earth on June 21st, the farthest point from the Sun

7

La Terra il 23 settembre
Earth on September 23rd

diametro polare = 6.356 km). Trattenuta nell'orbita solare dalla forza di attrazione gravitazionale del Sole, ruota su se stessa da ovest ad est, impiegando circa 24 ore a compiere una rotazione completa (producendo in tal modo l'alternanza del giorno e della notte). Contemporaneamente, compie il moto di rivoluzione intorno al Sole in circa 365 giorni, alla velocità media di 30 km/secondo. L'orbita ellittica e l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto all'orbita di rivoluzione determinano l'alternarsi delle stagioni (Fig. 1.1).

La Luna è l'unico satellite naturale della Terra che dista da essa mediamente 384.403 km.

Rispetto alla Terra la Luna è più piccola di 4 volte e la sua massa è oltre 80 volte inferiore. Il tempo di rotazione intorno al proprio asse è perfettamente uguale al tempo di rivoluzione intorno alla Terra (27 giorni): per questo motivo la Luna presenta sempre la stessa faccia verso il nostro pianeta.

(equatorial diameter = 6,378 km; polar diameter = 6,356 km). Kept in the solar orbit by the Sun gravitational attraction, the Earth spins round itself from west to east, taking about 24 hours to complete a full spin (from which day and night are generated). At the same time, the Earth revolves around the Sun, moving along an ellipse where the Sun occupies one of the two foci (at a mean distance of 150 millions km). It takes about 365 days for the Earth to go all the way around the Sun at an average speed of 30 km/second. Seasons are determined by the elliptic orbit and the inclination of the Earth axis in relation to the revolution orbit (Fig. 1.1).

The Earth has a single natural satellite, the Moon, located at an average distance of 384,403 km.

The Moon is 4 times smaller than the Earth and its mass is 80 times lighter.

Because the Moon rotation time on its axis is the same as its revolving time around the Earth (27 days), the Moon always keeps the same face toward our planet.

L'origine della Terra

È uno dei quesiti più appassionanti della cosmologia in quanto la formazione del nostro pianeta è a sua volta una conseguenza dell'origine dell'Universo.

Attualmente la teoria maggiormente accettata e condivisa è quella del Big Bang (grande esplosione), verificatasi circa 15 miliardi di anni fa, da cui ebbero origine le dimensioni (come lo spazio ed il tempo) e la materia.

In seguito all'esplosione l'Universo iniziò un processo di espansione e di raffreddamento progressivo da cui si originarono via via i diversi elementi che, condensandosi, formarono i corpi celesti. Anche l'origine del nostro Sistema Solare si ritiene legata alla condensazione di una immensa nuvola appiattita di gas e polvere da cui, circa 5 miliardi di anni fa, iniziò dapprima a formarsi il Sole e successivamente i due pianeti più grandi (Giove e Saturno) e per ultimi le comete e gli altri pianeti tra i quali la Terra.

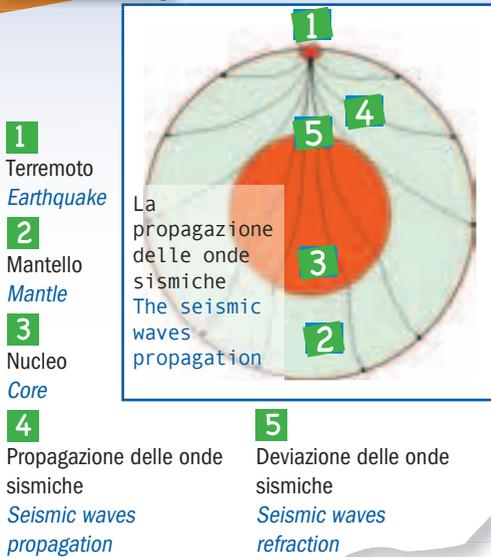
The origin of the Earth

It is one of the most fascinating problems in cosmology, as the formation of planet Earth is considered a consequence of the Universe coming into being.

At present, the most widely accepted theory on the Universe's origin is the Big Bang theory, according to which 15 billion years ago a big explosion took place and dimensions (like space and time) and matter were generated.

Following the explosion, the Universe began to expand and to gradually cool, generating elements that, once condensed, formed the celestial bodies. The origin of our Solar System, too, is believed to be related to the condensation of an immense, flat cloud of gas and dust. 5 billion years ago (the esteem is based on specific dating techniques applied to earth and moon rocks and to meteors) the Sun began to form, followed by the two biggest planets (Jupiter and Saturn). Lastly, comets and other planets appeared among which planet Earth.

Figura 1.2



What is the inside of the Earth like?

Advanced technology has been able to send space probes to explore the Solar System, men on the Moon, to plan a Mars landing.

But it gave up on the possibility of studying directly into the Earth, those thousands of kilometres that separate us from the centre of our planet.

Our knowledge of the structure and internal composition of the Earth is based on the direct study of its surface rocks – reaching a depth of about 10 km – and on indirect information. In particular, the study of seismic waves propagation has thrown light on the Earth's depths (Fig. 1.2).

These waves, generated by earthquakes or artificial explosions, travel within the globe. Depending on the properties of the rocks they travel through, the waves change speed and direction: they are fastest when the density increases and the temperature decreases, that is the more the material is dense and cold the more they increase their speed. When the waves meet a surface that separates two different materials, part of the waves are reflected (bounced off) and part are refracted (deviated).

Che cos'è la Terra e com'è fatta al suo interno?

Grazie allo sviluppo tecnologico, l'uomo è stato in grado di lanciare sonde alla scoperta del Sistema Solare, di scendere sulla Luna e di programmare lo sbarco su Marte. Tuttavia, si è dovuto arrendere di fronte all'impossibilità di studiare in modo diretto le viscere della Terra, ovvero quelle migliaia e migliaia di chilometri che lo separano dal centro del pianeta.

Pertanto le conoscenze sulla struttura e la composizione interna della Terra si fondano principalmente su informazioni indirette fornite dalla geofisica ed in particolare dallo stu-

dio della propagazione delle onde sismiche, in quanto i dati ricavati direttamente dalle rocce sono limitati alla parte più superficiale del pianeta (circa una decina di chilometri di profondità) (Fig. 1.2).

Queste onde, generate da terremoti o da esplosioni artificiali, si propagano all'interno del globo subendo variazioni di velocità e di direzione in base alle caratteristiche dei materiali rocciosi che incontrano. Aumentano la loro velocità quando aumenta la densità e diminuisce la temperatura del materiale attraversato, cioè quanto più il materiale è denso e freddo. Al contrario, quando le onde incontrano una superficie di separazione tra due materiali diversi una parte di esse viene riflessa (ossia rimbalza) e una parte viene rifratta (cioè deviata).

Lo studio delle caratteristiche e del comportamento delle onde sismiche ha rivelato che la struttura interna della Terra non è omogenea.

Infatti il nostro pianeta è suddiviso in livelli concentrici identificati in base alle diverse caratteristiche chimiche, fisiche, mineralogiche delle rocce che lo compongono. Sulla base dei dati sismici, la Terra è stata suddivisa in tre involucri principali: la crosta, il mantello ed il nucleo suddivisi tra loro da discontinuità.

The study of seismic waves properties and behavioural has revealed that the Earth's interior is not homogeneous.

Various concentric layers have been identified on the basis of chemical, physical, mineralogical properties of the rocks. According to the seismic data, the Earth is made up of 3 main shells - the crust, the mantle, and the core - separated by discontinuities.

Plate tectonics and continental drift

Up to the beginning of the 20th century, geologists believed that continents and ocean basins were stable and still forms on the terrestrial surface. But during the last decades a great flow of new information has contributed to radically change the interpretation of planet Earth activity (Fig. 1.3).

At present, the crust is not considered any more as a single rigid element but as a combination of about 20 moving plates (lithospheric plates). The plates are delimited and identified according to the distribution of earthquakes, volcanos, mountain chains and oceanic ridges.

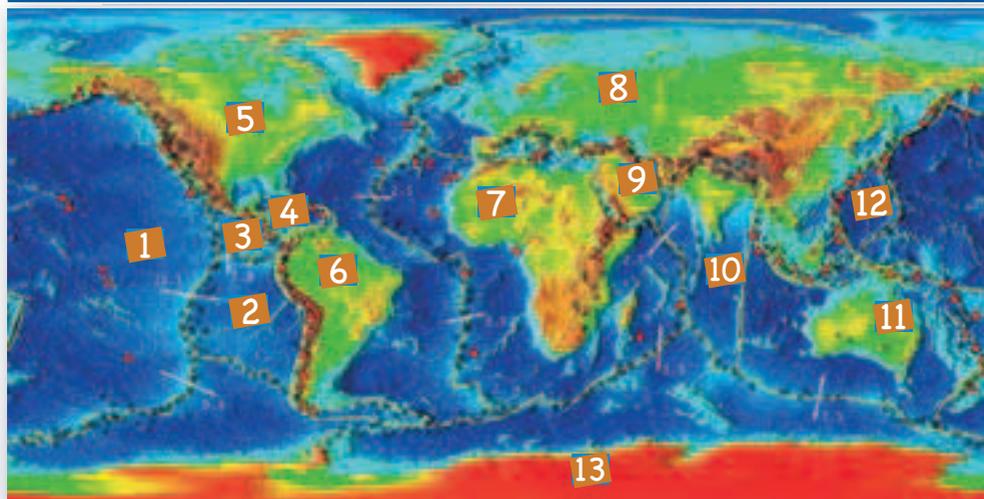
In 1915, the meteorologist Alfred Wegener developed the theory of continental drift, even before the identification of plates and

La tettonica a zolle e la deriva dei continenti

Fino all'inizio del XX secolo i geologi erano convinti che i continenti e i bacini oceanici fossero forme stabili e immobili della superficie terrestre ma nel corso degli ultimi decenni una grande quantità di nuove informazioni ha contribuito a mutare radicalmente l'interpretazione sull'attività della Terra (Fig. 1.3).

of their motion patterns. Wegener observed the correspondence between the continents margins, now separated by oceans, found support in geological data and came out with the hypothesis that once there must have been a single supercontinent: Pangea. According to his theory, about 200 million years ago, Pangea began to split apart and the fragments drifted away until they reached the present positions.

Figura 1.3



Schema semplificato dell'attività tettonica globale attuale
Simplified map of current tectonic activities on global scale

Margini delle placche
Plates boundaries

▲ Vulcani attivi nell'ultimo milione di anni
Volcanoes active in the last million years

□ Epicentri dei terremoti
Earthquake epicentres

2.6 Direzione e velocità (cm/anno) di spostamento delle placche
Direction and speed (cm/anno) of plates motion

1 Pacifica/Pacific

2 Nazca/Nazca

3 Cocos/Cocos

4 Caraibica/Caribbean

5 Nordamericana
North American

6 Sudamericana
South American

7 Africana/African

8 Eurasiatica/Euroasian

9 Arabica/Arabian

10 Indiana/Indian

11 Australiana/Australian

12 Filippine/Philippine

13 Antartica/Antarctic

Attualmente la crosta non è più considerata un unico elemento rigido bensì formata da circa 20 zolle (placche litosferiche) in movimento, i cui confini sono messi in evidenza in modo particolare dalla distribuzione dei terremoti, dei vulcani e delle catene montuose.

Prima ancora della scoperta delle placche e dei meccanismi che ne permettevano i movimenti, nel 1915, il meteorologo Alfred Wegener formulò la teoria della deriva dei continenti. Wegener, osservando la corrispondenza tra i margini di alcuni continenti, oggi separati da oceani, e correlando le informazioni geologiche, ipotizzò che un tempo fosse esistito un supercontinente, la Pangea, che circa 200 milioni di anni fa avrebbe iniziato a frammentarsi in pezzi più piccoli che sono andati alla deriva verso le posizioni attuali.

I settori di contatto tra le varie placche, chiamati margini, possono essere di tre tipi principali: divergenti, convergenti e trasformati.

Nei margini divergenti si hanno due placche che si allontanano l'una dall'altra in cui lo spazio vuoto che si viene a creare viene riempito da rocce allo stato liquido (magma) proveniente dal sottostante mantello. Questo succede principalmente lungo le dorsali oceaniche dove viene creata continuamente nuova

The contact zones among the various plates, called boundaries, can be classified in three main types: divergent, convergent, and transform.

In divergent boundaries, two plates move away from one another and the gap between them is filled by molten rocks (magma) coming from the underlying mantle. This happens mainly along the oceanic ridges, where new oceanic crust is constantly produced (Fig. 1.4a).

Convergent boundaries, where two plates collide, are further classified in subduction and collision zones. In the first case, a plate slides underneath the other, sinking towards the asthenosphere with a process called subduction (Fig. 1.4b). In the second case, the plates collide and their margins rise up forming a mountain chain (Fig. 1.4c).

In transform or transverse boundaries, plates slide past each other mainly horizontally (Fig. 1.4d).

a

Margini divergenti
Divergent boundaries

b

Margini convergenti di
subduzione
*Convergent boundaries
(subduction)*

1

Crosta oceanica
Oceanic crust

2

Crosta continentale
Continental crust

3

Litosfera
Lithosphere

c

Margini convergenti di
collisione
*Convergent boundaries
(collision)*

d

Margini trasformati o
trascorrenti
*Transform or transverse
boundaries*

4

Astenosfera
Asthenosphere

5

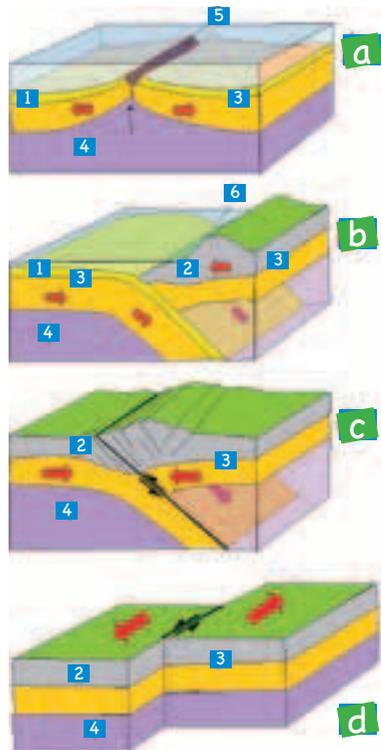
Dorsale oceanica
Oceanic ridge

6

Fossa
Trench

Figura 1.4

Tipi di margine
Types of boundary



crosta oceanica (Fig 1.4a).

I margini convergenti, dove due placche si scontrano, vengono distinti in margini di subduzione e in margini di collisione. Nel primo caso si ha una placca che si incunea sotto l'altra e sprofonda verso l'astenosfera con un processo detto di subduzione (Fig 1.4b). Nel secondo caso lo scontro tra le placche produce la compressione dei due margini che si ispessiscono e si innalzano originando una catena montuosa (Fig 1.4c).

I margini trasformati o trascorrenti sono caratterizzati invece da movimenti prevalentemente orizzontali con scorrimento laterale delle placche (Fig 1.4d).

Terremoti e vulcani

Diretta conseguenza dell'attività del nostro pianeta, detta geodinamica, sono i terremoti ed i vulcani. L'attività geodinamica delle placche litosferiche sottopone le rocce ad immensi sforzi in grado di trasformarle e deformarle.

Quando l'energia accumulata dalle rocce viene liberata istantaneamente in seguito alla loro rottura si producono vibrazioni che si propagano sotto forma di onde attraverso tutta la Terra. Queste vibrazioni vengono chiamate terremoti o sismi (da qui il termine sismologia, scienza che studia i terremoti).

Quando le onde sismiche interessano la superficie terrestre producono effetti che possono essere più o meno disastrosi a seconda dell'intensità. La crosta terrestre è interessata ogni anno da oltre un milione di terremoti, la maggior parte dei quali di modesta entità.

I vulcani sono finestre aperte su un mondo, quello nascosto nelle profondità della Terra, nel quale, probabilmente, l'uomo non potrà andare mai.

I vulcani, che in fase di eruzione rappresentano uno spettacolo di straordinaria

Earthquakes and volcanos

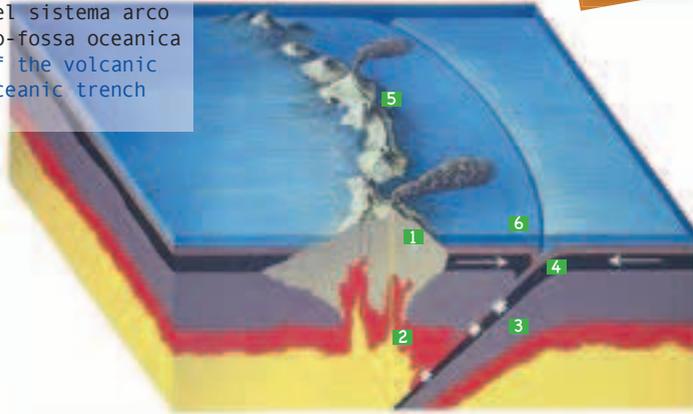
Earthquakes and volcanos are the direct consequence of our planet's activity. The lithospheric plates movement puts rocks under tremendous stress, capable of transforming and deforming them. When rocks break, the energy accumulated within them is suddenly released into vibrations that propagate throughout the Earth in the form of waves. These waves are called earthquakes or seisms (from which the term Seismology, the science that studies earthquakes). When seismic waves strike the terrestrial surface, the degree of their devastating effects varies according to their intensity. Every year the Earth's crust is struck by over a million earthquakes, most of them being of moderate strength.

Volcanos are an open window on a world, the Earth's hidden interior, where man will never get. Volcanos are the natural apparatus that form where molten rock material (magma), located under the crust, manages to reach the surface.

Their eruptions are a display of extraordinary mightiness. The known volcanos in the world are 1,500, 550 of which are considered active (Fig. 1.5).

Figura 1.5

Schema del sistema arco vulcanico-fossa oceanica
Scheme of the volcanic arch - oceanic trench system



1

Vulcano/ *Volcano*

2

La placca in subduzione fonde ed il magma così prodotto risale e forma i vulcani

The volcanoes are made by uprising magma from molten subducted plate

3

Terremoti generati dal movimento delle placche
Earthquakes from plates movement

4

Placca in subduzione
Subducted plate

5

Arco vulcanico
Volcanic arch

6

Fossa oceanica
Trench

potenza, si formano laddove le rocce fuse (magma) originate sotto la crosta riescono ad uscire in superficie. Nel mondo si conosce l'esistenza di oltre 1500 vulcani, 550 dei quali considerati attivi (Fig 1.5).

Qualche notizia in più

Dentro la Terra

La crosta è il sottile involucro esterno della Terra. Essa presenta caratteristiche differenti in corrispondenza degli oceani e dei continenti. Si può quindi distinguere una crosta oceanica ed una crosta continentale.

Al di sotto della crosta, separato dalla importante discontinuità di Mohorovicic (detta Moho) si trova il mantello. Quest'ultimo costituisce la maggior parte della Terra ed è diviso principalmente in mantello superiore (dalla Moho a circa 400 Km di profondità) ed in mantello inferiore (fino a 2.900 Km di profondità). Al di sotto del mantello, separato dalla discontinuità di Gutenberg, vi è il nucleo che si estende da circa 2.900 Km fin al centro della Terra.

Inside the Earth

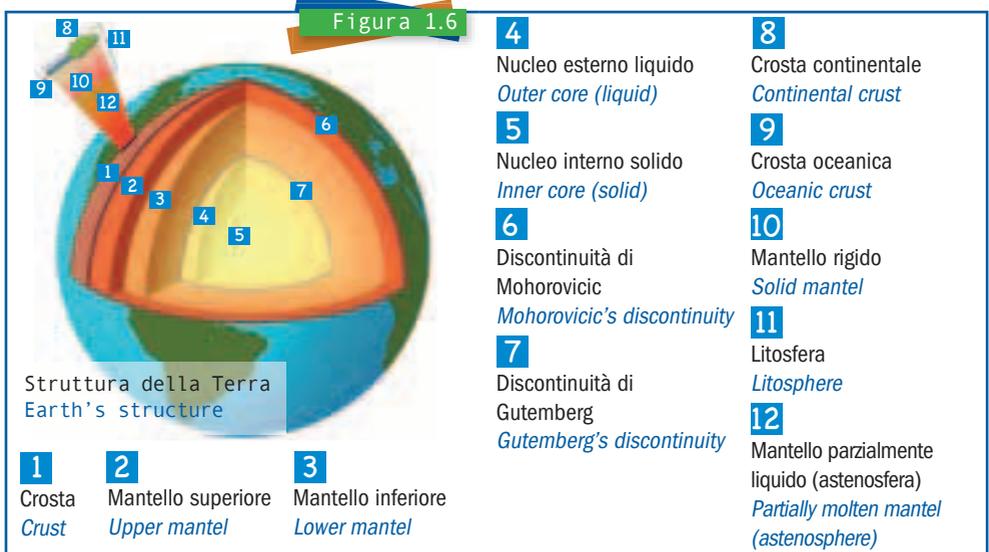
The thin outer layer of the Earth is called the crust. The crust that forms the ocean floors is the oceanic crust and it has different characteristics from the continental crust, which forms the continental lands.

Under the crust lies the mantel, which is separated by the above layer by the important Mohorovicic discontinuity, simply called Moho. The mantel occupies most of the planet volume: the upper mantel goes from the Moho to a depth of about 400 km, the lower mantel reaches a depth of 2,900 km.

The Gutemberg discontinuity separates the mantel from the core, this extending from a depth of 2,900 km to the Earth's centre.

The study of seismic waves has revealed

Figura 1.6



Some geology notes

Lo studio della propagazione delle onde sismiche dice che anche il nucleo è costituito da due involucri principali: nucleo esterno ed interno.

Il nucleo esterno, da cui si ipotizza abbia origine il campo magnetico terrestre, è liquido ed è composto da una piccola

percentuale di Nichel (2%) e una quantità (al massimo del 15%) di un altro elemento più leggero, che potrebbe essere Zolfo, Silicio o Ossigeno. Al di sotto vi è il vero e proprio nucleo della Terra che è ritenuto solido e formato in prevalenza da Ferro e Nichel (presente in quantità comprese tra il 10 e 20%).

La parte più superficiale del mantello superiore e la crosta, entrambe costituite interamente da rocce rigide, formano la litosfera. La parte sottostante del mantello è detta astenosfera, è costituita per almeno il 10% da materiale fuso e si trova tra i 70 e 250 Km di profondità.

Figura 1.7



Composizione chimica della crosta terrestre
Composition of the Earth's crust

Fe	Ferro <i>Iron</i>
Ca	Calcio <i>Calcium</i>
Mg	Magnesio <i>Magnesium</i>
Na	Sodio <i>Sodium</i>
K	Potassio <i>Potassium</i>
O	Ossigeno <i>Oxygen</i>
Si	Silicio <i>Silicon</i>
Al	Alluminio <i>Aluminium</i>

that the core, too, is made of two main shells: the outer and inner core. The outer core is liquid (it is supposed that the Earth's magnetic field originates here) and it is made of a small percentage of nickel (2%) and of a lighter element (for maximum 15%), perhaps sulfur, silicon or oxygen. The inner core is

supposed to be solid and mainly made of iron and nickel. The percentage of nickel is estimated to range from 10 to 20%. This estimate is based on the comparison with metallic meteorites, which make up the most inner part of a celestial body before it disintegrates.

The most superficial part of the upper mantle together with the crust, both made of hard rocks, form the lithosphere. The rest of the mantle, partially made of molten material (at least 10%), is called asthenosphere (ranging from 70 to 250 km of depth).