บทที่ 2
โลก
(The Earth)

การศึกษาทางด้านธรณีวิทยาจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงเรื่องราวต่างๆ ที่เกี่ยวกับโลก เนื่องจากโลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งในระบบสุริยะ ดังนั้นการศึกษาเรื่องราวของโลกจึงมีความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับระบบสุริยะด้วย ตัวอย่างเช่นการกำเนิดของระบบสุริยะก็คือการกำเนิดของโลกด้วยเหมือนกัน

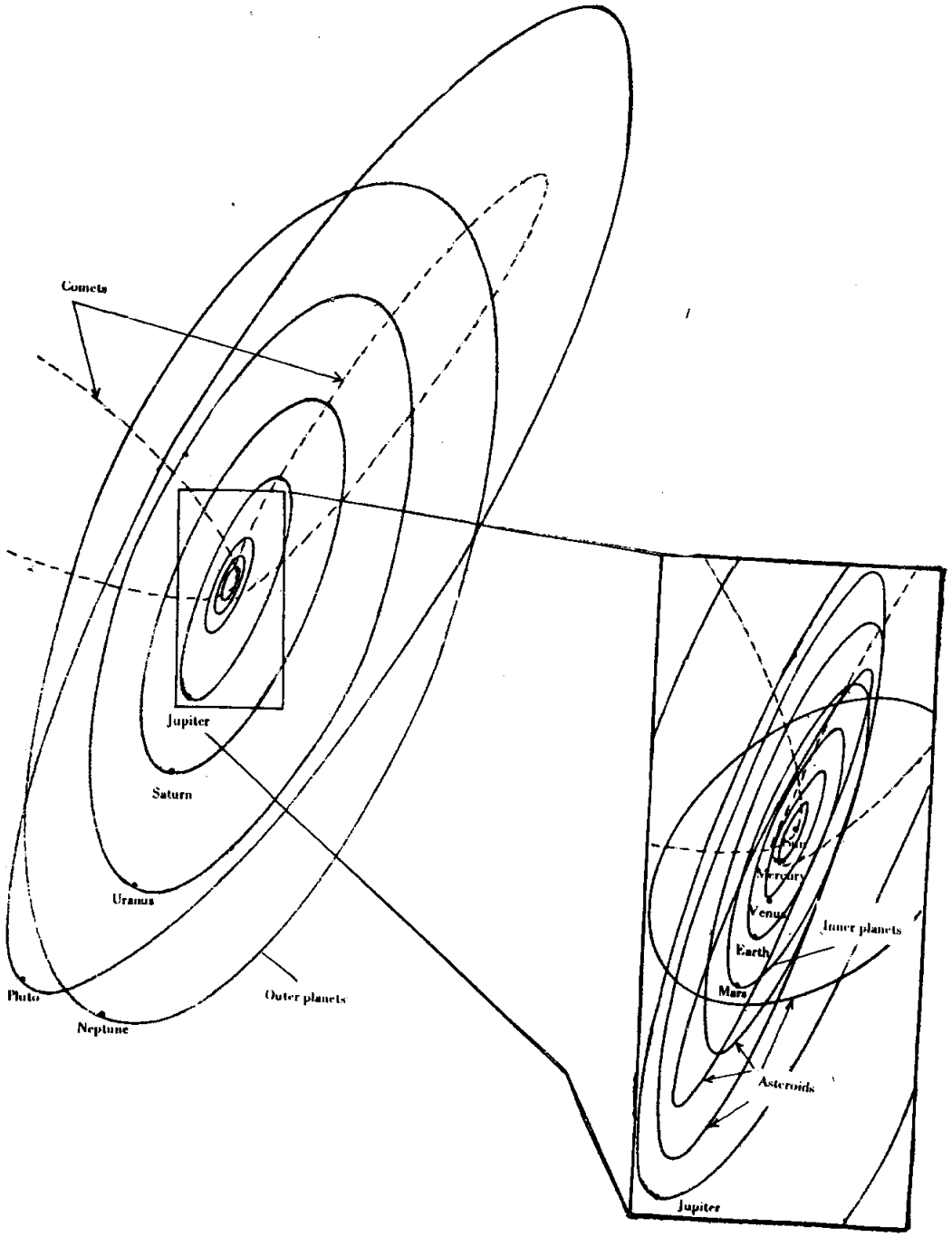
๑. ระบบสุริยะ

โลกที่เราอาศัยอยู่นี้เป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งในระบบสุริยะ ระบบสุริยะประกอบด้วยดวงอาทิตย์ (Sun) เป็นศูนย์กลางและมีดาวเคราะห์ ๙ ดวงเป็นบริวาร ซึ่งได้แก่ดาวพุธ (Mercury) ดาวศุกร์ (Venus) โลก (Earth) ดาวอังคาร (Mars) ดาวพฤหัส (Jupiter) ดาวเสาร์ (Saturn) ดาวยูเรนัสหรือดาวมฤตยู (Uranus) ดาวเนปจูนหรือดาวเกตุ (Neptune) ดาวพลูโตหรือดาวพระยม (Pluto) นอกจากนี้ก็มีดวงจันทร์ต่างๆรอบดาวเคราะห์ (Moon) ดาวเคราะห์น้อย (Asteroids or planetoids) ดาวหาง (Comet) อุกกาบาต (Meteorites) และยังมีอนุภาคมูลฐานอะตอมซึ่งแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าวิ่งอยู่ทั่วๆไป

ถ้าเรามองดูระบบสุริยะจากโลกของเราออกไป เราอาจมีความรู้สึกว่าโลกเราเป็นศูนย์กลาง ดาวดวงอื่นๆ ดวงจันทร์หรือแม้แต่ดวงอาทิตย์นั้นพากันหมุนรอบโลก แต่ความรู้ที่เราได้รับทราบเนื่องมาจากการศึกษาดาราศาสตร์ของนักปราชญ์นับเป็นเวลาร้อยๆ ปี ทำให้เราทราบว่าความจริงนั้นดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ โลกเราเองต่างหากที่หมุนรอบดวงอาทิตย์โดยมีดาวเคราะห์ดวงอื่นๆหมุนรอบเป็นชั้นๆไป ซึ่งดาวเคราะห์บางดวงยังมีบริวารหมุนวนอีกชั้นหนึ่ง ดูรูปที่ ๒.๑

ซึ่งทั้งโลก ดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ดวงอื่นๆนั้นรวมกันอยู่ในระบบสุริยะได้เพราะแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์

ในระบบสุริยะดวงอาทิตย์เป็นมวลที่ใหญ่ที่สุด มีมวลถึง ๙๙.๘ % ของมวลทั้งหมดในระบบสุริยะ ดาวเคราะห์ทุกดวงหมุนรอบดวงอาทิตย์ในแนวเกือบระนาบ(plane) เดียวกัน และหมุนไปในทิศทางเดียวกันด้วยความเร็วเฉลี่ย ๑๓ ไมล์ต่อวินาที ดาว



รูปที่ ๒.๑ แสดงวงโคจรของดาวเคราะห์ทั้ง ๙ ดวงรอบดวงอาทิตย์ รวมทั้งทางโคจรของดาวเคราะห์น้อยและดาวหาง

เคราะห์ยังหมุนรอบตัวเองอีกด้วย

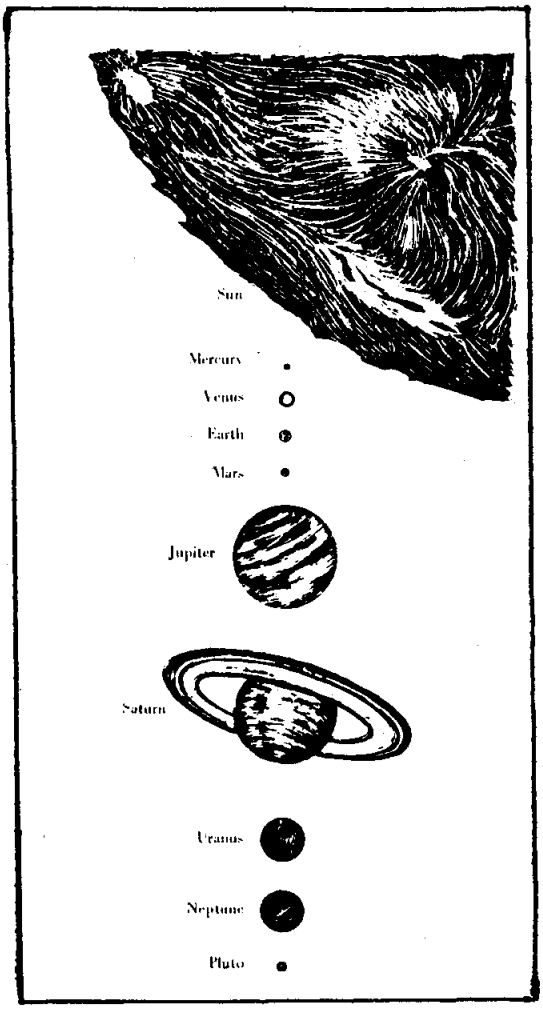
ในจำนวนดาวเคราะห์ ๙ ดวงนี้ ๔ ดวงใน (inner planets)คือ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร มีขนาดเล็กและมีความหนาแน่นมาก และดาวศุกร์ โลก และดาวอังคารมีขนาดไล่เลี่ยกัน ส่วนอีก ๔ ดวงนอก (outer planets) คือ ดาวพฤหัส ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัสและดาวเนปจูน มีขนาดใหญ่และความหนาแน่นน้อย ดาวเคราะห์ ๒ กลุ่มนี้มีดาวเคราะห์น้อยมากมาย ส่วนดาวเคราะห์ดวงสุดท้ายคือดาวพลูโตซึ่งอยู่รอบนอกจะมีขนาดเล็กประมาณเท่าโลก เชื่อกันว่าในอดีตคงเป็นดาวหางหรือดาวเคราะห์น้อยหรือเคยเป็นดวงจันทร์ของดาวเนปจูน ดูรูปที่ ๒.๒ และตารางที่ ๒.๑ ซึ่งแสดงให้เห็นขนาดและความหนาแน่นของดาวเคราะห์ต่างๆ

ตารางที่ ๒.๑ แสดงรายละเอียดต่างๆของดาวเคราะห์

	Mean distance from Sun (AU)	*Orbital Period d = days y = years*	*Period of rotation on its axis.* (days)	*Radius relative to Earth (= 6371 km)*	*Mean density* $(10^3\ kg\ m^{-3})$	*Number of satellites*
Sun			25.4	109	1.4	
Mercury	0.387	88d	58	0.38	5.50	0
Venus	0.723	225d	−243	0.95	5.27	0
Earth	1.000	365¼d	1.00	1.00	5.52	1
Mars	1.524	1.88y	1.03	0.53	3.95	2
Asteroids	ca. 2.7				3.5?	
Jupiter	5.20	11.86y	0.41	11.2	1.33	12
Saturn	9.52	29.5y	0.43	9.5	0.69	10
Uranus	19.16	84.0y	0.45?	3.7	1.7	5
Neptune	30.0	164y	0.66?	3.9	1.6	2
Pluto	40	247y	6.4	0.5?	4?	0
Moon	1.000	27.3d	27.3	0.273	3.33	

1 AU or Astronomic Unit is the mean distance of the Earth from the Sun of 1.496×10^8 km.

การที่ดาวเคราะห์ที่มีขนาดใหญ่แต่มีความหนาแน่นน้อยก็เพราะว่า เป็นดาวเคราะห์ที่ประกอบด้วยสารคล้ายไฮโดรเจนและฮีเลียม และสารประกอบของไฮโดรเจน เช่น น้ำ แอมโมเนียและมีเธน ส่วนดาวเคราะห์ที่มีขนาดเล็กจะประกอบด้วยซิลิเกตและโลหะทำให้มีความหนาแน่นมาก



รูปที่ ๒.๒ แสดงขนาดของดาวเคราะห์

ถ้าหากเราจินตนาการให้ไกลออกไปนอกระบบสุริยะเราจะพบว่าความว่างเปล่ามีอาณาเขตกว้างใหญ่ไพศาลจนไม่สามารถกำหนดขอบเขตได้ และในความว่างเปล่านี้จะปรากฏดาวฤกษ์เป็นจำนวนล้านๆดวงกระจายกันอยู่เป็นกลุ่มๆซึ่งเราเรียกว่า "แกแลคซี" (Galaxy) และแกแลคซีต่างๆนี้จะรวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่ากลุ่มแกแลคซี กลุ่มแกแลคซีทั้งหมดนี้รวมเรียกว่า "เอกภพ" (Universe)

ดวงอาทิตย์ของเราโคจรอยู่ในแกแลคซีที่เรียกว่า "แกแลคซีทางช้างเผือก" (Milky way Galaxy) ซึ่งเป็นเพียงหนึ่งในแกแลคซีนับร้อยล้านแกแลคซีซึ่งอยู่กระจัดกระจายทั่วไปในเอกภพอันกว้างใหญ่

เอกภพอาจเกิดมาจากกลุ่มสารต้นกำเนิดอันมหึมากลุ่มหนึ่ง ซึ่งต่อมาลุ่มสารนี้ได้เกิดระเบิดขึ้นและแต่ละส่วนที่กระจายออกไปนั้นเกิดเป็นแกแลคซี ซึ่งปัจจุบันกำลังกระจัดกระจายออกจากกัน

๒. การเกิดของโลก

หฤษฎีต่างๆที่กล่าวถึงการเกิดของโลกหรือของระบบสุริยะนั้นมีมากมายหลายหฤษฎีด้วยกัน บางหฤษฎีก็มีเหตุผลน่าเชื่อถือ บางหฤษฎีก็ไม่เป็นที่ยอมรับกัน แต่หฤษฎีการเกิดโลกเหล่านี้อาจจัดเข้าเป็น ๒ หมู่ใหญ่ๆด้วยกันคือ

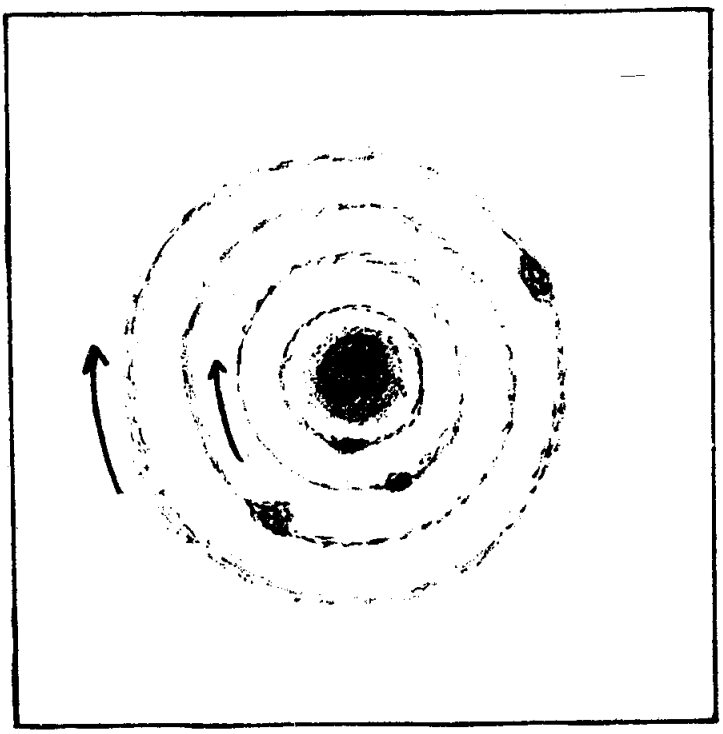
๑. The Nebular Hypothesis

๒. The Planetesimal Hypothesis

The Nebular Hypothesis

เกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ 1755 โดยนักปรัชญาชาวเยอรมัน Immanuel Kant. เขาได้สังเกตวงแหวนของดาวเสาร์และนำไปอธิบายเกี่ยวกับหฤษฎี Nebular ต่อมาในปี 1796. Laplace ได้สนับสนุนความคิดนี้และอธิบายขบวนการเกิดเป็นที่กระจ่าง ด้วยเหตุผลอันนี้บางครั้ง Nebular Hypothesis เรียกอีกอย่างว่า Laplacian Hypothesis หลักอันนี้อธิบายว่า สารที่เป็นต้นกำเนิดของดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์เป็นกลุ่มของเนบูลา ซึ่งเนบูลาประกอบด้วยแก๊สและฝุ่นในห้องฟ้า ต่อมากลุ่มเนบูลาเหล่านี้ได้หดตัวและเกิดการหมุนวนขึ้นอย่างเชื่องช้าในระยะแรกและหวีความเร็วขึ้นในระยะหลัง ทำให้เกิดจุดศูนย์กลางและจะมีวงแหวนหมุนรอบจุดศูนย์ของมันเราก็ได้มวลดวงอาทิตย์ขึ้นตรงจุดศูนย์กลาง และการหดตัวเนื่องจากแรงดึงดูดนี้ทำให้เกิดความร้อนขึ้น หลังจากนี้ไปหลายร้อยล้านปีดวงอาทิตย์ได้หดตัวลงเกือบเท่ากับขนาดในปัจจุบัน และกลุ่มแก๊สหรือแต่ละวงแหวนก็ได้ก่อกำเนิดเป็นดาวเคราะห์บริวารของดวงอาทิตย์ ซึ่งโลกเราก็เป็นหนึ่งในดาวเคราะห์เหล่านี้ด้วย ดูรูปที่ ๒.๑

หฤษฎีนี้แสดงว่าดาวเคราะห์มีอายุใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ หฤษฎีของ Laplace ได้เป็นที่เชื่อถือกันอยู่นาน จนต่อมาเมื่อมีการค้นพบใหม่ๆและมีการคำนวณที่ดีขึ้นจึงพบว่าหฤษฎีดังกล่าวไม่เหมาะสมนัก

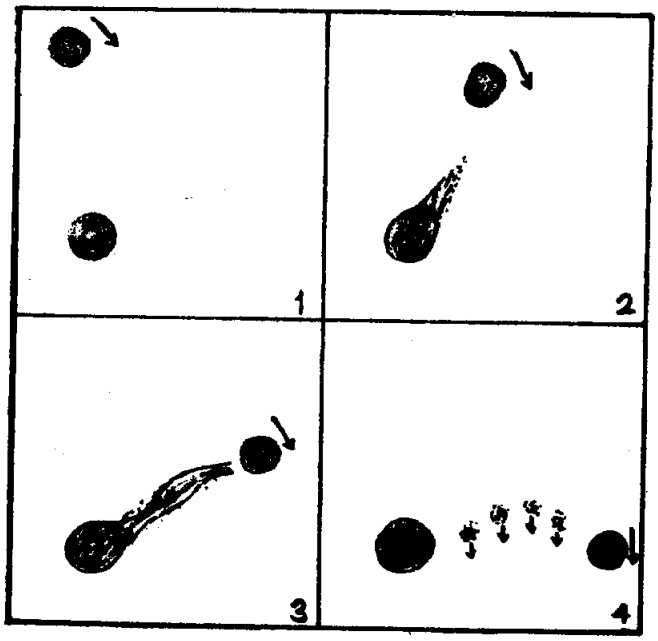


รูปที่ ๒.๓ แสดง The Nebular Hypothesis.

The Planetesimal Hypothesis.

เป็นทฤษฎีที่กล่าวว่าโลกเกิดจากดวงอาทิตย์ โดยเนื่องจากการโคจรผ่านเข้ามาของดาวอีกดวงหนึ่ง และโดยแรงดึงดูดของดาวดวงนี้ได้ดึงเอาส่วนหนึ่งของดวงอาทิตย์แยกออกไป เกิดเป็นดาวเคราะห์ต่างๆขึ้น ดูรูปที่ ๒.๔

Chamberlin และ Moulton ได้แสดงความคิดเห็นแตกต่างจากนี้เล็กน้อย โดยกล่าวว่าโลกเกิดจากวัตถุที่เย็นตัวแล้วหลายก้อนรวมตัวกันในขณะที่โคจรอยู่รอบดวงอาทิตย์ และความร้อนจะค่อยๆเกิดขึ้นเนื่องจากแรงต่างๆ ต่อมาก็มีบรรยากาศเกิดขึ้น



รูปที่ ๒.๔ แสดง Jeans Jeffreys Theory.

๓. โครงสร้างและส่วนประกอบของโลก

โลกมีลักษณะสัณฐานกลม(spherical) แต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางทางขั้วโลกเหนือ-ใต้ ๗๙๐๐ ไมล์ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางทางเส้นศูนย์สูตร ๗๙๒๙ ไมล์

ปริมาตรของโลกประมาณ ๒๕๐ พันล้านลูกบาศก์ไมล์

พื้นที่ผิวของโลกประมาณ ๑๙๕ ล้านตารางไมล์

น้ำหนักของโลกประมาณ ๖๐๐๐ ล้านล้านล้านตัน

ความหนาแน่นของโลกประมาณ ๕.๕๓

บริเวณส่วนนอกของโลก (The out zones of the Earth) ถูกแบ่งออกเป็น ๔ ส่วนคือ

๑. Atmosphere ส่วนบรรยากาศ ได้แก่อากาศที่อยู่รอบๆโลก อากาศนี้ประกอบด้วยแก๊สหลายชนิด ปริมาณของแก๊สชนิดต่างๆที่ประกอบเป็นบรรยากาศนี้

เปลี่ยนแปลงได้ บรรยากาศมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวโลกและให้ประโยชน์ต่อโลก

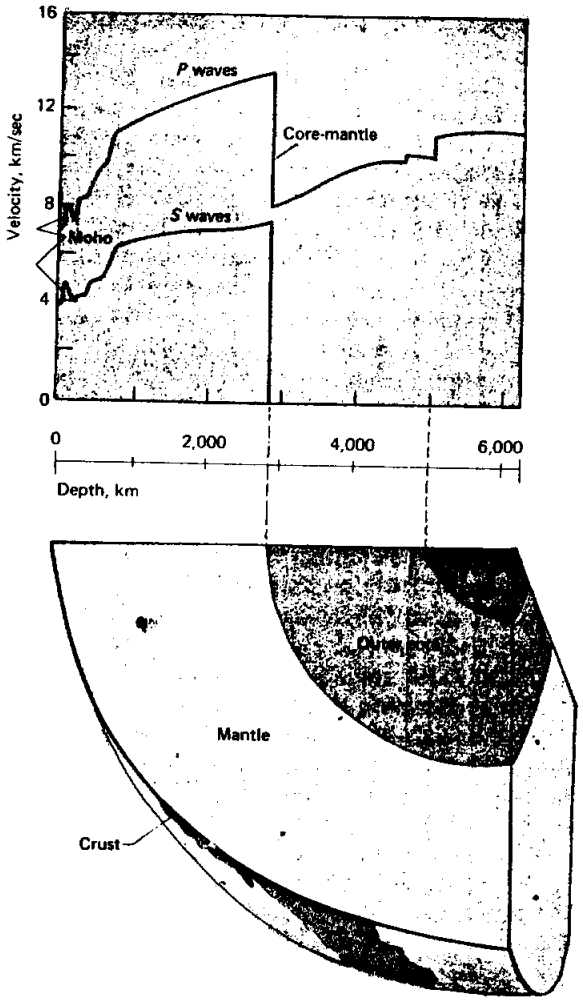
๒. Hydrosphere ส่วนที่เป็นน้ำ รวมหมายถึงน้ำในมหาสมุทร ทะเล ทะเลสาบ แม่น้ำ ห้วยหนองบึง รวมทั้งน้ำที่ซึมอยู่ในผิวดินและน้ำในโพรงหิน น้ำเป็นพลังอันใหญ่ยิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก

๓. Lithosphere ส่วนที่เป็นหินนี้หมายรวมทั้งดินและหินซึ่งเป็นส่วนที่เป็นของแข็งที่ประกอบขึ้นเป็นโลกทรงกลม อยู่ใต้ชั้น Atmosphere และบางส่วนอยู่ใต้ชั้น Hydrosphere คือมีน้ำปกคลุมอยู่เบื้องบน

๔. Biosphere เป็นชั้นของสิ่งมีชีวิตที่พบเป็นปริมาณมากๆ ชั้นนี้จะเป็นชั้นบางๆโดยลึกลงไปในส่วนของน้ำทะเล ๖๐๐ ฟุต ซึ่งเป็นสัตว์พวกปลาและอื่นๆ และสูงขึ้นไปในบรรยากาศเล็กน้อยซึ่งเป็นพวกจุลินทรีย์และนกต่างๆ

ส่วนของโลกที่ศึกษากันมากในทางธรณีวิทยาคือส่วนของ Lithosphere

การศึกษาส่วนประกอบของโลกเราอาจจะศึกษาได้โดยตรงจากหินที่โผล่ขึ้นมาบนผิวดิน หรือจากตัวอย่างหินตามเหมืองที่มีการขุดหน้าดินออกมาแล้วและตามหลุมเจาะต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถขุดลึกลงไปเกิน ๘ กิโลเมตร มีขบวนการทางธรณีวิทยาบางอย่างที่สามารถทำให้เศษหินที่ความลึก ๒๐ - ๒๕ กิโลเมตร ขึ้นมาบนผิวดินได้ เช่นการระเบิดของภูเขาไฟ ดังนั้นการศึกษาถึงส่วนประกอบของโลกบริเวณที่ลึกลงไปมากๆก็โดยใช้วิธีทางอ้อม คือนำเทคนิคอื่นเข้ามาช่วย คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของหินบริเวณที่อยู่ลึกเราสามารถทราบได้ เช่นความหนาแน่นของหิน โดยที่ความหนาแน่นจะเปลี่ยนไปตามความลึก ซึ่งทราบได้จากความเร็วของคลื่นแผ่นดินไหว (seismic wave)ที่เกิดขึ้น วิธีที่สำคัญในการศึกษาโครงสร้างภายในของโลกและคุณสมบัติทางฟิสิกส์ คือ Seismology เป็นการศึกษาถึงแผ่นดินไหวหรือคลื่นแผ่นดินไหว คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ศึกษาโครงสร้างภายในของโลกคือ คลื่นแผ่นดินไหวชนิดตามยาวหรือ P-wave ซึ่งเป็นคลื่นที่ผ่านสสารได้ทุกสถานะคือทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส และคลื่นแผ่นดินไหวชนิดตามขวางหรือ S-wave ซึ่งเป็นคลื่นที่ผ่านสสารที่เป็นของแข็งเท่านั้น



รูปที่ ๒.๕ แสดงกราฟความเร็วของ P และ S - waves
ตามความลึก และสัมพันธ์กับโครงสร้างของโลก

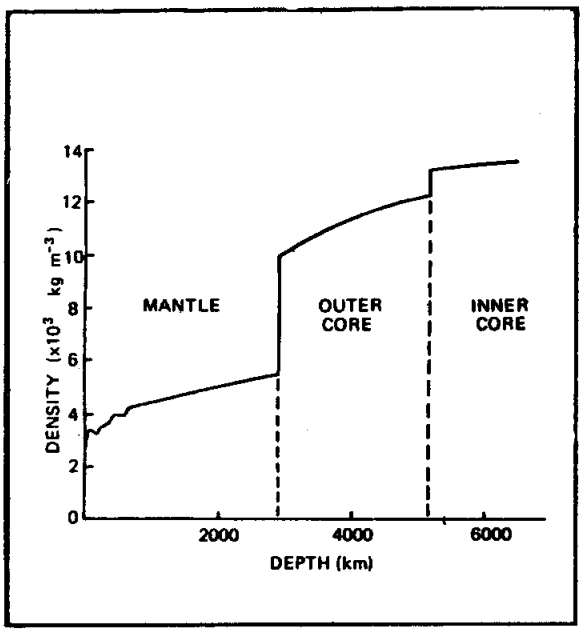
จากการศึกษาคลื่นแผ่นดินไหวแสดงให้เห็นว่าภายในโลกแบ่งออกเป็นเขต หรือเป็นชั้นต่างๆจากผิวโลกถึงชั้นในสุดได้ ๓ ชั้นใหญ่ๆ ดูรูปที่ ๒.๕ ซึ่งมีส่วนประกอบ ความหนาแน่น ความยืดหยุ่นและสถานะแตกต่างกัน เขตหรือชั้นดังกล่าวได้แก่ส่วนที่เรียกว่าเปลือกโลก (Crust) ชั้นกลางโลก (Mantle) และชั้นแก่นโลก (Core)

โครงสร้างแต่ละชั้นนี้จะมีความหนาแน่น (density) และความกดดันภายใน (pressure) เพิ่มขึ้นตามความลึก ดูตารางที่ ๒.๒ และรูปที่ ๒.๖ เป็นกราฟแสดงถึงการที่ความหนาแน่นเปลี่ยนเมื่อลึกลงไปในโลก

<u>ตารางที่ ๒.๒ แสดงชั้นต่างๆภายในโลกและคุณสมบัติ</u>

Name of layer	*Depth (km)*	*Density (10^3 kg m^{-3})*	*Pressure (kilobars)**
	0		
Crust		2.8	
	33	3.0 – 3.3	9
Upper Mantle		↓	
	700	4.3	260
Lower Mantle		↓	
	2890	5.5 – 10.0	1350
Outer Core		↓	
	5150	12.3 – 13.3	3340
Inner Core		↓	
	6371	13.6	3700

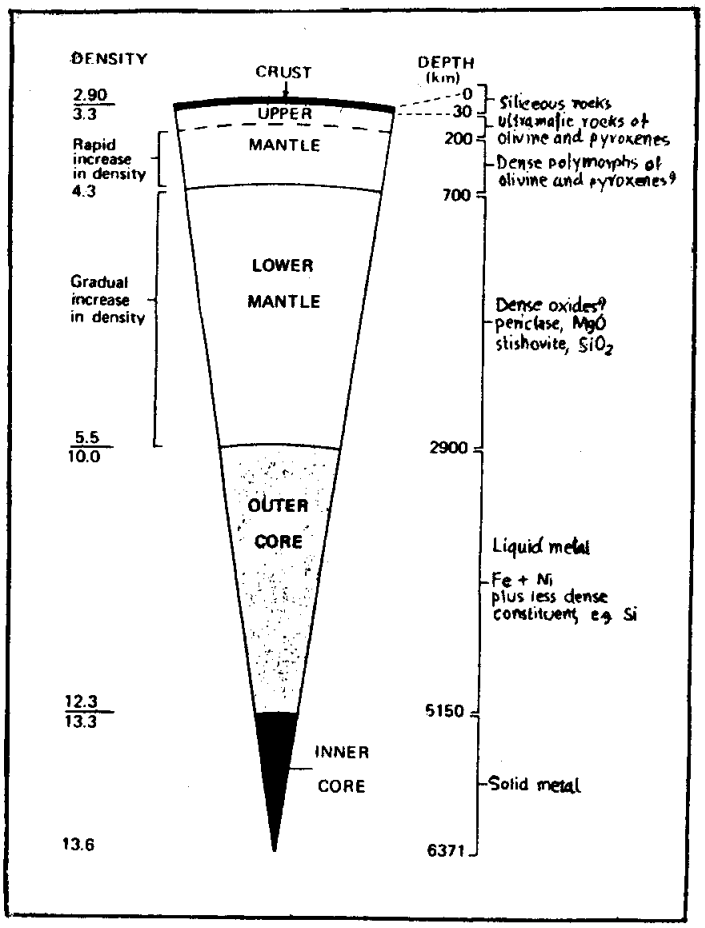
*The bar is an international unit of pressure equivalent to 0.987 atmospheres. 1 kilobar is 1000 bars.



รูปที่ ๒.๖ กราฟแสดงความหนาแน่นเปลี่ยนเมื่อลึกลงไปในโลก

โครงสร้างภายในของโลกทั้งหมดแยกอธิบายได้ดังนี้ ดูรูปที่ ๒.๗ ประกอบ

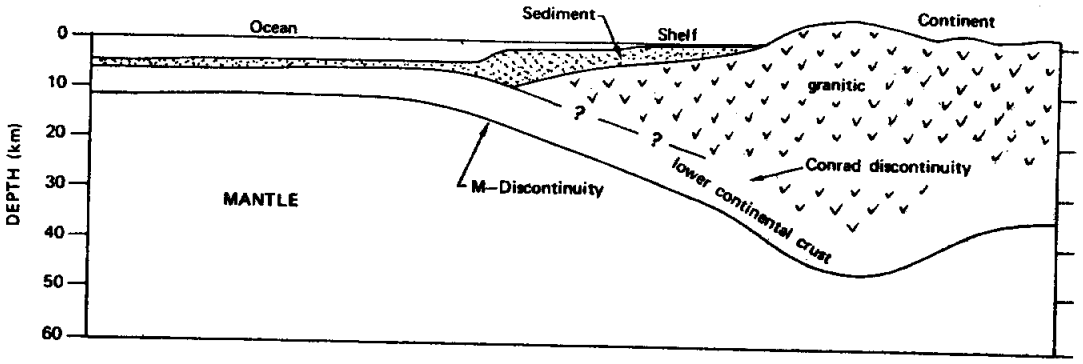
๑. <u>ชั้นเปลือกโลก</u> (crust) คือส่วนนอกสุด ลึกประมาณ ๓๐ กิโลเมตรถึง ๘๐ กิโลเมตรในส่วนทวีป (continental crust) และประมาณ ๑๐ กิโลเมตรในส่วนมหาสมุทร (oceanic crust) จากหลักฐานของคลื่นแผ่นดินไหวคือทั้ง P-wave และ S-wave เปลือกโลกแบ่งออกเป็น ๒ ส่วนคือ Upper crust ซึ่งประกอบด้วยหิน granitic หรือ granodioritic และ Lower crust มีส่วนประกอบเป็น basic พวก basaltic เขตที่ติดต่อระหว่าง Upper และ Lower crust เรียกว่า Conrad Discontinuity. บริเวณเปลือกโลกในส่วนทวีปจะมีทั้งชั้น Upper และ Lower crust. แต่เปลือกโลกในส่วนที่เป็นพื้นมหาสมุทรนั้นมีเฉพาะส่วนของ Lower crust. ส่วนของ Upper crust



รูปที่ ๒.๗ แสดงส่วนต่างๆของโลกที่ลึกจากผิวดิน

หรือ granitic จะหายไป ดูรูปที่ ๒.๘ ประกอบ นอกจากนี้ชั้นเปลือกโลกยังประกอบไปด้วยธาตุต่างๆมากมายจากตารางที่ ๒.๓ และตารางที่ ๒.๔ แสดงถึงธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเปลือกโลกและแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเปลือกโลกส่วนทวีป (continental)

๒. ชั้นกลางโลก (mantle) ในส่วนล่างของ crust คลื่นแผ่นดินไหวจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นมาเพราะผ่านเข้าไปในชั้นที่มีความหนาแน่นมาก นั่นคือเป็นชั้นของ mantle และขอบเขตของ crust กับ mantle เรียกว่า



รูปที่ ๒.๔ แสดงความหนาและส่วนประกอบของเปลือกโลกส่วนทวีปและมหาสมุทร

ตารางที่ ๒.๓ แสดงธาตุที่สำคัญในเปลือกโลก

	Weight per cent	*Atoms per cent*	*Ionic Radius* (Å)	*Volume per cent*
O^{2-}	46.5	62.1	1.40	94.07
Si^{4+}	28.9	22.0	0.42	0.88
Ti^{4+}	0.5	0.2	0.68	0.04
Al^{3+}	8.3	6.5	0.51	0.47
Fe^{3+}	1.8	0.7	0.64	0.09
Fe^{2+}	3.0	1.1	0.74	0.25
Mg^{2+}	1.9	1.6	0.66	0.26
Ca^{2+}	4.1	2.2	0.99	1.15
Na^{+}	2.3	2.1	0.97	1.07
K^{+}	2.4	1.3	1.33	1.71

ตารางที่ ๒.๔ ส่วนประกอบของเปลือกโลกส่วนทวีป

	(1) (per cent)		(2) ppm
SiO_2	61.9	Barium (Ba)	425
TiO_2	0.8	Strontium (Sr)	375
Al_2O_3	15.6	Zirconium (Zr)	165
Fe_2O_3	2.6	Copper (Cu)	55
FeO	3.9	Scandium (Sc)	22
MnO	0.1	Lead (Pb)	12.5
MgQ	3.1	Uranium (U)	2.7
CaO	5.7	Mercury (Hg)	0.08
Na_2O	3.1	Silver (Ag)	0.07
K_2O	2.9	Gold (Au)	0.004
P_2O_5	0.3		

(1) Average content of major constituents.
(2) Average content of some of the 'trace' elements.

Mohorovicic Discontinuity ปกติเรียกสั้นๆว่า 'M' discontinuity หรือ " Moho " ชั้นกลางโลกนี้สามารถแบ่งเป็น ๒ ส่วนคือ Upper และ Lower mantle ขอบเขตระหว่าง ๒ ส่วนนี้ลึกสุดประมาณ ๑๐๐๐ กิโลเมตร แต่โดยทั่วไปลึกประมาณ ๗๐๐ กิโลเมตรหรือมากกว่าเล็กน้อยดูรูปที่ ๒.๗ ชั้นกลางโลกเป็นชั้นหินแข็งอยู่ลึกจากผิวโลกลงไป ๒๘๙๐ หรือ ๒๙๐๐ กิโลเมตร ลักษณะโดยทั่วๆไปและส่วนประกอบของชั้นกลางโลกยังไม่ทราบแน่นอน นักธรณีฟิสิกส์ให้ชั้นของ Upper mantle เป็นพวก dunite ซึ่งเป็นหินที่มีแร่ olivine เป็นส่วนประกอบเกือบทั้งหมด นอกจากนี้ก็มีหิน echogite ซึ่งมีแร่ pyroxene เป็นส่วนประกอบ และหิน peridotite ซึ่งมีส่วนประกอบทั้งแร่ olivine และ pyroxene. ส่วนชั้น Lower mantle จะประกอบด้วยสารที่มีความหนาแน่นมากของพวก oxides และ silicate.

๓. ชั้นแก่นโลก (core) เป็นบริเวณส่วนในสุดของโลกตั้งแต่ระดับความลึก ๒๙๐๐ กิโลเมตรเป็นต้นไป ขอบเขตของ core และ mantle เราทราบได้เพราะว่าความเร็วของ P-wave ลดลงพร้อมกันกับที่ S-wave หายไป เราเรียกแนวที่แบ่ง core และ mantle ว่า Gutenberg Discontinuity. ชั้นแก่นโลกนี้แบ่งออกเป็น ๒ ส่วน คือแก่นโลกเขตนอกหรือ Outer core และแก่นโลกเขตในหรือ Inner core ส่วนของแก่นโลกเขตนอกจะมีสภาวะเป็นของเหลว เพราะจากหลักฐานของคลื่นแผ่นดินไหวชนิด S - wave ไม่สามารถผ่านเข้าไปได้เลยและ P - wave ความเร็วลดลง มีความลึกประมาณ ๕๑๕๐ กิโลเมตรจากผิวโลก ถัดจากความลึกนี้ลงไปถึงใจกลางโลกคือลึก ๖๓๗๐ กิโลเมตร เป็นส่วนของแก่นโลกเขตใน จะมีสภาวะเป็นของแข็งเพราะความเร็ว P-wave เพิ่มขึ้นตามปกติ แก่นโลกทั้ง ๒ ส่วนนี้มีส่วนประกอบคล้ายกับโลหะผสมระหว่างเหล็กและนิเกิล ซึ่งทราบได้จากการศึกษาอุกกาบาตที่หล่นลงมายังโลก

เนื่องจากว่าชั้นเปลือกโลก (crust) เป็นส่วนที่มีการศึกษามากดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเพราะเป็นส่วนที่อยู่ชั้นบน เราทราบรายละเอียดมากกว่าชั้นกลางโลก (mantle) และชั้นแก่นโลก (core) เนื่องจากว่าเปลือกโลกแบ่งออกเป็น ๒ ส่วนคือ ส่วนที่เป็นทวีปหรือแผ่นดิน(continental crust) และส่วนที่เป็นมหาสมุทร(oceanic crust) เพราะฉนั้นจะแยกกล่าวเปลือกโลกแต่ละส่วนดังนี้

<u>เปลือกโลกส่วนที่เป็นมหาสมุทร</u> (oceanic crust)

เปลือกโลกส่วนที่เป็นมหาสมุทรจะมีความหนาน้อยกว่าเปลือกโลกส่วนที่เป็นแผ่นดินดูรูปที่ ๒.๔ แต่ลักษณะโดยทั่วไปก็คล้ายกับแผ่นดิน คือประกอบด้วยภูเขา ที่ราบ ที่ราบสูง และหุบเหวลึก ลักษณะโครงสร้างของพื้นมหาสมุทร (ocean floor) ถ้าพิจารณาดูจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

๑. <u>ไหล่ทวีป</u> (continental shelf) เป็นบริเวณซึ่งพื้นดินติดต่อกับพื้นน้ำ ลักษณะของพื้นมหาสมุทรในตอนนี้จะมีระดับค่อนข้างตื้น ไหล่ทวีปมี

ความลาดเอียงน้อยๆประมาณ ๑.๘ เมตรต่อกิโลเมตร และมีความกว้างไม่แน่นอน โดยเฉลี่ยแล้วไหล่หวีปกว้างประมาณ ๖๕ กิโลเมตร และมีความลึกเฉลี่ยประมาณ ๑๓๐ เมตร

ตะกอนที่มาสะสมกันบริเวณนี้ได้รับมาจากหวีปมีขนาดเล็กใหญ่คละกันไป

๒. ลาดหวีป (continental slope) ถัดจากไหล่หวีปไปพื้นมหาสมุทรจะลาดต่ำลงอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะชัน ความลาดชันของลาดหวีปเฉลี่ยประมาณ ๖๖ เมตรต่อกิโลเมตร มีความกว้าง ๑๕ ถึง ๓๐ กิโลเมตร ความลึกจะเพิ่มมากขึ้นในช่วงระยะทางสั้นๆอาจมีความลึกถึง ๒๐๐๐ เมตร มีที่น่าสังเกตลักษณะหนึ่งของลาดหวีปคือ พบว่ามีร่องลึกตัดลาดหวีปเป็นหุบลึกเหมือนกับทางน้ำเก่าเรียกว่า submarine canyon.

ตะกอนที่สะสมกันบริเวณลาดหวีปนี้มีขนาดเล็กกว่าบริเวณไหล่หวีป

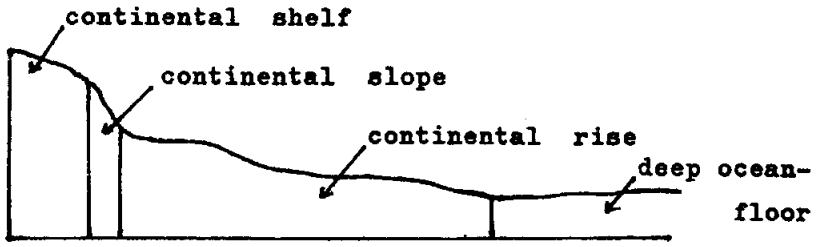
๓. Continental rise เป็นส่วนที่คล้ายกับเป็นฐานของลาดหวีป มีความกว้างหลายกิโลเมตร มีความชันเล็กน้อยประมาณ ๐.๕ ถึง ๒๕ เมตรต่อกิโลเมตร ส่วน continental rise นี้ในบางแห่งไม่มี

ตะกอนที่สะสมอยู่ได้มาจากลาดหวีป

๔. พื้นท้องมหาสมุทร (deep ocean floor) ถัดจากบริเวณลาดหวีปและ continental rise ออกไป พื้นมหาสมุทรจะอยู่ในระดับเกือบเสมอราบ และจะมีลักษณะที่สูงต่ำเช่นเดียวกับพื้นดินคือบางส่วนสูงขึ้นมาเป็นสันเขาถ้าสันเขานั้นมียอดราบเรียกว่า rise แต่บางส่วนโผล่ขึ้นมาเป็นยอดแหลมเรียกว่า ridge บางแห่ง ridge และ rise จะโผล่ขึ้นมาเหนือน้ำซึ่งมีลักษณะเป็นเกาะ บรรดาเกาะก็คือภูเขาในมหาสมุทรนั่นเอง บน ridge และ rise นี้จะมีรอยแตกขวางอยู่เรียกว่า fracture บางแห่งบริเวณพื้นท้องมหาสมุทรจะมีภูเขาลูกเดียวโดดๆอยู่ถ้ามียอดราบเราเรียก guyots หรือ tablemounts ถ้ามียอดแหลมเรียก seamounts นอกจากภูเขาแล้วในบริเวณท้องมหาสมุทรยังมีบางส่วนซึ่งเป็นหุบเหวลึกลงไป บริเวณหุบเหวลึกโดยมากจะอยู่ใกล้ๆเกาะ เราเรียกหุบเหวลึกที่มีลักษณะชันว่า trench และถ้ามีลักษณะไม่ค่อยชันเรียกว่า trough

ตะกอนที่สะสมกันส่วนนี้จะเป็นตะกอนที่ได้รับมาจากทวีปและตะกอนที่เกิดขึ้นในมหาสมุทรเอง

ส่วนต่างๆทั้งหมดของพื้นมหาสมุทรดูรูปที่ ๒.๙

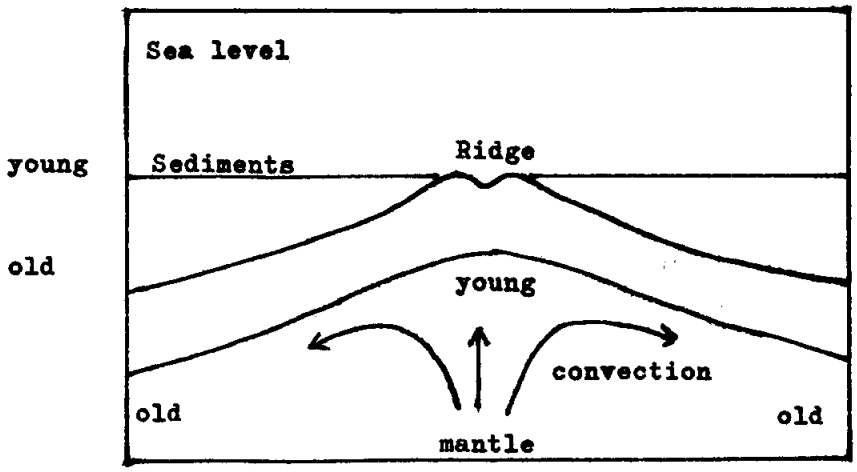


รูปที่ ๒.๙ แสดงลักษณะพื้นมหาสมุทร

จากหลักฐานทางธรณีฟิสิกส์และตัวอย่างหินแสดงให้เห็นว่าเปลือกโลกส่วนที่เป็นมหาสมุทรประกอบด้วยหิน basaltic และบนหิน basaltic จะปกคลุมด้วยเศษของตะกอนขนาดต่างๆมีความหนาประมาณ ๑ กิโลเมตร และนอกจากนี้ก็พบว่าอายุของหินที่ประกอบเป็นพื้นมหาสมุทรมีอายุไม่เกิน ๒๐๐ ล้านปี ซึ่งอธิบายได้โดยทฤษฎีทวีปแยก (Sea floor spreading) ว่าเหตุใดหินบนพื้นมหาสมุทรถึงมีอายุน้อยกว่าหินส่วนที่เป็นแผ่นดินมาก หินบนแผ่นดินที่พบมีอายุถึง ๓๕๐๐ ล้านปี

<u>ทฤษฎีทวีปแยก</u> (Sea floor spreading)

จากการค้นพบ ridge - rise system, การเกิดแผ่นดินไหวและในบางแห่งมีรอยแตก และนอกจากนั้นพบความร้อน (heat flow) ขึ้นมาบนผิวโลก ทำให้ได้ความคิดว่าจะต้องมีการเคลื่อนที่ตามแนวราบของหินพื้นมหาสมุทร ต่อมาก็ตั้งเป็นทฤษฎีขึ้นเรียกว่าทฤษฎีทวีปแยก บริเวณที่ศึกษาเกี่ยวกับทวีปแยกมากที่สุดคือ ridge ดูรูปที่ ๒.๑๐ และการศึกษาสนามแม่เหล็กในหินพื้นมหาสมุทรเป็นการสนับสนุนทฤษฎีนี้



รูปที่ ๒.๑๐ แสดงทฤษฎีทวีปแยก (Sea floor spreading)

<u>เปลือกโลกส่วนที่เป็นทวีป</u> (continental crust)

สำหรับเปลือกโลกส่วนที่เป็นทวีปหรือแผ่นดินซึ่งมีพื้นที่ประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่ของพื้นผิวโลกนั้น ลักษณะส่วนใหญ่ของแผ่นดินได้แก่ ภูเขา ที่ราบสูง ที่ราบ หุบเหว เป็นต้น

<u>ภูเขา</u> (mountains) คือบริเวณที่มีระดับสูงจากพื้นระดับซึ่งมียอดเป็นบริเวณแคบๆ ขบวนการเกิดภูเขาจะใช้ระยะเวลาอันยาวนานและสลับซับซ้อนมาก ทำให้ภูเขามีโครงสร้างทางธรณีมุ่งยาก ภูเขาจะประกอบด้วยหินเป็นชั้นๆเสียส่วนมาก ซึ่งเห็นได้จากหน้าผา เหมืองหินหรือด้านข้างหน้าตัดของภูเขา ในที่บางแห่งหินจะวางตัวในแนวระดับหรือทำมุมเอียงเล็กน้อย บางแห่งชั้นหินจะมีความชันหรือมีการคดโค้งมากเนื่องจากถูกแรงบีบอัดตัว แม้ว่าภูเขาต่างๆจะมีการเกิดที่สลับซับซ้อนก็ตามแต่ส่วนมากจะมีขบวนการเกิดเช่นเดียวกัน

<u>ที่ราบสูง</u> (plateau) คือบริเวณที่มีระดับสูงจากพื้นระดับซึ่งมียอดเป็นบริเวณกว้าง และมีโครงสร้างภายในทางธรณีวิทยาง่ายๆ

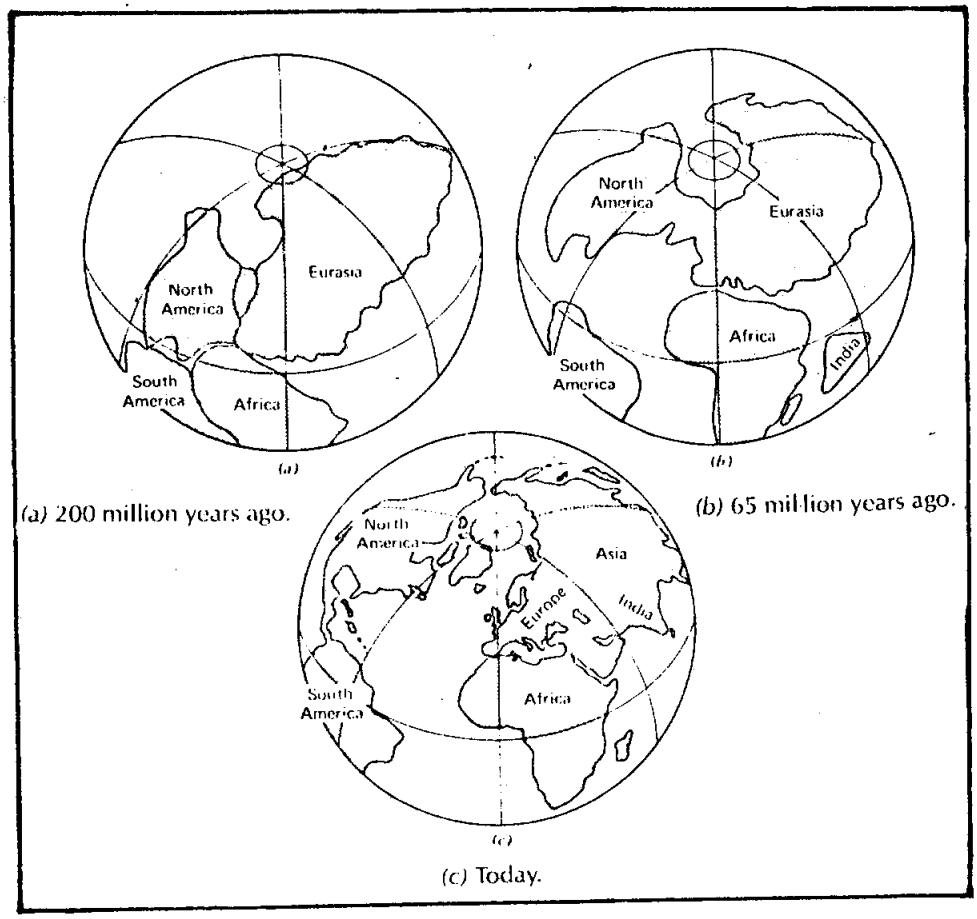
<u>ที่ราบ</u> (plain) คือบริเวณที่มีระดับต่ำแผ่เป็นบริเวณกว้าง

โดยทั่วไปมักจะรองรับด้วยหินที่แผ่ราบ

ส่วนบริเวณแก่นของแผ่นหินเป็นเนินเขาหรือแผ่นดินเก่าที่ประกอบด้วยหินที่เก่าแก่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก ปรากฏเป็นรูปลักษณะมนรีนูนตรงกลางเหมือนโล่ เรียกว่า ชิลด์ (shield)

<u>ทฤษฎีทวีปลอย</u> (Continental drift)

เปลือกโลกส่วนที่เป็นทวีปหรือแผ่นดินนี้เชื่อกันว่าในยุคแรกๆทวีปทั้งหมดจะต่อเป็นผืนเดียวกัน แล้วต่อมาจึงแยกลอยออกจากกันดูรูปที่ ๒.๑๑ และตั้งเป็นทฤษฎีทวีปลอยขึ้น ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เกิดขึ้นก่อนทฤษฎีทวีปแยก

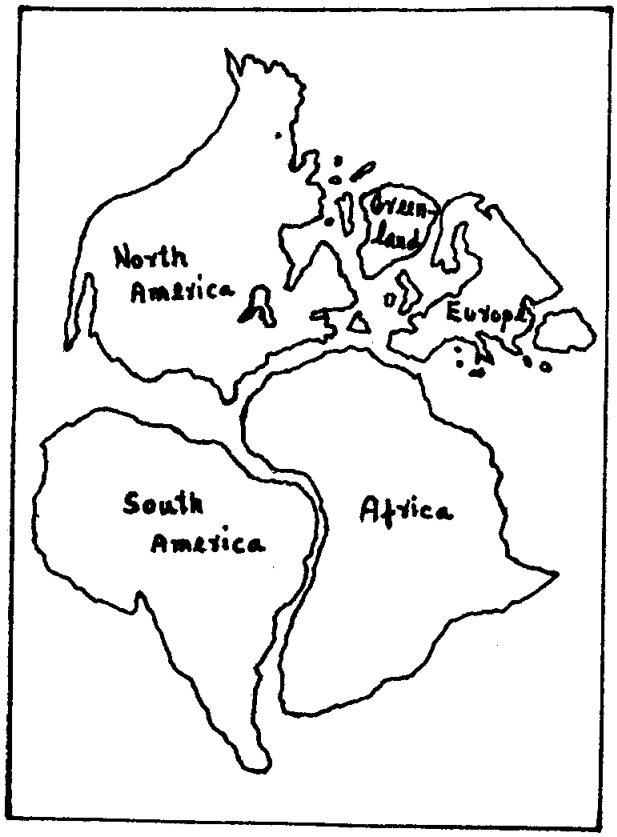


(a) 200 million years ago. (b) 65 million years ago.

(c) Today.

รูปที่ ๒.๑๑ แสดงทฤษฎีทวีปลอย (Continental drift)

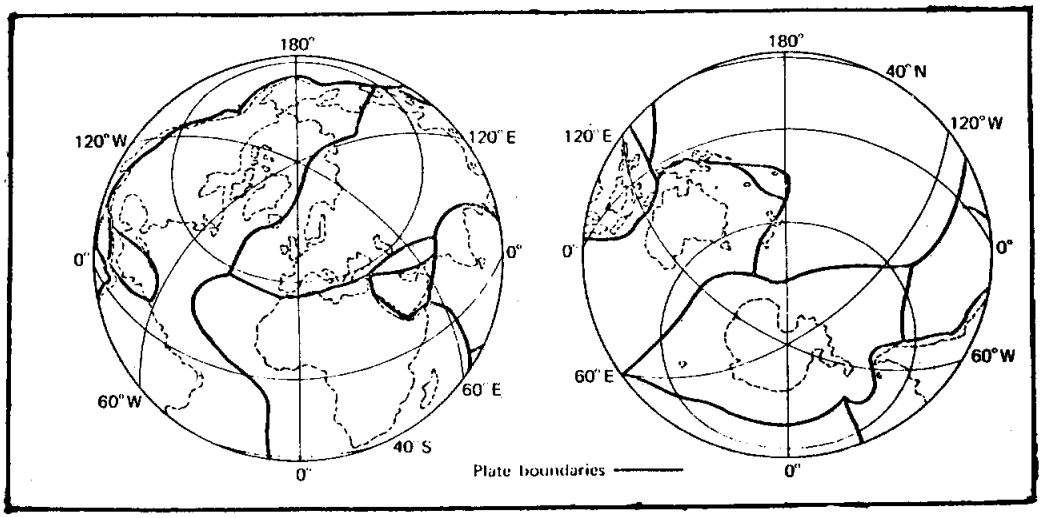
หลักฐานที่เชื่อว่าทวีปลอยก็คือถ้าเอาขอบของทวีปแต่ละทวีปมาชนกันมันจะเชื่อมกันพอดีดูรูปที่ ๒.๑๒ โดยเฉพาะขอบของทวีปอเมริกาใต้กับอัฟริกา นอกจากนั้นก็ศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆของหิน ซากดึกดำบรรพ์ประกอบการอธิบายเรื่องทวีปลอย ต่อมาพบว่าไม่เพียงแต่ทวีปเกิดการเคลื่อนที่เท่านั้น พื้นมหาสมุทรก็มีการเคลื่อนที่เหมือนกันจึงตั้งทฤษฎีทวีปแยกขึ้นมาอธิบายถึงการเคลื่อนที่ของหินพื้นมหาสมุทร



รูปที่ ๒.๑๒ แสดงขอบของทวีปที่เชื่อมกันพอดี

ทฤษฎี Plate tectonic

จากทฤษฎีทวีปลอยและทฤษฎีทวีปแยก เกิดเป็นทฤษฎีใหม่ขึ้นมาเรียก ทฤษฎี Plate tectonic ซึ่งใช้อธิบายโครงสร้างที่สลับซับซ้อนของเปลือกโลก ทฤษฎี Plate tectonic กล่าวว่าเปลือกโลกทั้งหมดคือชั้น lithosphere จะแบ่งออกเป็น ๖ แผ่น ซึ่งแต่ละแผ่นจะมีขอบเขตเฉพาะดูรูปที่ ๒.๑๓

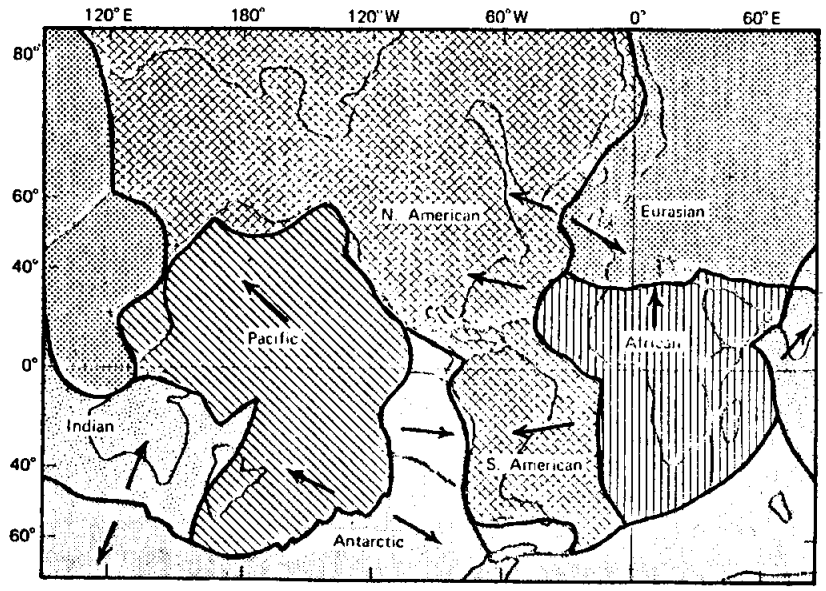


รูปที่ ๒.๑๓ แสดงขอบเขตของแผ่นทั้งหมด

แผ่นทั้ง ๖ แผ่นนั้นประกอบไปด้วย

๑. American
๒. Eurasian
๓. African
๔. Indian
๕. Pacific
๖. Antarctic

แผ่นทั้งหมดไม่อยู่นิ่งกับที่ จะมีการเคลื่อนที่โดยบางแผ่นจะเคลื่อนที่มาชนกัน บางแผ่นก็เคลื่อนที่แยกออกจากกัน ดูรูปที่ ๒.๑๔ ลูกศรที่เห็นในรูปแสดงถึงทิศทางการเคลื่อนของแต่ละแผ่น

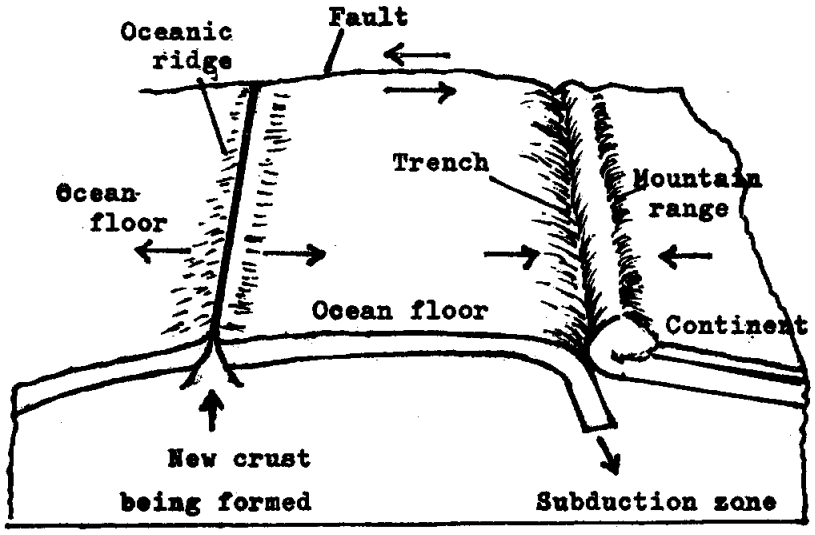


รูปที่ ๒.๑๔ แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของ Plate tectonic

ลักษณะการเคลื่อนที่ของแต่ละแผ่นแยกเป็น ๓ แบบดังนี้ ดูรูปที่ ๒.๑๕

๑. ระหว่างปลายขอบของ ๒ แผ่นมี ridge แสดงให้เห็นว่าแผ่นทั้งสองกำลังถูกผลักดันให้แยกออกจากกัน อาจเนื่องมาจากการปะทุขึ้นมาของหินหลอมเหลว (magma) และบริเวณนี้จะเกิดเปลือกโลกใหม่ขึ้นด้วย (new crust zone)

๒. แผ่น ๒ แผ่นเคลื่อนที่เข้าหากัน แผ่นหนึ่งจะ มุดลงข้างใต้ของอีกแผ่นหนึ่งและเมื่อถึงความลึกประมาณ ๖๐๐ หรือ ๗๐๐ กิโลเมตรจะละลาย เราเรียกบริเวณที่มีการมุดตัวของแผ่นดินนี้ว่า subduction zone มักจะมี



รูปที่ ๒.๑๕ แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของแผ่นแบบต่างๆ

Trench และแนวภูเขา (mountain range) เกิดขึ้น แนวภูเขานี้เรา เรียก Island arcs

๓. แผ่น ๒ แผ่นอยู่ติดกันจะเคลื่อนที่สวนทางกันเราเรียก fault ซึ่งบริเวณนี้จะมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้น

๔. ดวงจันทร์

นับตั้งแต่กาลิเลโอ ซึ่งเป็นนักดาราศาสตร์คนแรกที่ใช้กล้องโทรทัศน์ส่องดูพื้นผิวดวงจันทร์ในศตวรรษที่ ๑๗ นั้น นับได้ว่าเป็นการศึกษาเรื่องราวของดวงจันทร์จากโลก นักดาราศาสตร์สามารถวัดระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์ วัดขนาดของดวงจันทร์ ทราบลักษณะพื้นผิวและอุณหภูมิที่พื้นผิวของดวงจันทร์โดยไม่ต้องเดินทางไปถึงดวงจันทร์เลย

การศึกษาเรื่องดวงจันทร์ในยุคอวกาศนี้ ได้เปิดฉากขึ้นเมื่อยูนาร์ ๑ ของรัสเซียถูกส่งขึ้นไปในวันที่ ๒ มกราคม ๒๕๐๒ เข้าไปใกล้ดวงจันทร์ในระยะ ๖๐๐๐

กิโลเมตร และต่อมาอุนาร์ ๓ ก็ได้ถูกส่งขึ้นไปอีกในวันที่ ๔ ตุลาคม ปีเดียวกันนั่นเอง ได้ถ่ายภาพดวงจันทร์ด้านหลังซึ่งไม่เคยปรากฏแก่สายตามนุษย์บนโลกมาก่อนเลย ถ่ายทอดมาทางโทรทัศน์ ทั้งสหรัฐอเมริกาและโซเวียตรัสเซียต่างก็พยายามหาข้อมูลต่างๆ เพื่อหาตำแหน่งลงที่เหมาะบนดวงจันทร์ ในที่สุดยานอวกาศอะพอลโล ๑๑ ของสหรัฐอเมริกาได้นำนักบินอวกาศลงสู่พื้นผิวดวงจันทร์เมื่อวันที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๑๒ อะพอลโล ๑๗ เป็นยานอวกาศลำสุดท้ายของสหรัฐอเมริกาที่ไปสำรวจดวงจันทร์

<u>ผิวดวงจันทร์</u>

ในการมองดูดวงจันทร์นั้น แม้มองด้วยตาเปล่าก็พอจะเห็นความแตกต่างของลักษณะพื้นที่บนดวงจันทร์ได้อย่างชัดเจนว่า ส่วนหนึ่งเป็นผืนแผ่นดินที่เรียบราบกว้างใหญ่มีสีค่อนข้างคล้ำ นักดาราศาสตร์สมัยก่อนเรียกบริเวณนี้ว่า "ทะเล" (Maria) เพราะคิดว่าสีคล้ำๆที่เห็นนั้นคือน้ำทะเล ซึ่งในปัจจุบันนี้ก็เป็นที่ทราบกันแล้วว่าบนดวงจันทร์นั้นไม่มีน้ำอยู่เลย และบริเวณพื้นที่สีคล้ำนั้นเป็นที่ราบกว้างใหญ่ซึ่งเกิดจากหินละลายจากการระเบิดของภูเขาไฟไหลมาท่วม เมื่อหินละลายนั้นแข็งตัวก็กลายเป็นที่ราบเรียบ มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยหินก้อนเล็กๆและชิ้นส่วนของอุกาบาตที่ตกลงมา ทะเลที่ใหญ่ที่สุดคือ Mare Imbrium (the sea of showers) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า ๑๐๐๐ กิโลเมตร และผิวดวงจันทร์อีกส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่ที่ค่อนข้างสว่าง เป็นพื้นที่เต็มไปด้วยหลุมภูเขาไฟ (creter) เทือกเขา หุบเขา และเป็นพื้นที่สูงกว่าบริเวณที่ราบมาก ถ้ามองดูดวงจันทร์ด้วยกล้องโทรทัศน์จะเห็นเป็นพื้นที่ที่ขรุขระเป็นหลุมมากมาย หลุมภูเขาไฟที่กล่าวถึงเหล่านี้มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีขอบสูงขึ้นมาและตรงกลางมียอดเขาสูง อาจเกิดขึ้นจากอุกาบาตหรือเกิดจากการปะทุของภูเขาไฟ บริเวณรอบๆหลุมภูเขาไฟบางหลุม เช่น Tycho, Copennicus จ.มีแกนสว่างปรากฏเป็นสายแผ่เป็นรัศมีออกไปโดยรอบหลุมภูเขาไฟ ในปัจจุบันนี้ยังไม่ทราบแน่ว่าแถบสว่างนี้คืออะไร

นอกจากนี้จากการศึกษาต่อมาพบว่าภายใต้พื้นผิวบริเวณทะเล (Maria)ลักษณะกลมบนดวงจันทร์ มีมวลก้อนใหญ่หนักฝังจมอยู่ และตั้งชื่อว่า แมสคอน (mascons) ได้มีผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดวงจันทร์ได้พยายามหาเหตุผลว่าทำไมจึงมี

แมสคอนยังจมอยู่ได้ จะเป็นอุกกาบาตขนาดใหญ่วิ่งชนช้าๆแล้วยังจมอยู่ หรือว่าผุดมาจากภายในดวงจันทร์เองขณะที่ดวงจันทร์ยังร้อนหลอมเหลวอยู่

<u>หินดวงจันทร์</u>

หินดวงจันทร์จะมีลักษณะคล้ายกับหินบนโลกแต่แตกต่างกันในรายละเอียด เช่นแร่เพลจิโอเคลส (plagioclase) แร่ไพรอกซีน (pyroxene) แร่อิลมีไนท์ (ilmenite) และแร่โอลิวีน (olivine) จะพบทั่วไปบนดวงจันทร์เช่นเดียวกับบนโลก แต่แร่ titanium เป็นแร่ที่พบมากที่สุดบนดวงจันทร์และมี oxygen เป็นจำนวนน้อย หลักฐานที่แสดงว่า oxygen มีน้อยก็คือพบธาตุเหล็กบริสุทธิ์บนตัวอย่างของหินดวงจันทร์ ในขณะที่เหล็กบนโลกเราจะอยู่ในรูปของสารประกอบซึ่งปกติเป็นสารประกอบที่รวมตัวกับ oxygen และลักษณะเด่นอีกอย่างคือจะมี glass อยู่ทั่วไปทุกแห่งบนดวงจันทร์ปนกับดินและหิน

จากการศึกษาถึงตัวอย่างหินและดินบนดวงจันทร์ทำให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับประวัติของโลกเราไปต่างๆกัน เรื่องราวต่างๆสามารถทราบได้ทั้งอดีตและปัจจุบันมากกว่าการศึกษาตัวอย่างหินในโลกเอง ทั้งนี้เพราะว่าบนดวงจันทร์ไม่มีบรรยากาศและกระแสน้ำเพราะฉนั้นการผุพังทลายไม่เกิดขึ้น หินบนดวงจันทร์ซึ่งใช้วิธี Radio-active dating แสดงให้เห็นว่าการตกผลึกจะเกิดขึ้นก่อนหินบนโลกซึ่งมีอายุเก่าแก่ที่สุด หินบนโลกมีอายุแก่ประมาณ ๓๕๐๐ - ๔๐๐๐ ล้านปี ส่วนตัวอย่างหินดวงจันทร์บางตัวอย่างแสดงว่ามันมีการแข็งตัวหรือเกิดขึ้นเมื่อ ๔๖๐๐ ล้านปี ซึ่งใกล้เคียงกับการเกิดระบบสุริยะคือเกิดภายหลังระบบสุริยะเล็กน้อยเท่านั้น หินที่มีอายุน้อยสุดที่พบบนดวงจันทร์มีอายุ ๓๐๐๐ ล้านปี ทำให้ได้ความคิดว่าพื้นผิวของดวงจันทร์จะต้องมีการหลอมละลายใหม่อีกครั้งหนึ่งและมีการระเบิดของภูเขาไฟทั่วไป ซึ่งการระเบิดของภูเขาไฟนี้จะยุติลงเมื่อประมาณ ๓๐๐๐ ล้านปี ซึ่งมีหลักฐานแสดงให้เห็นบนพื้นผิวดวงจันทร์ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงภายหลังที่มันเย็นตัวลงแล้ว แต่ที่แน่นอนก็คือมีอุกกาบาตหล่นลงมาบนผิวดวงจันทร์

แต่จากการศึกษาความหนาแน่นของหินบริเวณผิวของดวงจันทร์จะมีค่า

เท่ากับความหนาแน่นของดวงจันทร์ทั้งหมด ซึ่งอธิบายได้ว่าดวงจันทร์ทั้งหมดไม่เคยมีการหลอมเหลว ถ้ามันมีการหลอมเหลววัสดุที่มีน้ำหนักมากกว่าจะจมลงไปสะสมกันอย่างหนาแน่นบริเวณใจกลาง และวัสดุที่เบากว่าจะอยู่บริเวณตอนกลางและบริเวณบนๆเช่นเดียวกับในกรณีของโลก บางทีส่วนนอกของดวงจันทร์อาจถูกความร้อนและละลายโดยอุกกาบาตที่หล่นลงมา หรือโดยการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี หรือจากรังสีความร้อนที่รุนแรงของดวงอาทิตย์ ระยะเวลาที่มีการหลอมละลายเกิดขึ้นตั้งแต่ยุคแรก ชั้นที่มีการหลอมละลายมีความลึก ๑๐๐ หรือ ๒๐๐ ไมล์

<u>กำเนิดของดวงจันทร์</u>

ทฤษฎีการเกิดของดวงจันทร์มีอยู่ด้วยกัน ๓ ทฤษฎีคือ

๑. ดวงจันทร์ครั้งแรกเป็นส่วนหนึ่งของโลกและหลุดออกมาจากโลก เป็นอิสระแต่ยังอยู่ใกล้กับโลก

๒. ดวงจันทร์โคจรอยู่ในระบบสุริยะและต่อมาถูกแรงดึงดูดของโลกดึงเข้ามาอยู่ใกล้ เข้ามาโคจรรอบโลก

๓. ดวงจันทร์และโลกเกิดขึ้นพร้อมๆกันเป็น double - planet system.

ปัจจุบันนี้มีนักดาราศาสตร์ทางดวงจันทร์หลายคนกำลังสนใจในทฤษฎีที่ ๒ นี้ เพราะมีข้อมูลบางอย่างที่ทำให้คิดว่าทฤษฎีที่ ๒ เป็นการกำเนิดและประวัติการเป็นมาของดวงจันทร์

<u>๕. ดาวอังคาร</u>

ดาวอังคารเป็นดาวเคราะห์ที่มนุษย์บนโลกเราได้เห็นอยู่บนท้องฟ้าและรู้จักกันดีเป็นเวลาหลายพันปีมาแล้ว ทั้งนี้เพราะความสว่างและสีสรรอันแดงจ้าของมันเป็นสิ่งที่ดึงความสนใจของมนุษย์บนโลก

นับมาตั้งแต่ศตวรรษที่ ๑๙ เป็นต้นมา ได้มีนักดาราศาสตร์ใหญ่ๆหลายท่านได้ทำการสังเกตดาวอังคารโดยใช้กล้องโทรทัศน์ขนาดต่างๆได้ลงความเห็นเหมือนๆกันว่าบนดาวอังคารมีคลอง ลักษณะคลองนั้นเหมือนกับคลองที่ถูกขุดขึ้นเพื่อการเกษตร การ

พบคลองนี้ทำให้เกิดความตื่นเต้นในวงการวิทยาศาสตร์อย่างยิ่ง ได้มีการกล่าวกันโดยทั่วไปว่าบนดาวอังคารจะต้องมีมนุษย์ ต่อมาเมื่อประมาณปลายศตวรรษที่ ๑๙ ต่อต้นศตวรรษที่ ๒๐ นักดาราศาสตร์ได้ตรวจพบว่าในบรรยากาศของดาวอังคารนั้นมีออกซิเจนและไอน้ำ แต่ในปี ค.ศ 1964 (พ.ศ ๒๕๐๗) ได้พบว่าประมาณ ๙๕ เปอร์เซนต์ของบรรยากาศดาวอังคารเป็นไนโตรเจนและมีคาร์บอนไดออกไซด์ ๖ เปอร์เซนต์ ดังนั้นจะเห็นว่าเมื่อเปรียบกับบรรยากาศของโลกเราแล้ว โอกาสที่จะมีสิ่งมีชีวิตอย่างเดียวกับโลกของเราบนดาวอังคารนั้นเป็นไปไม่ได้แน่

ในยุคอวกาศนี้ดาวอังคารได้รับการสำรวจอย่างใกล้ชิดโดยยานมารีนเนอร์ ๔ เป็นครั้งแรกเมื่อ ๑๔ กรกฎาคม ๒๕๐๘ และหลังจากนั้นก็มียานชุดมารีเนอร์ได้เดินทางไปยังดาวอังคารโดยเฉียดเข้าไปใกล้ๆหรือไปวนรอบ นอกจากยานชุดมารีเนอร์ของสหรัฐอเมริกาแล้วก็ยังมียานอวกาศชุดมาร์สของโซเวียตรัสเซียอีกด้วย และในที่สุดยานอวกาศ ๒ ลำของโครงการไวกิ้งของสหรัฐอเมริกาคือ ไวกิ้ง-๑ ลงแตะพื้นดาวอังคารเมื่อวันที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๑๙ บนบริเวณคริสซี แพลนนีเชีย (Chryse Planitia) ซึ่งแปลว่าที่ราบทอง หลังจากใช้เวลารอนแรมอยู่ในอวกาศนาน ๑๑ เดือน คิดเป็นระยะของการเดินทาง ๔๔๐ ล้านไมล์ (๗๐๔ ล้านกิโลเมตร) และไวกิ้ง-๒ หลังจากเข้าสู่วงโคจรรอบดาวอังคารตามกำหนดแล้ว ได้ลงจอดบนดาวอังคารเมื่อ ๓ กันยายน ๒๕๑๙ บนบริเวณยูโทเปีย (Utopia) ซึ่งพื้นที่เต็มไปด้วยก้อนหินภูเขาไฟซึ่งกระเด็นออกมาจากปล่องที่อยู่ใกล้ๆ หินบางก้อนมีลักษณะเป็นรูพรุนไปทั้งก้อนเนื่องจากแก๊สที่หนีออกจากลาวาซึ่งกำลังเย็นตัวลงและสสารเริ่มแข็งตัว

<u>ผิวดาวอังคาร</u>

จากภาพถ่ายพื้นผิวดาวอังคารเต็มไปด้วยหลุมอุกกาบาต ระดับในลักษณะเดียวกับดวงจันทร์ทางซีกด้านใต้เส้นศูนย์สูตรของดาวอังคาร ส่วนพื้นที่ทางซีกด้านเหนือเส้นศูนย์สูตรของดาวอังคารมีร่องรอยของหลุมอุกกาบาตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เหตุผลที่อธิบายถึงความแตกต่างระหว่างบริเวณทั้งสองยังไม่ปรากฏแน่ชัด แต่แนวแบ่งอาณาบริเวณทั้งสองมีหลักฐานแสดงว่าเป็นผิวที่ถูกยุทั้งทำลาย และมีหลักฐานว่าภูเขาไฟ

ทางซีกด้านเหนือเส้นศูนย์สูตรของดาวอังคารมีอายุน้อยกว่าภูเขาไฟที่ปรากฏทางซีกด้านใต้ ภูเขาไฟที่ปรากฏทางซีกด้านเหนือเป็นภูเขาไฟชนิด Shield volcanoes นอกจากนี้ผิวดาวอังคารยังมีร่องหุบเขา (canyon) ขนาดใหญ่ที่สุดทอดเป็นแนวยาว ซึ่งยังไม่ทราบแน่ชัดว่ากำเนิดขึ้นมาได้อย่างไร แต่ก็เชื่อว่าเกิดจากการหรุดตัวของเปลือกชั้นนอกของดาวอังคาร

ลักษณะที่เด่นชัดบนพื้นผิวของดาวอังคารอีกอย่างหนึ่งคือ เนื้อที่ส่วนใหญ่ปกคลุมไปด้วยฝุ่นและตะกอนที่มีขนาดของอนุภาคค่อนข้างเล็ก โดยส่วนใหญ่อนุภาคเหล่านี้มีขนาดเล็กกว่าฝุ่นละอองที่พบเห็นทั่วไปบนพื้นโลก ชั้นของตะกอนและฝุ่นละอองดังกล่าวที่ปกคลุมผิวดาวอังคารนี้มีความหนามากกว่า ๑ กิโลเมตรขึ้นไป และบริเวณขั้วทั้งสองของดาวอังคารประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์แข็งหรือน้ำแข็งแห้งเป็นส่วนใหญ่ มีเถ้าภูเขาไฟฝุ่นละอองและน้ำปนอยู่ด้วยเป็นปริมาณเล็กน้อย

นักธรณีวิทยาต่างมีความสนใจในดาวอังคาร โดยเฉพาะพื้นที่ตรงบริเวณที่มีหุบเหวขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้บริเวณที่น่าสนใจอีกแห่งของดาวอังคารคือเทือกเขาสั้นๆเป็นช่วงๆหุบเขาเอียงเทและภูมิประเทศที่ผิดปกติต่างๆมีลักษณะคล้ายเป็นผลเกิดจากภายหลังแผ่นดินถล่มและแผ่นดินไหว

<u>ธาตุบนดาวอังคาร</u>

จากการทดสอบทางเคมีของดินบนดาวอังคารโดยห้องทดลองของยานไวกิ้ง ปรากฏว่าพบธาตุแคลเซียม ซิลิกอน ไทเทเนียม อลูมิเนียม เหล็กและเหล็กออกไซด์ การที่พบเหล็กออกไซด์ปริมาณมากบนพื้นผิวดาวอังคารก็เป็นการยืนยันว่าเท่าที่นักดาราศาสตร์ส่องกล้องหรือมองเห็นดาวอังคารเป็นสีแดงก็เพราะพื้นผิวดาวอังคารเต็มไปด้วยเหล็กออกไซด์นั่นเอง และหินบนดาวอังคารนี้จะมีสีไล่หลากสี

ส่วนในบรรยากาศของดาวอังคารปรากฏว่านอกจากจะมีไนโตรเจน ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนแล้ว ยังพบว่ามีกลุ่มแก๊สพวกคริปตัน และซีนอนอยู่บ้าง นอกจากนี้ยังปรากฏว่ามีอาร์กอนอยู่อีกด้วย