

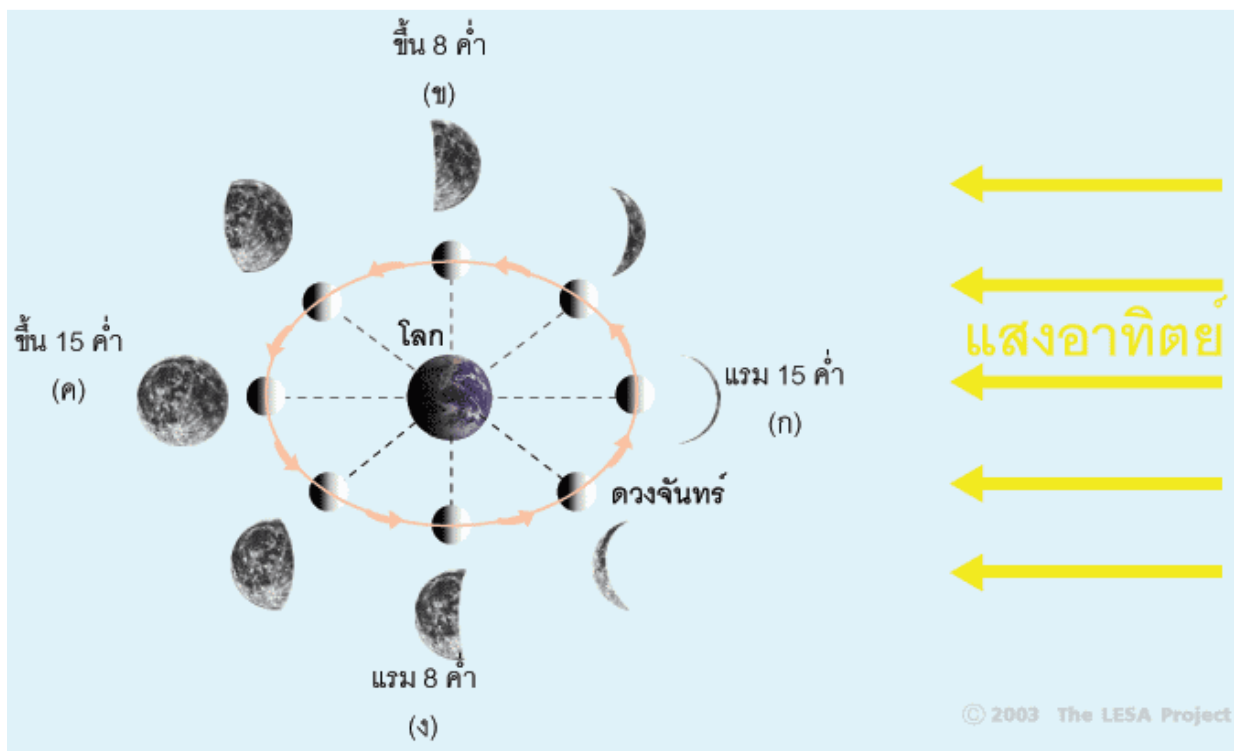
บทที่ 6

ระบบสุริยะ (Solar System)

1. ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ โลกและดวงจันทร์

1.1 ข้างขึ้นข้างแรม

ข้างขึ้นข้างแรม (The Moon's Phases) หมายถึง ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เรามองเห็นดวงจันทร์เปลี่ยนแปลงเป็นเสี้ยว บางคืนก็เสี้ยวเล็ก บางคืนก็เสี้ยวใหญ่ บางคืนสว่างเต็มดวง บางบางคืนก็มีดหมดทั้งดวง การที่เรามองเห็นการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เป็นเพราะ ดวงจันทร์มีรูปร่างเป็นทรงกลม ไม่มีแสงในตัวเอง แต่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ ด้านมืดของดวงจันทร์เกิดจากส่วนโค้งของดวงจันทร์บังแสง ทำให้เกิดเงามืดทางด้านตรงข้ามกับดวงอาทิตย์ เมื่อมองดูดวงจันทร์จากพื้นโลก เราจึงมองเห็นเสี้ยวของดวงจันทร์มีขนาดเปลี่ยนไปเป็นวงรอบ ใช้เวลา 29.5 วัน



ภาพที่ 1 การเกิดข้างขึ้นข้างแรม

คนไทยแบ่งเดือนทางจันทรคติออกเป็น 30 วัน คือ ขึ้น 1 ค่ำ - ขึ้น 15 ค่ำ และ แรม 1 ค่ำ - แรม 15 ค่ำ โดยถือให้วันขึ้น 15 ค่ำ (ดวงจันทร์สว่างเต็มดวง), แรม 1 ค่ำ (ดวงจันทร์มืดทั้งดวง), แรม 8 ค่ำ และขึ้น 8 ค่ำ (ดวงจันทร์สว่างครึ่งดวง)

เป็นวันพระ

- **วันแรม 15 ค่ำ** (รูป ก) เมื่อดวงจันทร์อยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์จะหันแต่ทางด้านมืดให้โลก

นายกัณฑ์ธนากร น้อยเสนา ครูวิชาการ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (nu@mwit.ac.th, Tel.02-8497210)

ดวงจันทร์ปรากฏบนท้องฟ้าในตำแหน่งใกล้กับดวงอาทิตย์ ทำให้เราไม่สามารถมองเห็นดวงจันทร์ได้เลย

- **วันขึ้น 8 ค่ำ** (รูป ข) เมื่อดวงจันทร์เคลื่อนมาอยู่ในตำแหน่งทำมุมฉากกับโลก และดวงอาทิตย์ ทำให้เรามองเห็นด้านสว่างและด้านมืดของดวงจันทร์มีขนาดเท่าๆ กัน
- **วันขึ้น 15 ค่ำ หรือ วันเพ็ญ** (รูป ค) ดวงจันทร์โคจรมาอยู่ด้านตรงข้ามกับดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์หันด้านที่ได้รับแสงอาทิตย์เข้าหาโลก ทำให้เรามองเห็นดวงจันทร์เต็มดวง
- **วันแรม 8 ค่ำ** (รูป ง) ดวงจันทร์โคจรมาอยู่ในตำแหน่งทำมุมฉากกับโลก และดวงอาทิตย์ ทำให้เรามองเห็นด้านสว่างและด้านมืดของดวงจันทร์มีขนาดเท่าๆ กัน

เกร็ดความรู้:

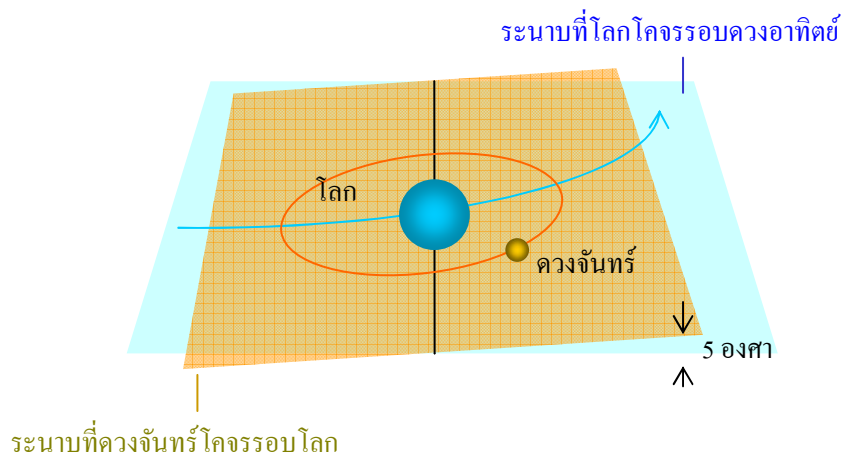
- วันเพ็ญขึ้น 15 ค่ำ ดวงจันทร์อยู่ด้านตรงข้ามกับดวงอาทิตย์ ดังนั้นเราจึงเห็นดวงจันทร์จะขึ้นทางทิศตะวันออก
ขณะที่ดวงอาทิตย์ตกทางทิศตะวันตก
- ดวงจันทร์ขึ้นช้า วันละ 50 นาที
- ข้างขึ้น: เราจะเห็นดวงจันทร์ในช่วงหัวค่ำ
- ข้างแรม: เราจะเห็นดวงจันทร์ในช่วงรุ่งเช้า
- ในช่วงเวลาที่ดวงจันทร์ปรากฏเป็นเสี้ยวบาง แต่เราก็สามารถมองเห็นด้านมืดของดวงจันทร์ได้ เป็นเพราะแสงอาทิตย์ส่องกระทบพื้นผิวโลก แล้วสะท้อนไปยังดวงจันทร์ เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “เอิร์ธไชน์” (Earth Shine)



ภาพที่ 2 แสงอาทิตย์สะท้อนจากโลก ทำให้เรามองเห็นส่วนมืดของดวงจันทร์

1.2 สุริยุปราคา (Solar Eclipse)

“สุริยุปราคา” หรือ “สุริยคราส” เกิดจากการที่ดวงจันทร์โคจรผ่านหน้าดวงอาทิตย์ เราจึงมองเห็นดวงอาทิตย์ค่อยๆ แห้งมากขึ้น จนกระทั่งมืดหมดดวง และโผล่กลับมาอีกครั้ง คนในสมัยโบราณเชื่อว่า “ราหูอมดวงอาทิตย์” สุริยุปราคาจะเกิดขึ้นเฉพาะในวันแรม 15 ค่ำ แต่ไม่เกิดขึ้นทุกเดือน เนื่องจากระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ และระนาบที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก มีใช้ระนาบเดียวกัน หากตัดกันเป็นมุม 5 องศา (ภาพที่ 1) ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดสุริยุปราคาบนพื้นผิวโลก จึงมีเพียงประมาณปีละ 1 ครั้ง และเกิดไม่ซ้ำที่กัน เนื่องจากเงาของดวงจันทร์ที่ทาบบนพื้นผิวโลก ครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็ก และโลกหมุนที่รอบตัวเองอย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 3 ระนาบที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกทำมุม 5° กับระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์

เงาของดวงจันทร์

ดวงจันทร์เคลื่อนที่บังแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดเงาขึ้น 2 ชนิด คือ เงามืด และเงามัว

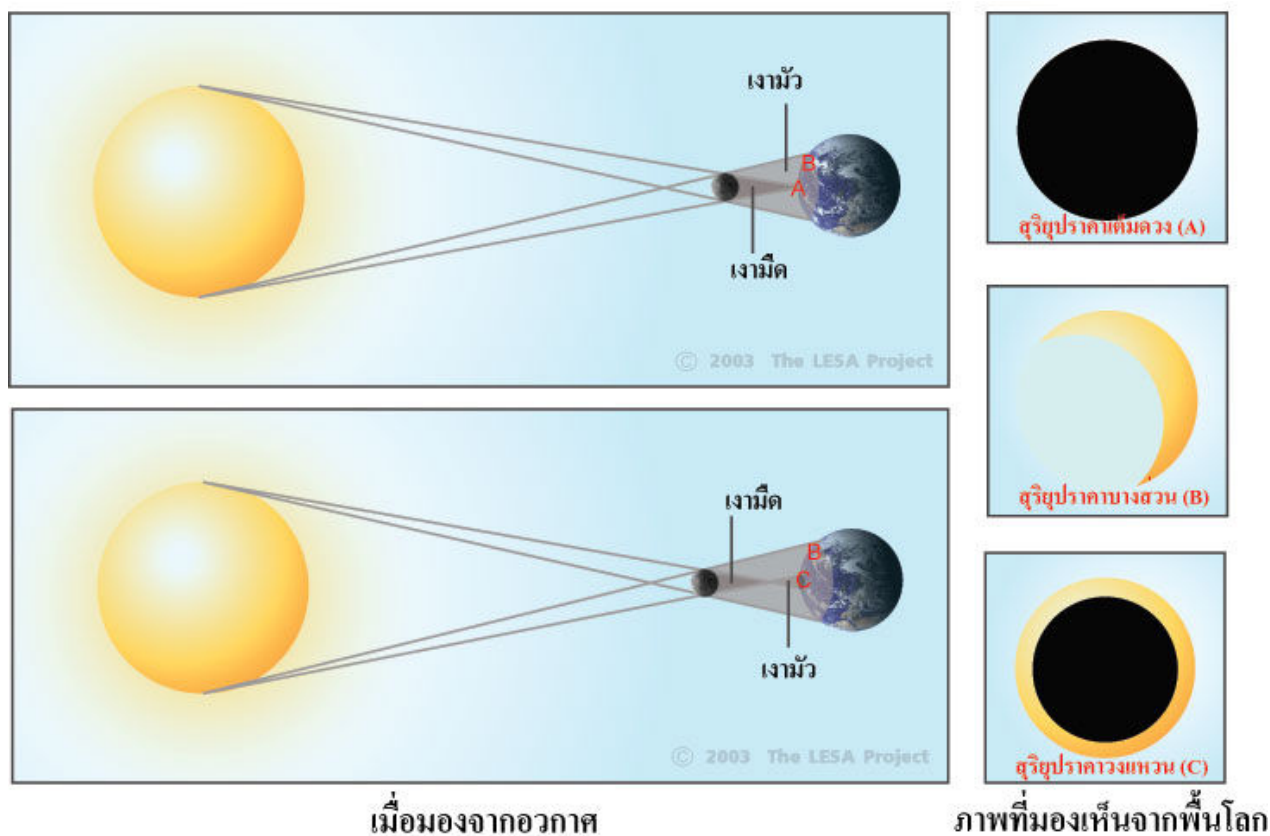
- **เงามืด (Umbra)** เป็นส่วนที่มืดที่สุด เนื่องจากดวงจันทร์บดบังดวงอาทิตย์จนหมดสิ้น ถ้าหากเข้าไปอยู่ในเงามืด เราจะสามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้เลย
- **เงามัว (Penumbra)** ไม่มืดมากนักเนื่องจากได้รับแสงเป็นบางส่วนจากอาทิตย์ ถ้าหากเราเข้าไปอยู่ในเงามัว เราจะมองเห็นบางส่วนของดวงอาทิตย์โผล่พ้นส่วนโค้งของดวงจันทร์ออกมา

สุริยุปราคา 3 ชนิด

- **สุริยุปราคาเต็มดวง (Total Solar Eclipse)** เกิดขึ้นเมื่อผู้สังเกตการณ์อยู่ในตำแหน่งเงามืดบนพื้นผิวโลก (A) ดวงจันทร์จะบังดวงอาทิตย์จนหมดสิ้น

- สุริยุปราคาบางส่วน (Partial Solar Eclipse) เกิดขึ้นเมื่อผู้สังเกตการณ์อยู่ในตำแหน่งของเงามัว (B) จึงมองเห็นดวงอาทิตย์เป็นสว่างเป็นเสี้ยว

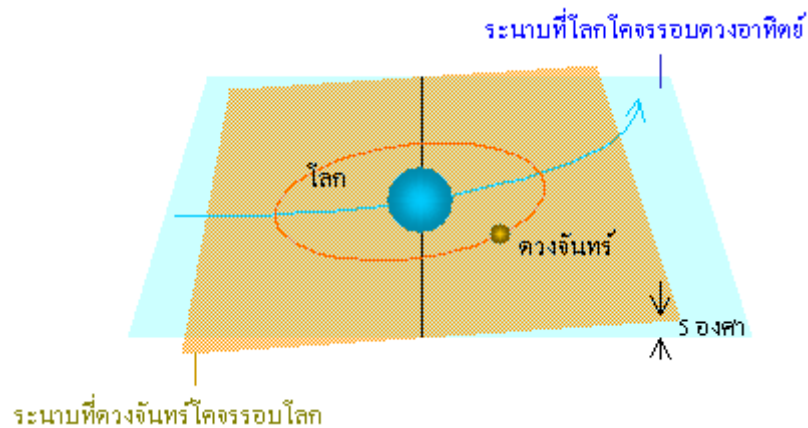
สุริยุปราคาวงแหวน (Annular Solar Eclipse) เนื่องจากวงโคจรของดวงจันทร์เป็นรูปวงรี บางครั้งดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลกมากเกินไปจนเงามืดของดวงจันทร์จะทอดยาวไม่ถึงผิวโลก (C) ดวงจันทร์จะมีขนาดปรากฏเล็กกว่าดวงอาทิตย์ ทำให้ผู้สังเกตการณ์มองเห็นดวงอาทิตย์ปรากฏเป็นรูปวงแหวน



ภาพที่ 4 การเกิดสุริยุปราคา

1.3 จันทรุปราคา (Lunar Eclipse)

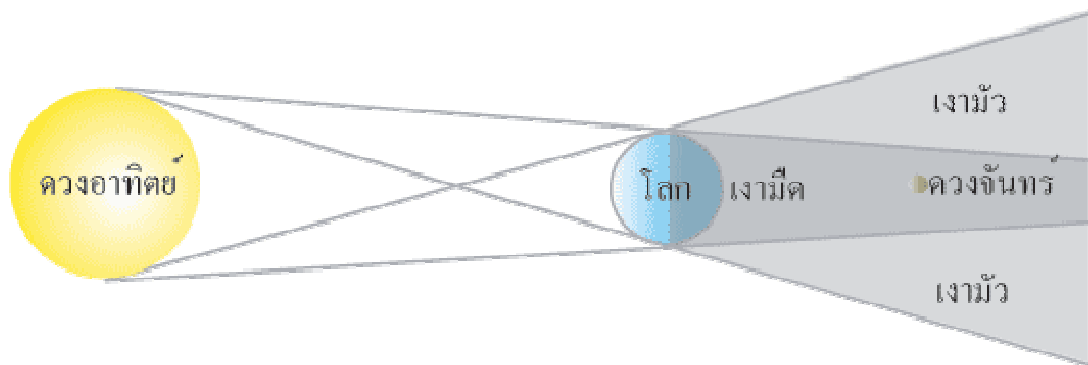
“จันทรุปราคา” หรือ “จันทรคราส” เกิดจากการที่ดวงจันทร์โคจรผ่านเข้าไปในเงาของโลก เราจึงมองเห็นดวงจันทร์ค่อยๆ แห้งมากขึ้น จนหมดดับดวงและโผล่กลับขึ้นมาอีกครั้ง อย่างที่คนสมัยโบราณเรียกว่า “ราหูอมจันทร์” จันทรุปราคาจะเกิดขึ้นเฉพาะในคืนวันเพ็ญ 15 ค่ำ หรือคืนวันพระจันทร์เต็มดวง อย่างไรก็ตามปรากฏการณ์จันทรุปราคา มีสามารถเกิดขึ้นทุกเดือน เนื่องจากระยะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ และระยะที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก มีใช้ระยะเดียวกัน หากตัดกันเป็นมุม 5 องศา (ภาพที่ 1) ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดจันทรุปราคา จึงมีเพียงประมาณปีละ 1-2 ครั้ง โดยที่สามารถมองเห็นจากประเทศไทย ได้เพียงปีละ 1 ครั้ง



ภาพที่ 5 ระนาบที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกทำมุม 5° กับระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์

เงาของโลก

โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง หากแต่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ ด้านที่หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์เป็นกลางวัน ส่วนด้านที่หันหลังให้ดวงอาทิตย์เป็นกลางคืน การที่โลกบังแสงอาทิตย์ในอวกาศบังเกิดเงา 2 ชนิด คือ เงามืด และเงามัว



ภาพที่ 6 การเกิดจันทรุปราคา

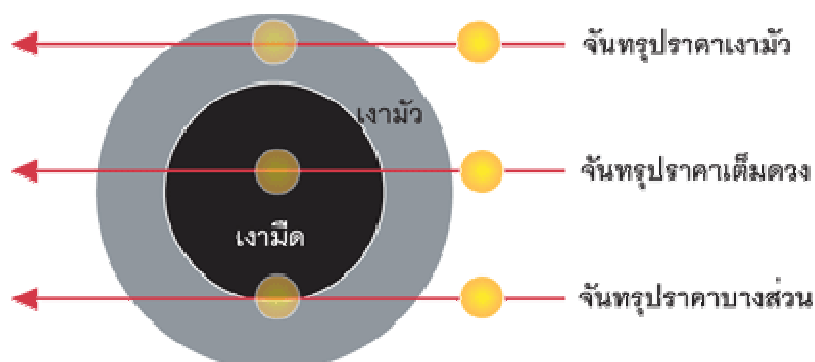
- **เงามืด (Umbra)** เป็นส่วนที่มีมืดที่สุด เนื่องจากโลกบดบังดวงอาทิตย์จนหมดสิ้น เราสามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้เลย หากเข้าไปอยู่ในตำแหน่งใด ๆ ในเงามืด
- **เงามัว (Penumbra)** เป็นส่วนที่ไม่มีมืดสนิท เนื่องจากโลกบดบังดวงอาทิตย์เป็นบางส่วนไม่ทั้งดวง ถ้าเราเข้าไปอยู่ในตำแหน่งใด ๆ ในเงามัว เราจะมองเห็นบางส่วนของดวงอาทิตย์โผล่พ้นส่วนโค้งของโลก

จันทรุปราคา 3 ชนิด

- **จันทรุปราคาเต็มดวง (Total Lunar Eclipse)** เกิดขึ้นเมื่อดวงจันทร์ทั้งดวงเข้าไปอยู่ในเงามืดของโลก
- **จันทรุปราคาบางส่วน (Partial Lunar Eclipse)** เกิดขึ้นเมื่อบางส่วน of ดวงจันทร์เฉียดผ่านเงามัว
- **จันทรุปราคาเงามัว (Penumbra Lunar Eclipse)** เกิดขึ้นเมื่อดวงจันทร์โคจรผ่านเข้าไปในเงามัวของโลก โดยมีได้เฉียดกายเข้าไปในเงามืดแม้แต่น้อย ดวงจันทร์จึงยังคงมองเห็นเต็มดวงอยู่ แต่ความ

สว่างลดน้อยลง สีออกส้มแดง
มักจะผ่านเข้าไปในเงามืดด้วย

จันทรุปราคาชนิดนี้หาโอกาสดูได้ยาก เพราะโดยทั่วไปดวงจันทร์



ภาพที่ 7 จันทรุปราคาชนิดต่าง ๆ

จันทรุปราคาเต็มดวงจะเกิดขึ้นเฉพาะในคืนที่ดวงจันทร์เต็มดวง เมื่อดวงจันทร์อยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกับดวงอาทิตย์ โดยมีโลกอยู่ตำแหน่งกลาง ผู้สังเกตการณ์อยู่ในตำแหน่งใดๆ บนซีกมืดของโลก (หรือกลางคืน) จะมองเห็นดวงจันทร์โคจรผ่านเงามืดด้วยความเร็ว 1 ก.ม.ต่อวินาที และด้วยเงามืดของโลกมีขนาดจำกัด ดังนั้นดวงจันทร์จะอยู่ในเงามืดได้นานที่สุดเพียง 1 ชั่วโมง 42 นาที เท่านั้น

วันที่	เปอร์เซ็นต์การบดบัง	ช่วงเวลาดังเต็มดวง
16 ก.ค.43	100%	1 ชั่วโมง 42 นาที
10 ม.ค.44	100%	1 ชั่วโมง 2 นาที
5 ก.ค.44	50%	-
16 พ.ค.46	100%	52 นาที
9 พ.ย.46	100%	24 นาที
5 พ.ค.47	100%	1 ชั่วโมง 16 นาที
28 ต.ค.47	100%	1 ชั่วโมง 22 นาที

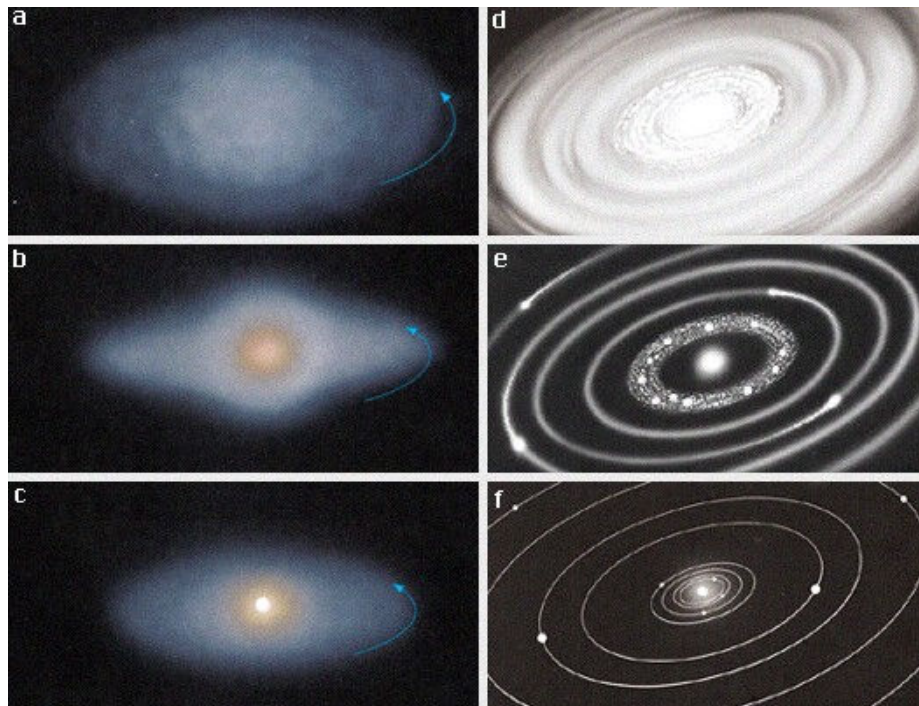
ตารางที่ 1 แสดงวันที่เกิดจันทรุปราคาเต็มดวง

2. กำเนิดระบบสุริยะและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ

ระบบสุริยะประกอบด้วยดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ 8 ดวงและดวงจันทร์บริวารของดาวเคราะห์รวมกว่า 144 ดวง ดาวหางและอุกกาบาต วัตถุทั้งหมดในระบบสุริยะล้วนโคจรรอบดวงอาทิตย์ไปในทิศทางเดียวกันและมีระนาบทางโคจรเกือบตั้งฉากกับแกนหมุนของดวงอาทิตย์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ามวลสารเหล่านี้เกิดมาพร้อมกับดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์มีมวลมากที่สุดจึงเป็นจุดศูนย์กลางของระบบสุริยะ โดยมีแรงโน้มถ่วงยึดให้ดาวเคราะห์ทั้งหลายโคจรอยู่โดยรอบ

ดวงอาทิตย์ก่อกำเนิดขึ้นจากกลุ่มก๊าซและฝุ่น ที่เรียกว่า โซลาร์เนบิวลา (Solar Nebula) เมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีที่ผ่านมา ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

- 1) ด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของกลุ่มก๊าซและฝุ่นในโซลาร์เนบิวลาซึ่งหมุนรอบตัวเองทำให้ยุบตัวลงอย่างช้าๆ
- 2) ก๊าซและฝุ่นส่วนใหญ่ยุบตัวลงทำให้ใจกลางของโซลาร์เนบิวลามีความกดดันสูงขึ้น และหมุนรอบตัวเองเร็วขึ้นเรื่อยๆ เป็นผลให้เศษฝุ่นและก๊าซที่เหลือโคจรรอบแกนหมุน มีรูปร่างเหมือนเป็นจานแบน ฝุ่นและก๊าซบางส่วนถูกแรงออกมาจากแกนหมุน
- 3) เมื่อมีอายุได้ประมาณ 100,000 ปี อุณหภูมิที่ใจกลางสูงถึง 15 ล้านเคลวิน จึงเริ่มเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ขึ้นที่แกนกลาง เกิดเป็นดวงอาทิตย์ที่มีอายุน้อยส่องสว่างแต่ยังถูกห้อมล้อมไปด้วยก๊าซและฝุ่นที่เหลือเป็นจำนวนมาก
- 4) เมื่อเวลาผ่านไปหลายสิบล้านปี ก๊าซและฝุ่นที่เหลือชนกันไปมา ทำให้บางส่วนเกาะติดกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิและแรงโน้มถ่วงที่สูงกว่าบริเวณที่ห่างออกไป
- 5) ก๊าซและฝุ่นบริเวณขอบนอกอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและได้รับอิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงน้อยกว่าบริเวณที่ใกล้ดวงอาทิตย์ จึงยุบรวมตัวกันอย่างช้าๆ ก่อตัวเป็นดาวเคราะห์ขนาดใหญ่ที่เต็มไปด้วยก๊าซเป็นจำนวนมาก
- 6) ใช้เวลานับร้อยล้านปี ดาวเคราะห์ต่างๆ จึงจะมีรูปร่างที่เกือบสมบูรณ์ เศษหินและฝุ่นที่เหลือกลายเป็นดาวเคราะห์น้อย ดวงจันทร์บริวารและวงแหวนของดาวเคราะห์ รวมทั้งวัตถุขนาดเล็กและดาวหาง



รูปที่ 8 แสดงลำดับขั้นตอนการเกิดระบบสุริยะจากกลุ่มก๊าซยุบตัวลงด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วง มาเป็นดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์ต่างๆ
(ภาพจากหนังสือ Discovering the Universe 6th edition)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางกายภาพของดาวเคราะห์									
ดาวเคราะห์ ข้อมูล ทางกายภาพ	พุธ	ศุกร์	โลก	อังคาร	พฤหัสบดี	เสาร์	ยูเรนัส	เนปจูน	พลูโต
ระยะทางเฉลี่ย จากดวง อาทิตย์ (ล้าน กิโลเมตร)	57.9	108.2	149.6	227.9	778.3	1,431. 9	2,877. 4	4,497. 8	5,914. 7
ระยะทางเฉลี่ย จากดวง อาทิตย์ (หน่วยดาราศาสตร์:AU*)	0.39	0.72	1.00	1.52	5.20	9.57	19.19	30.07	39.54
คาบการโคจร รอบดวง อาทิตย์ (ปี)	0.24	0.62	1.00	1.88	11.86	29.37	84.10	164.86	248.60
ระนาบทาง โคจรเอียงทำ มุมกับระนาบ ทางโคจรของ โลกรอบดวง อาทิตย์ (องศา)	7.00	3.39	0.00	1.85	1.30	2.48	0.77	1.77	17.12
ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (กิโลเมตร)	4,880	12,104	12,756	6,794	142,98 4	120,53 6	51,118	49,528	2,300
ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (เท่า ของเส้นผ่าน ศูนย์กลางโลก)	0.38	0.95	1.00	0.53	11.21	9.45	4.01	3.88	0.18
มวล (กิโลกรัม)	3.30×10^{23}	4.87×10^{24}	5.97×10^{24}	6.42×10^{23}	1.90×10^{27}	5.69×10^{26}	8.68×10^{25}	1.02×10^{26}	1.31×10^{22}
ความหนาแน่น เฉลี่ย (กิโลกรัม	5,430	5,243	5,515	3,934	1,326	687	1,318	1,638	2,000

ต่อลูกบาศก์ เมตร)									
จำนวนดวง จันทร์บริวาร	0	0	1	2	39	30	21	8	1

หมายเหตุ

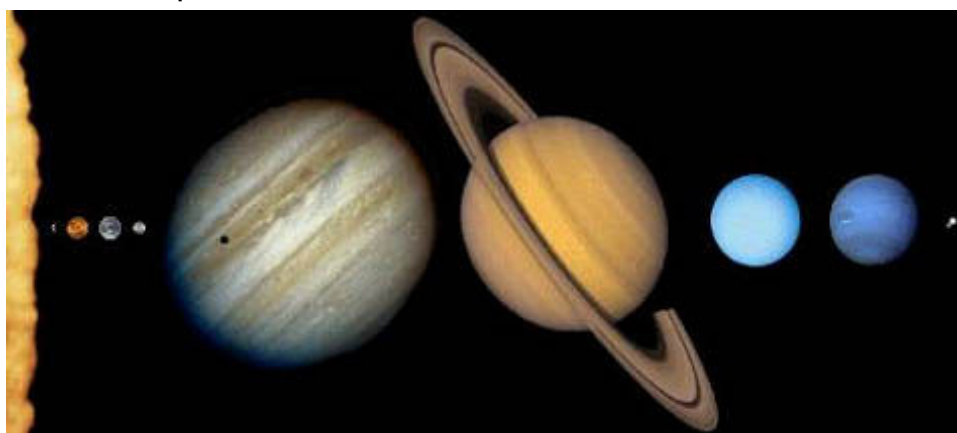
*หน่วยดาราศาสตร์ (Astronomical Unit : AU) คือ ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ = 149.6 ล้านกิโลเมตร

ที่มาข้อมูลจำนวนดวงจันทร์บริวารของดาวเคราะห์ จาก Jet Propulsion Laboratory, NASA, 2002

ระบบสุริยะประกอบด้วย

1. ดวงอาทิตย์ เป็นดาวฤกษ์ขนาดกลางที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด และเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ
2. ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะคือวัตถุขนาดใหญ่ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ มีทั้งหมด 8 ดวง ได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส และดาวเนปจูน เรียกรวมเป็นดาวอัฐเคราะห์
3. ดวงจันทร์หรือดาวบริวาร คือ วัตถุที่โคจรรอบดาวเคราะห์
4. ดาวเคราะห์แคระและวัตถุขนาดเล็กอื่นๆ ที่ประกอบกันเป็นวงแหวนโคจรรอบดาวเคราะห์
5. ดาวเคราะห์น้อย คือ วัตถุที่มีขนาดเล็กกว่าดาวเคราะห์ ส่วนใหญ่มีวงโคจรอยู่ระหว่างดาวอังคาร กับ ดาวพฤหัสบดี
6. ดาวเคราะห์แคระ คือ วัตถุคล้ายกับดาวเคราะห์โดยที่มีวงโคจรแตกต่างกับดาวเคราะห์ และดาวเคราะห์แคระนี้เป็นวัตถุในระบบสุริยะที่หลุดจากเงื่อนไขของการเป็นดาวเคราะห์ โดยดาวเคราะห์แคระที่ทางสหพันธ์ดาราศาสตร์สากลยอมรับแล้วมี 3 ดวง คือ Pluto Ceres และ 2003UB₃₁₃
7. ดาวหาง คือ วัตถุที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำแข็ง มีวงโคจรที่มีความรีสูงซึ่งจะโคจรกลับมาให้เห็นอีกครั้ง หรือดาวหางอาจมีวงโคจรเป็นรูปไฮเพอร์โบลาซึ่งจะปรากฏให้เห็นเพียงครั้งเดียว

3. ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ



รูปที่ 9 แสดงดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ

© Calvin J. Hamilton

คำว่า ดาวเคราะห์ หรือ PLANET มาจากภาษากรีก ซึ่งแปลว่า นักเดินทางที่ไร้จุดหมาย (wanderer) ตั้งขึ้นเมื่อชาวกรีกสังเกตพบว่าดาวเคราะห์นั้นเคลื่อนที่ไปบนท้องฟ้าโดยมีตำแหน่งที่ไม่คงที่ เมื่อเทียบกับดาวฤกษ์ดวงอื่นๆ ดาวเคราะห์ทุกดวงเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ตามเส้นทางที่คงที่ เรียกว่า เส้นทางโคจรหรือ วงโคจร เมื่อไม่นานมานี้มีการค้นพบว่า ดาวฤกษ์ที่อยู่ห่างจากเราออกไปนั้นก็มีดาวเคราะห์เป็นบริวารอยู่หลายดวง เช่นเดียวกันกับดวงอาทิตย์ของเรา

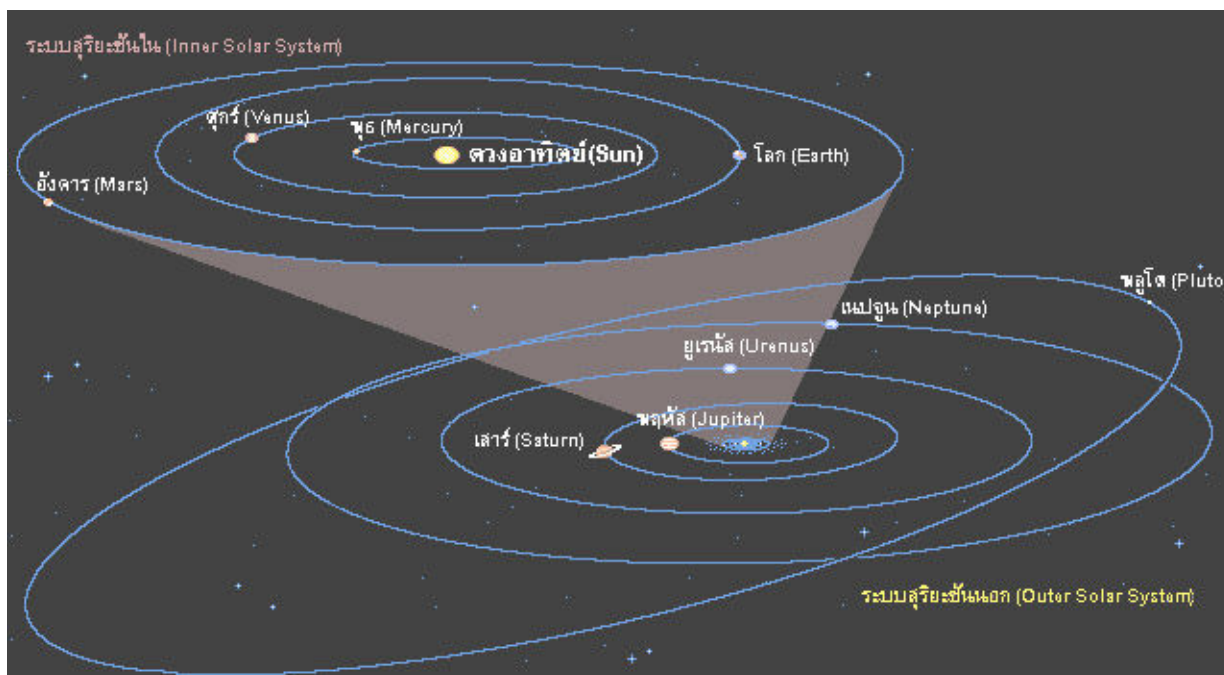
ดาวเคราะห์ส่วนใหญ่นั้นจะมีดวงจันทร์บริวารอยู่หลายดวง ดาวเคราะห์ขนาดใหญ่เป็นดาวเคราะห์ก๊าซ มีวงแหวนล้อมรอบได้แก่ ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส และดาวเนปจูน วงแหวนดาวเสาร์นับว่ามีขนาดใหญ่และสวยงามที่สุดในบรรดาดาวเคราะห์เหล่านี้ เราสามารถสังเกตวงแหวนดาวเสาร์ด้วยกล้องดูดาวขนาดเล็กได้ วงแหวนของดาวเคราะห์นั้นประกอบไปด้วยเศษหินและน้ำแข็งอยู่เป็นจำนวนมาก มีขนาดแตกต่างกันไป อาจมีขนาดเล็กเท่ากับผุ่น จนถึงขนาดเท่าก้อนหินก้อนโตเท่าบ้าน

เราสามารถจำแนกดาวเคราะห์ทั้ง 8 ดวงออกเป็น ดาวเคราะห์ชั้นใน ซึ่งได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร ซึ่งมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีพื้นผิวเป็นของแข็ง และโคจรรอบใกล้กับดวงอาทิตย์ เมื่อเทียบกลับดาวเคราะห์ชั้นนอก อันได้แก่ ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส ดาวเนปจูน ที่มีขนาดใหญ่และมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก๊าซและโคจรรอบห่างจากดวงอาทิตย์มาก

ดาวเคราะห์ต่างๆ และดวงจันทร์บริวารของดาวเคราะห์เหล่านี้มีพื้นผิวเป็นของแข็ง จะเต็มไปด้วยหลุมบ่อ อันเนื่องมาจากการพุ่งชนของดาวหางและอุกกาบาต ดังนั้นการศึกษาหลุมบ่อเหล่านี้ทำให้เราสามารถทราบถึงอดีตของดาวเคราะห์แต่ละดวงได้ การส่งยานสำรวจอวกาศไปยังดาวเคราะห์ต่างๆ ก็ยังช่วยให้เราค้นพบวงแหวนของดาวเคราะห์และดวงจันทร์บริวารเพิ่มขึ้น และยังสามารถถ่ายภาพและทำแผนที่พื้นผิวของดาวเคราะห์ ตลอดทั้งดวงจันทร์บริวารได้อย่างละเอียด

4. วงโคจรของดาวเคราะห์

วงโคจรของดาวเคราะห์มีลักษณะเป็นรูปวงรีและอยู่ในระนาบที่เกือบตั้งฉากกับแกนหมุนของดวงอาทิตย์ (ยกเว้นดาวพลูโตที่มีวงโคจรเอียงทำมุมถึง 17 องศา) มีก๊อห์นวัตตุนับล้านๆ ชิ้นโคจรอยู่ระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี เรียกว่า แถบดาวเคราะห์น้อย (Asteroid Belt) แรงโน้มถ่วงของดาวพฤหัสบดีทำให้วัตถุเหล่านี้ไม่สามารถรวมตัวกันและกลายเป็นดาวเคราะห์ได้



รูปที่ 10 แสดงการแบ่งวงโคจรของดาวเคราะห์วงนอกและวงใน

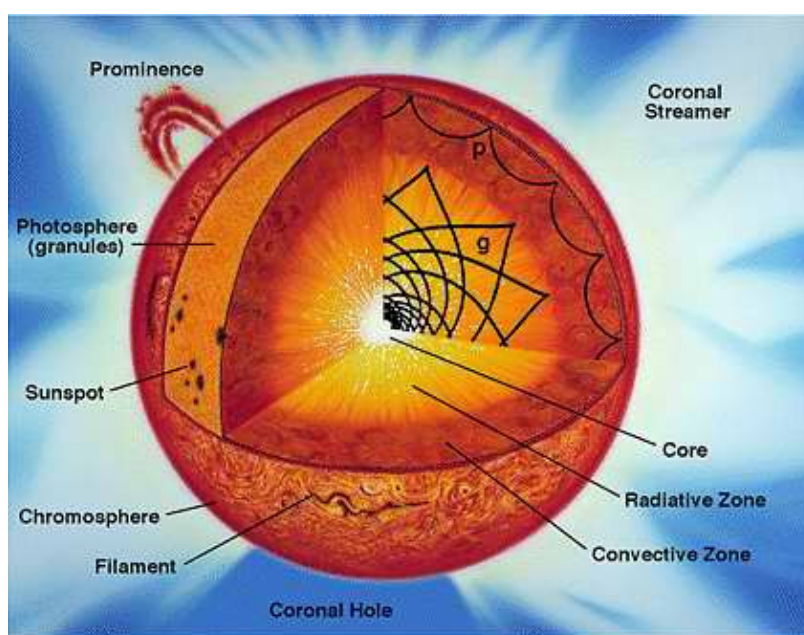
เราสามารถจินตนาการได้ว่าระบบสุริยะของเรากว้างใหญ่เพียงใด โดยเริ่มเปรียบเทียบจากระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ซึ่งแสงอาทิตย์ที่เดินทางด้วยความเร็วถึง 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที ต้องใช้เวลาเดินทางประมาณ 8 นาทีจึงจะมาถึงโลก แสงอาทิตย์ต้องใช้เวลาถึง 43 นาทีในการเดินทางถึงดาวพฤหัสบดี และใช้เวลาเกือบ 7 ชั่วโมงเพื่อที่จะไปถึงดาวพลูโตที่อยู่ไกลที่สุดจากดวงอาทิตย์

5. ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกของเรามากที่สุด อยู่ห่างประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกเป็นอันดับสองคือ ดาวพรอกซิมาเซนทอรี ซึ่งอยู่ใกล้กว่าดวงอาทิตย์ถึง 268,000 เท่า พลังงานความร้อนและแสงสว่างจากดวงอาทิตย์เกื้อกูลชีวิตบนโลก พืชสีเขียวที่เป็นแหล่งอาหารพื้นฐานของโลกใช้แสงอาทิตย์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ความสัมพันธ์ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ยังทำให้เกิดฤดูกาล กระแสน้ำในมหาสมุทร ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

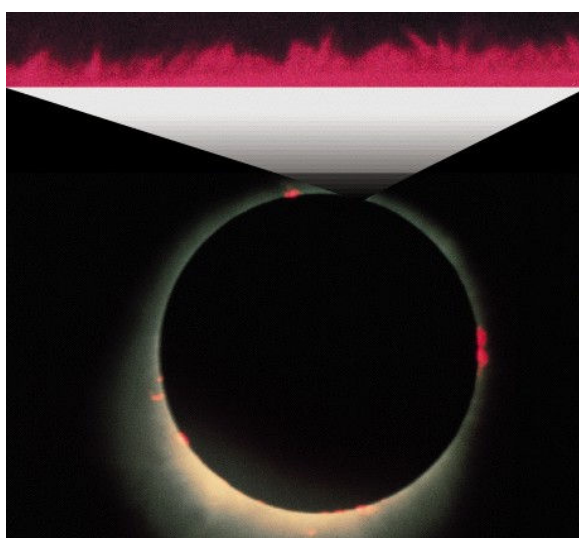
โครงสร้างของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีมวลมหาศาลเมื่อเทียบกับโลก (มากกว่าโลกถึง 333,400 เท่า) อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงทำให้แกนกลาง (Core) ของดวงอาทิตย์มีความดันและอุณหภูมิสูงมาก (มีความดันสูงเป็นพันล้านเท่าของความดันบรรยากาศโลก และมีความหนาแน่นประมาณ 160 เท่าของความหนาแน่นของน้ำ) อุณหภูมิที่แกนกลางของดวงอาทิตย์สูงถึง 16 ล้านเคลวิน สูงพอสำหรับการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (Nuclear Fusion) ซึ่งหลอมไฮโดรเจนให้กลายเป็นฮีเลียม และปลดปล่อยพลังงานออกมาอย่างมหาศาล พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยออกมาในแต่ละวินาทีสูงถึง 383,000 ล้านล้านล้าน กิโลวัตต์ หรือเท่ากับการระเบิดของลูกระเบิดทีเอ็นทีปริมาณ 100,000 ล้านตัน

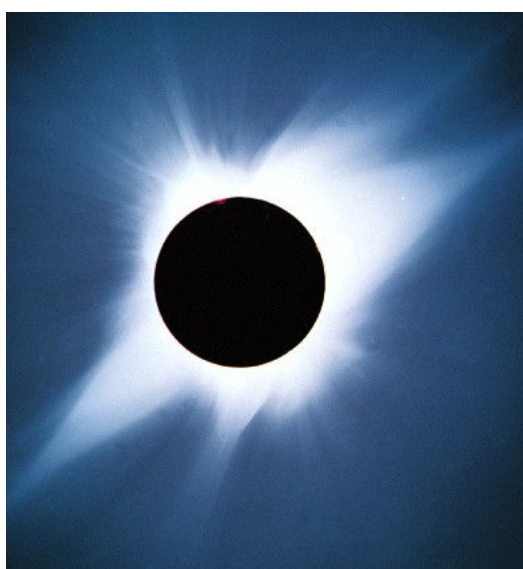


รูปที่ 11 ภาพตัดขวาง แสดงโครงสร้างภายในและชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์

โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์ถัดจากแกนกลางออกมา คือ โซนการแผ่รังสี (Radiative Zone) และโซนการพาหึ่ง (Convective Zone) ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงจาก 8 ล้านเคลวิน เป็น 7,000 เคลวิน โฟตอนที่เกิดในแกนกลางของดวงอาทิตย์จะใช้เวลายาวนานถึง 200,000 ปี ในการเดินทางผ่านโซนทั้งสองออกมาสู่พื้นผิวของดวงอาทิตย์ที่เรียกว่า ชั้นโฟโตสเฟียร์ (Photosphere) มีความหนาประมาณ 500 กิโลเมตร ก๊าซร้อนในชั้นโฟโตสเฟียร์ของดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิประมาณ 5,500 องศาเซลเซียส เป็นต้นกำเนิดของแสงอาทิตย์ที่เราเห็นจากโลก ในชั้นนี้ยังมีปรากฏการณ์อื่นๆ เช่น การพุ่งของพวยก๊าซ (Prominences) การลุกจ้า (Flare) และการเกิดจุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots) ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์ ถัดจากชั้นโฟโตสเฟียร์ขึ้นไปถึง 10,000 กิโลเมตรเรียกว่า ชั้นโครโมสเฟียร์ (Chromosphere) มีอุณหภูมิประมาณ 10,000 องศาเซลเซียส บรรยากาศชั้นนอกสุดของดวงอาทิตย์แผ่ออกไปไกลหลายล้านกิโลเมตร เรียกว่า คอโรนา (Corona) มีอุณหภูมิสูงถึง 2 ล้านองศาเซลเซียส



รูปที่ 12 บรรยากาศชั้นโครโมสเฟียร์ (สีแดง)

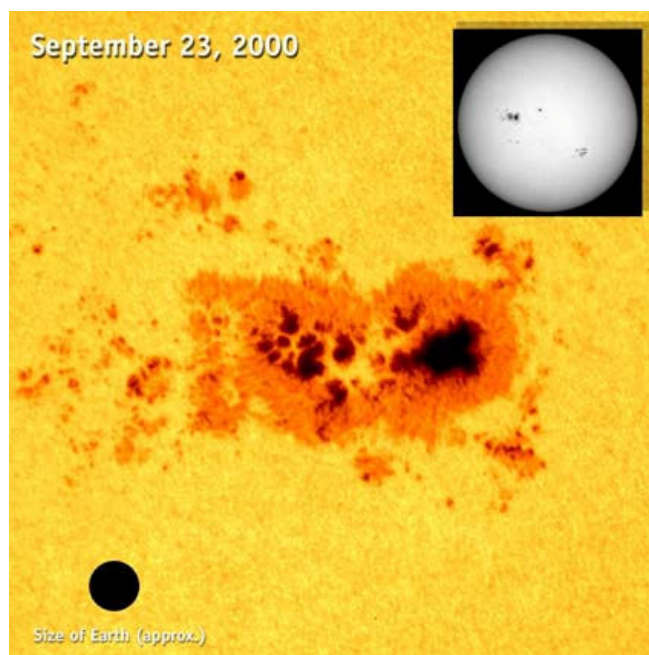


รูปที่ 13 บรรยากาศชั้นคอโรนาของดวงอาทิตย์ที่แผ่ออกไปไกลหลายล้านกิโลเมตร

สามารถสังเกตเห็นได้ในขณะที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวง

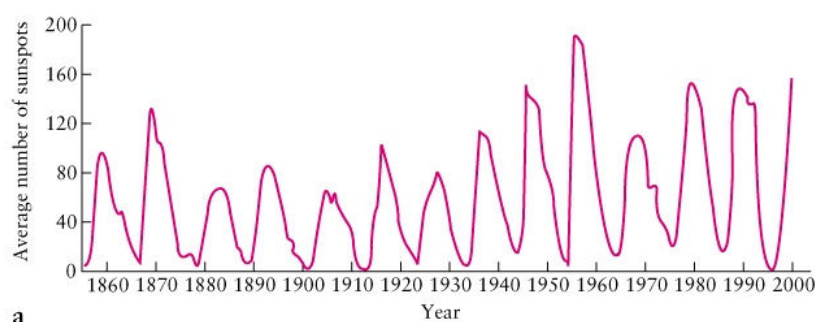
จุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots)

จากภาพถ่ายของพื้นผิวดวงอาทิตย์ มีบริเวณที่เป็นจุดสีดำ หรือที่เรียกว่า จุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์ที่กักเก็บความร้อนไว้ให้พุ่งขึ้นมาสู่ผิวในบริเวณนั้น จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณข้างเคียง จากภาพถ่ายจะเห็นว่าบริเวณใจกลางของจุดบนดวงอาทิตย์จะมีดสนิท บริเวณนี้เรียกว่า อัมบรา (Umbra) ส่วนบริเวณขอบนอกของจุดบนดวงอาทิตย์นั้นสว่างกว่าบริเวณใจกลาง เรียกบริเวณนี้ว่า ฟินัมบรา (Penumbra) จากภาพจะเห็นว่า จุดบนดวงอาทิตย์นั้นบางจุดอาจมีขนาดใหญ่กว่าโลกหลายเท่า



รูปที่ 14 จุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots) แสดงบริเวณอัมบราและฟินัมบรา เปรียบเทียบกับขนาดของโลก

นักดาราศาสตร์สังเกตพบว่าจุดบนดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งตำแหน่งที่ปรากฏและจำนวนจุด โดยมีคาบการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 11 ปี เรียกว่า รอบการเปลี่ยนแปลงของจุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots cycle) ปรากฏการณ์อื่นๆ บนดวงอาทิตย์ยังมีรอบการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับรอบการเปลี่ยนแปลงของจุดบนดวงอาทิตย์ ด้วย เช่น การเกิดการระเบิดจ้า (Solar Flare) เป็นต้น

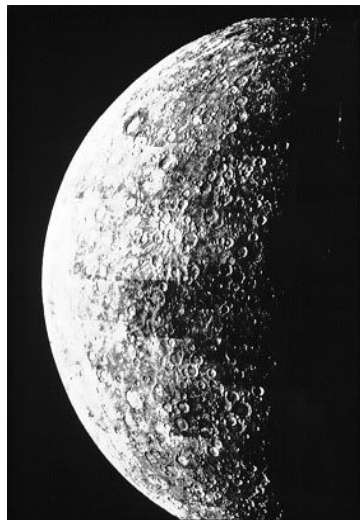


รูปที่ 15 กราฟแสดงรอบการเปลี่ยนแปลงของจุดบนดวงอาทิตย์ แกนนอนแสดงปี ค.ศ. แกนตั้งแสดง
จำนวนจุดบนดวงอาทิตย์

ตารางที่ 2 ข้อมูลดวงอาทิตย์

ชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์	G2 V
อายุ	4,500 ล้านปี
ระยะห่างเฉลี่ยจากโลก	150 ล้านกิโลเมตร
อัตราเร็วในการหมุนรอบตัวเอง (ที่เส้นศูนย์สูตร)	26.8 วัน
อัตราเร็วในการหมุนรอบตัวเอง (ที่ขั้ว)	36 วัน
เส้นผ่านศูนย์กลาง	1.4 ล้านกิโลเมตร
มวล	1.99×10^{30} กิโลกรัม
ส่วนประกอบ	ไฮโดรเจน 92.1%, ฮีเลียม 7.8% และธาตุอื่นๆ 0.1%
อุณหภูมิที่พื้นผิว (โฟโตสเฟียร์)	5,780 เคลวิน
พลังงานที่ให้ออกมา (กำลังส่องสว่าง)	3.83×10^{33} ergs/sec

6. ดาวพุธ (Mercury)



รูปที่ 16 ภาพถ่ายดาวพุธ จากยานมารีเนอร์ 10 (NASA/JPL)

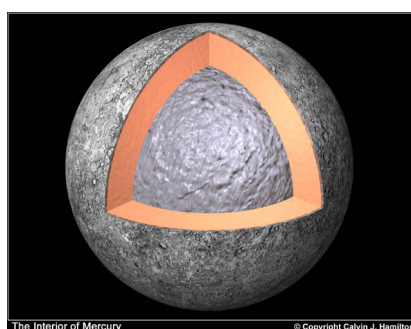
ดาวพุธเป็นดาวเคราะห์ที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด จึงปรากฏให้เห็นบนท้องฟ้าไม่ไกลจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ดังนั้นเราจึงสังเกตเห็นดาวพุธได้ในช่วงเวลาใกล้ค่ำหรือรุ่งเช้า เราจะเห็นดาวพุธได้ดีที่สุดเมื่อมันอยู่ในตำแหน่งที่ไกลที่สุดจากดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ในบางโอกาส เราสามารถมองเห็นดาวพุธได้ เมื่อมันโคจรผ่านทางด้านหน้าของดวงอาทิตย์ ดาวพุธมีแกนหมุนที่เกือบตั้งฉากกับระนาบการโคจรรอบดวงอาทิตย์ ดาวพุธหมุนรอบตัวเองช้ามาก โดยจะหมุนรอบตัวเองครบ 3 รอบเมื่อโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบ 2 รอบ วงโคจรของดาวพุธจึงแปลกประหลาดจากดาวเคราะห์อื่นๆ การหมุนรอบตัวเองที่ช้ามากนี้ ทำให้ดาวพุธไม่มีชั้นบรรยากาศห่อหุ้ม ซึ่งส่งผลให้พื้นผิวดาวพุธมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างมาก ตั้งแต่ -183 ถึง 427 องศาเซลเซียส (มีอุณหภูมิต่ำสุดในด้ามืด และมีอุณหภูมิสูงสุดในด้านที่รับแสงอาทิตย์)

นายกัณฑ์ธนากร น้อยเสนา ครูวิชาการ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (nu@mwit.ac.th, Tel.02-8497210)

มนุษย์ได้ส่งยานอวกาศ มาร์ิเนอร์ 10 ไปสำรวจและทำแผนที่พื้นผิวดาวพุธเป็นครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2517 แต่เพราะการที่มีน้อยใกล้ดวงอาทิตย์มากจึงสามารถทำแผนที่ได้เพียงร้อยละ 45 ของพื้นที่ทั้งหมด

โครงสร้างภายในของดาวพุธ

ดาวพุธมีขนาดใหญ่กว่าดวงจันทร์ของโลกเพียงเล็กน้อย ไม่มีชั้นบรรยากาศห่อหุ้ม แห้งแล้งและเต็มไปด้วยหลุมอุกกาบาตมากมาย ส่วนใหญ่จะเป็นหลุมที่มีอายุมากแล้ว แสดงว่าที่ผ่านมาไม่ค่อยมีการระเบิดของภูเขาไฟ มีฉะนั้นหลุมเหล่านี้ต้องปกคลุมไปด้วยเถาถ่านและลาวา แกนกลางของดาวพุธเป็นแกนเหล็กขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 3,700 กิโลเมตร (ประมาณ 42 % ของปริมาตรดาวเคราะห์ทั้งดวง) รอบแกนกลางมีแมนเทิล (หนาประมาณ 600 กิโลเมตร) และมีเปลือกแข็งหุ้ม ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นทรายซิลิเกตเช่นเดียวกับที่พบบนโลกของเรา

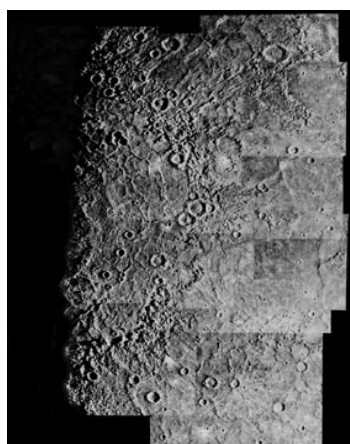


© Calvin J. Hamilton

รูปที่ 17 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายใน

พื้นผิวดาวพุธ

ดาวพุธมีพื้นผิวที่คล้ายคลึงกับพื้นผิวดวงจันทร์ เต็มไปด้วยหลุมอุกกาบาตมากมาย มีบางบริเวณมีลักษณะเป็นแอ่งที่ราบขนาดใหญ่ซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดจากการพุ่งชนของอุกกาบาตในยุคเริ่มแรกของระบบสุริยะ ทำให้พื้นที่โดยรอบกลายเป็นเทือกเขาที่สูง แอ่งที่ราบแคลอริส (Caloris Basin) มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่กว้างถึง 1,300 กิโลเมตร จากภาพถ่ายที่ได้จากยานมาร์ิเนอร์ 10 จุดศูนย์กลางของหลุมอยู่ในเงามืดและสังเกตเห็นเพียงแนวขอบหลุมที่ประกอบไปด้วยเทือกเขาที่ต่อเนื่องกัน เทือกเขาเหล่านี้มีความสูงถึง 2 กิโลเมตร



รูปที่ 18 ภาพถ่ายพื้นผิวดาวพุธ แอ่งที่ราบลุ่มแคลอลิส

7. ดาวศุกร์ (Venus)



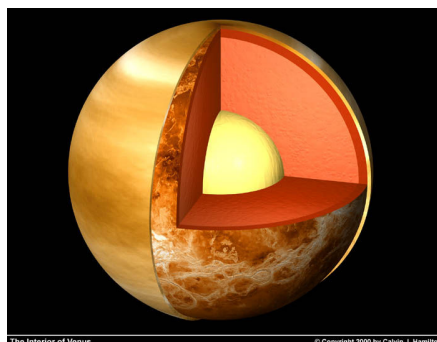
รูปที่ 19 ภาพถ่ายดาวศุกร์ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ต จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล

ดาวศุกร์ปรากฏเป็นเสี้ยวเช่นเดียวกับดวงจันทร์ โดยเราสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยกล้องโทรทรรศน์ ดาวศุกร์นั้นมีขนาดใหญ่กว่าและอยู่ใกล้โลกมากกว่าดาวพุธ เราจึงสังเกตเห็นดาวศุกร์สว่างจางกว่าดาวพุธมาก และมีความสว่างเป็นรองจากดวงจันทร์ในยามค่ำคืน เมื่อดาวศุกร์ปรากฏให้เห็นในเวลาใกล้ค่ำ คนในสมัยก่อนตั้งชื่อให้ว่าเป็น ดาวประจำเมือง และเรียกว่า ดาวประกายพรึก เมื่อปรากฏให้เห็นในเวลารุ่งเช้า ดาวศุกร์นั้นมีขนาดใหญ่เกือบเท่ากับโลกของเราและมีชั้นบรรยากาศที่หนาห่อหุ้มอยู่

ดาวศุกร์มีแกนหมุนเกือบตั้งฉากกับระนาบวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ ดาวศุกร์หมุนรอบตัวเองจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ซึ่งแตกต่างจากดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ดาวศุกร์หมุนรอบตัวเองใช้เวลา 243 วัน และโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบ 1 รอบ ในเวลา 228 วัน ดาวศุกร์จึงมีช่วงเวลา 1 ปีที่ยาวนานกว่า 1 ปี

โครงสร้างดาวศุกร์

ดาวศุกร์กับโลกนั้นเปรียบเทียบเป็นฝาแฝด เพราะดาวเคราะห์ทั้งสองมีขนาดและความหนาแน่นใกล้เคียงกัน จึงมีโครงสร้างภายในที่คล้ายคลึงกันด้วย แกนกลางประกอบไปด้วยเหล็ก มีรัศมี 3,000 กิโลเมตร) ชั้นแมนเทิล มีความหนา 3,000 กิโลเมตร และเปลือกแข็งที่ประกอบด้วยหินซิลิเกต มีความหนา 50 กิโลเมตร นอกจากนี้พื้นผิวดาวศุกร์ยังประกอบไปด้วยภูเขาไฟและมีชั้นบรรยากาศห่อหุ้ม ช่วยในการป้องกันรังสีและอุกกาบาตจากภายนอก แต่ชั้นบรรยากาศของดาวศุกร์นั้นหนาแน่นกว่าของโลกมาก มีความดันบรรยากาศที่พื้นผิวประมาณ 90 เท่าของความดันบรรยากาศที่พื้นผิวโลก และยังเต็มไปด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และกรดซัลฟิวริก ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่เป็นสาเหตุให้พื้นผิวดาวศุกร์มีอุณหภูมิสูงถึง 467 องศาเซลเซียส



© Calvin J. Hamilton

รูปที่ 20 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายใน

พื้นผิวดาวศุกร์

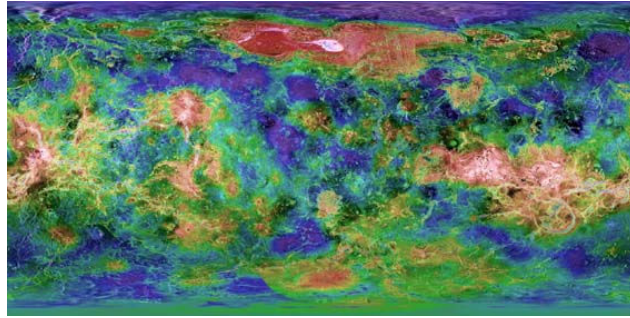
ยานแมกเจลแลนถูกส่งขึ้นไปในอวกาศในปี พ.ศ. 2532 เพื่อทำแผนที่ดาวศุกร์แบบสามมิติโดยใช้เรดาร์ ซึ่งมีหลักการง่ายๆ คือ การส่งคลื่นไมโครเวฟไปสะท้อนที่พื้นผิวของดาวศุกร์ และวัดความล่าช้าของคลื่นที่สะท้อนกลับมา ประกอบกับการรู้ตำแหน่งที่แน่นอนของยานแมกเจลแลน ทำให้เราทราบถึงความสูงต่ำของพื้นผิวและสามารถทำแผนที่แบบสามมิติได้ นอกจากนี้การใช้เรดาร์ยังมีข้อดีที่สามารถสำรวจทะลุผ่านชั้นบรรยากาศที่หนาแน่นและชั้นฝุ่นที่ปกคลุมพื้นผิวของดาวศุกร์ได้

พื้นผิวของดาวศุกร์ปกคลุมไปด้วยราบที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ประมาณ 80% ของพื้นที่ทั้งหมด มีส่วนที่เป็นที่สูงอยู่เพียงเล็กน้อย บริเวณที่สูงอะโฟรไดต์ (Aphrodite) มีรูปร่างคล้ายแมงป่องวางตัวอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตรของดาวศุกร์ ที่บริเวณขั้วเหนือของดาว มีภูเขาขนาดยักษ์ มีชื่อว่า ภูเขาแมกซ์เวลล์ (Maxwell Montes) ซึ่งมีความสูงถึง 11 กิโลเมตร (สูงกว่ายอดเขาเอเวอเรสต์ถึง 2 กิโลเมตร)

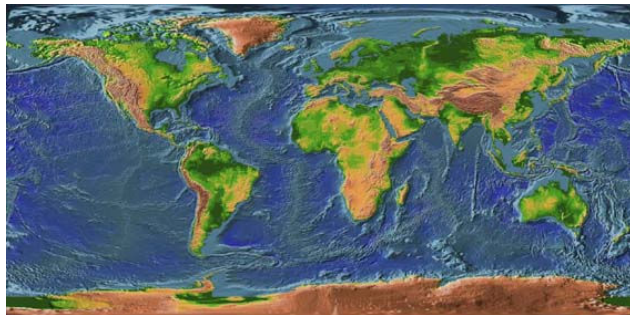


รูปที่ 21 ภาพถ่ายดาวศุกร์เต็มดวง เป็นภาพถ่ายด้วยเทคนิคเรดาร์จากยานแมกเจลแลน (NASA/JPL)

แผนที่ดาวศุกร์



รูปที่ 22 ภาพถ่ายพื้นผิวของดาวศุกร์แบบ 3 มิติ (NASA/JPL/Seal)



รูปที่ 23 ภาพถ่ายพื้นผิวของโลกแบบ 3 มิติ (NASA/USGS)

ภูเขาไฟบนดาวศุกร์

ภูเขาไฟบนดาวศุกร์แตกต่างจากภูเขาไฟบนโลก บนโลกมีน้ำอยู่มากมาย ก๊าซที่พุ่งออกมาจากภูเขาไฟ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะละลายกลับลงไปในน้ำในมหาสมุทร และตกตะกอนอยู่ใต้มหาสมุทรแต่การที่บนดาวศุกร์ไม่มีน้ำ ทำให้ก๊าซต่างๆที่พุ่งออกมาจากปล่องภูเขาไฟ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลายเป็นส่วนหนึ่งของชั้นบรรยากาศทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก นอกจากนี้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังทำปฏิกิริยากับน้ำในบรรยากาศกลายเป็นกรดซัลฟูริกซึ่งถ้าไม่เก็บกักอยู่ในชั้นเมฆก็จะตกลงสู่พื้นผิวดาวศุกร์



รูปที่ 24 ภาพภูเขาไฟและเส้นทางลาวาบนดาวศุกร์ เป็นภาพถ่ายด้วยเทคนิคเรดาร์จากยานแมคเจลแลน
(NASA/JPL)

8. โลก

โลกของเราเป็นดาวเคราะห์ที่อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เป็นลำดับที่ 3 ถัดออกมาจากดาวพุธ และดาวศุกร์ โลกมีขนาดใหญ่เป็นอันดับที่ 5 ในบรรดาดาวเคราะห์ทั้งหมดในระบบสุริยะ เส้นผ่านศูนย์กลางของโลกใหญ่กว่าดาวศุกร์เพียงไม่กี่ร้อยกิโลเมตร โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ในระยะที่พอเหมาะ ทำให้มีอุณหภูมิ สภาวะอากาศ และปัจจัยอื่นๆ ที่เอื้ออำนวยต่อสิ่งมีชีวิต



รูปที่ 25 ภาพโลกเต็มดวง

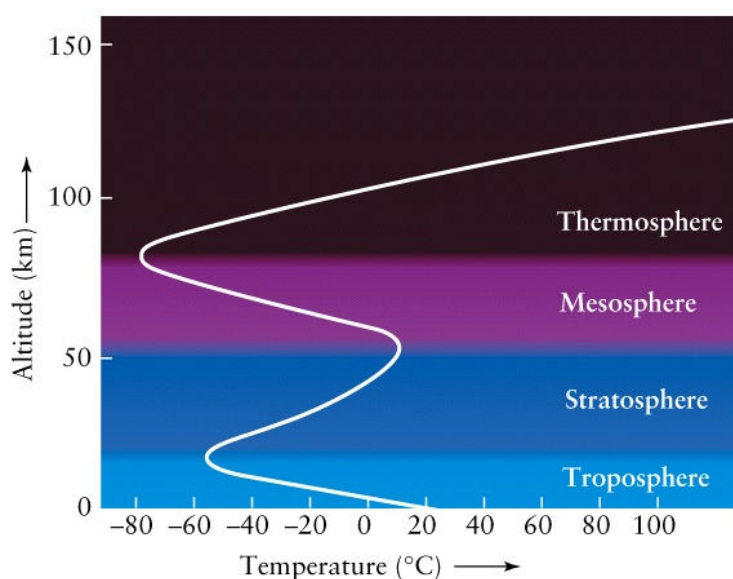
โครงสร้างภายในของโลก

จากการศึกษาโดยใช้เทคนิคเกี่ยวกับแผ่นดินไหว (Seismic Techniques) ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบถึงโครงสร้างภายในของโลกที่แบ่งได้เป็นชั้นต่างๆ ดังนี้

- 1) แกนกลางชั้นใน มีลักษณะเป็นของแข็งที่ประกอบด้วยเหล็กเป็นส่วนใหญ่ มีอุณหภูมิสูงประมาณ 7,500 เคลวิน (สูงกว่าที่พื้นผิวของดวงอาทิตย์) มีรัศมีประมาณ 1,200 กิโลเมตร
- 2) แกนกลางชั้นนอก มีลักษณะเป็นของเหลวที่ประกอบด้วยเหล็กและซัลเฟอร์เป็นส่วนใหญ่ มีความหนาประมาณ 2,200 กิโลเมตร
- 3) แมนเทิล มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดคล้ายกับพลาสติกเหลว มีองค์ประกอบเป็น เหล็ก แมกนีเซียม ซิลิกอน อลูมิเนียมและออกซิเจน มีความหนาประมาณ 3,000 กิโลเมตร
- 4) เปลือกโลก มีลักษณะเป็นของแข็ง มีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ แร่ควอตซ์ (ซิลิกอนไดออกไซด์) และเฟลสปาร์ มีความหนาประมาณ 7 ถึง 40 กิโลเมตร (ขึ้นอยู่กับว่าเป็นบริเวณใต้มหาสมุทรลึก หรือ บริเวณเทือกเขา)

ชั้นบรรยากาศของโลก

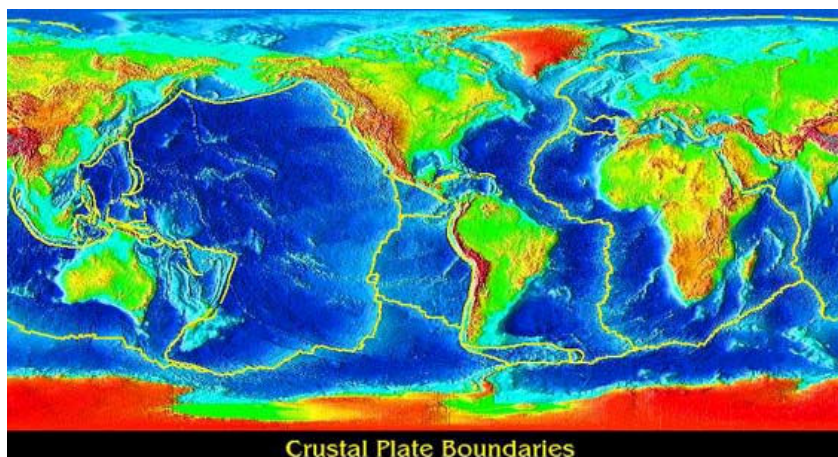
บรรยากาศของโลกประกอบไปด้วยไนโตรเจน 77% ออกซิเจน 21% และที่เหลือเป็นอาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์และ น้ำ ในยุคที่โลกกำเนิดขึ้นใหม่ อาจจะมีคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก แต่มันถูกดูดกลืนไปกับหินปูน (carbonate rocks) บางส่วนก็ละลายไปกับน้ำในมหาสมุทร และถูกบริโภคโดยพืช ปรากฏการณ์การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกและกระบวนการทางชีววิทยา ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจุบันมีคาร์บอนไดออกไซด์คงเหลือในบรรยากาศจำนวนเล็กน้อย แต่ก็ยังมีความสำคัญมาก เพราะมันเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของพื้นโลก โดยอาศัย สภาวะเรือนกระจก เพิ่มอุณหภูมิพื้นผิวโลกให้สูงขึ้น ถ้าไม่มีสภาวะเรือนกระจกจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว อุณหภูมิที่พื้นผิวโลกจะต่ำเกินไปจนทำให้น้ำในมหาสมุทรแข็งตัว เป็นผลให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงอยู่ได้



รูปที่ 26 แสดงชั้นบรรยากาศของโลก

ชั้นบรรยากาศของโลกแบ่งออกได้เป็น 4 ชั้นตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามระดับความสูงเหนือจากพื้นผิวโลก ประมาณ 50 % ของสสารในบรรยากาศของโลกทั้งหมดอยู่ในชั้นโทรโปสเฟียร์ที่มีความหนาประมาณ 10 กิโลเมตร ถัดขึ้นไปเป็นชั้นสตราโตสเฟียร์ที่ประกอบไปด้วยชั้นของโอโซนที่ช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ชั้นมีโซสเฟียร์เป็นชั้นที่วัดอุณหภูมิแตกต่างจากอวกาศที่ตกมาสู่โลก จะถูกเสียดสีกับบรรยากาศและลุกไหม้ให้เราเห็นเป็นดาวตกที่สวยงาม ชั้นเทอร์โมสเฟียร์เป็นชั้นบรรยากาศชั้นนอกสุด ที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามความสูง ยานขนส่งอวกาศสเปซแชตเติล (Space Shuttle) โคจรรอบโลกอยู่ที่ความสูง 300 กิโลเมตร ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส แต่มันไม่ถูกเผาไหม้ไปเพราะที่ระดับความสูงดังกล่าวมีความหนาแน่นของก๊าซต่ำมาก

การเคลื่อนที่ของเปลือกโลก – เพลตเทคโทนิก



รูปที่ 27 ภาพรอยเชื่อมต่อของเปลือกโลก

เปลือกโลกไม่เหมือนกับดาวเคราะห์ที่มีพื้นผิวเป็นของแข็งดวงอื่น เปลือกโลกประกอบไปด้วยแผ่นของแข็งหลายชั้นที่ลอยอยู่อย่างอิสระบนแมนเทิลที่เหลวร้อน การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกมีทั้งการขยายตัวและการยุบตัว การขยายตัวของเปลือกโลกเกิดขึ้นเมื่อแผ่นทวีปสองแผ่นเคลื่อนที่ออกจากกันเนื่องจากแม็กมาข้างใต้ดันตัวขึ้นมาและเย็นตัวลงกลายเป็นผืนแผ่นดินใหม่ การยุบตัวของเปลือกโลกเกิดขึ้นเมื่อแผ่นทวีปแผ่นหนึ่งกดขอบของแผ่นทวีปอีกแผ่นหนึ่งให้จมลงและหลอมรวมกับแม็กมาที่อยู่ข้างใต้

เปลือกโลกแบ่งเป็น 8 แผ่นทวีปหลัก ดังนี้:

- 1) แผ่นอเมริกาเหนือ ได้แก่ ทวีปอเมริกาเหนือ มหาสมุทรแอตแลนติกเหนือซีกตะวันตก และกรีนแลนด์
- 2) แผ่นอเมริกาใต้ ได้แก่ ทวีปอเมริกาใต้ และมหาสมุทรแอตแลนติกใต้ซีกตะวันตก
- 3) แผ่นแอนตาร์กติกา ได้แก่ ทวีปแอนตาร์กติกา และ มหาสมุทรใต้
- 4) แผ่นยูเรเชีย ได้แก่ มหาสมุทรแอตแลนติกเหนือซีกตะวันออก ทวีปยุโรป และเอเชีย ยกเว้นอินเดีย
- 5) แผ่นแอฟริกา ได้แก่ ทวีปแอฟริกา แอตแลนติกใต้ซีกตะวันออก ชายฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย
- 6) แผ่นอินเดีย-ออสเตรเลีย ได้แก่ ประเทศอินเดีย ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และมหาสมุทรอินเดีย
- 7) แผ่นนาสคา ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกจรดทวีปอเมริกาใต้
- 8) แผ่นแปซิฟิก ครอบคลุมเกือบทั้งมหาสมุทรแปซิฟิก และชายฝั่งตอนใต้ของแคลิฟอร์เนีย

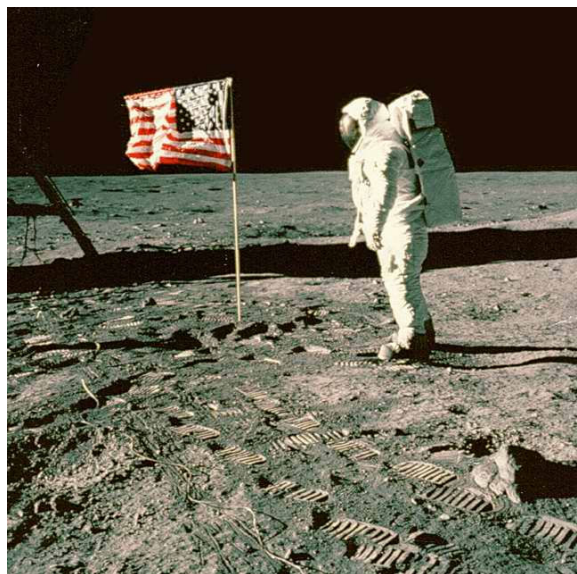
ยังมีแผ่นทวีปขนาดเล็กจำนวนมากกว่า 20 แผ่น เช่น แผ่นอาระเบีย แผ่นโคโคส และแผ่นฟิลิปปินส์ การเกิดแผ่นดินไหวมักจะเกิดที่บริเวณรอยต่อของแผ่นทวีปเหล่านี้

ดวงจันทร์ของโลก



รูปที่ 28 ภาพถ่ายโลกและดวงจันทร์

ดวงจันทร์มีความสว่างที่สุดในท้องฟ้ายามราตรี ดวงจันทร์เป็นบริวารดวงเดียวของโลก พื้นผิวดวงจันทร์นั้นแห้งและเยือกเย็น ไม่มีชั้นบรรยากาศห่อหุ้ม ดวงจันทร์หมุนรอบตัวเองโดยใช้เวลาเท่ากับเวลาในการโคจรรอบโลก ทำให้เรามองเห็นดวงจันทร์เพียงด้านเดียวเสมอ จนกระทั่งปี พ.ศ.2502 เมื่อรัสเซียส่งยานสำรวจอวกาศไปโคจรรอบดวงจันทร์และถ่ายภาพพื้นผิวดวงจันทร์โดยรอบและส่งกลับมายังโลก ยานอวกาศอะพอลโล 11 เป็นยานลำแรกที่พามนุษย์ไปลงสู่พื้นผิวดวงจันทร์ เมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ.2512



รูปที่ 29 มนุษย์ไปลงสู่พื้นผิวดวงจันทร์

แสงจันทร์ที่เรามองเห็นนั้นแท้ที่จริงแล้วเป็นแสงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นผิวดวงจันทร์ ในขณะที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกเราจะมองเห็นดวงจันทร์ในลักษณะที่เปลี่ยนไป เรียกว่า เฟสของดวงจันทร์ หรือ ข้างขึ้นข้างแรม

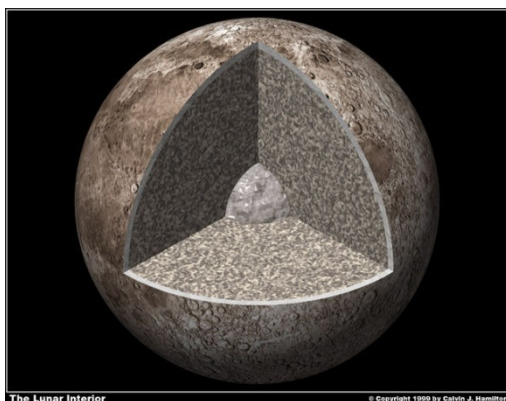
นายกัณฑ์ธนากร น้อยเสนา ครูวิชาการ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (nu@mwit.ac.th, Tel.02-8497210)

ดวงจันทร์หมุนใช้เวลาหมุนรอบตัวเองเท่ากับเวลาในการโคจรรอบโลก คือ 27 วัน 8 ชั่วโมง จึงทำให้ดวงจันทร์หันด้านเดียวเข้าหาโลกตลอดเวลา

โครงสร้างภายในของดวงจันทร์

จากการศึกษาแผ่นดินไหวบนดวงจันทร์ทำให้เราทราบว่าโครงสร้างภายในของดวงจันทร์นั้นประกอบด้วย แกนกลางที่เป็นของเหลว หรือกึ่งเหลวเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงจันทร์เท่ากับ 3,476 กิโลเมตร ประมาณ หนึ่งในสี่ของเส้นผ่านศูนย์กลางโลก

- 1) แกนชั้นในที่เป็นของแข็ง ประกอบด้วยเหล็กเป็นส่วนใหญ่ มีอุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส มีรัศมีประมาณ 350 กิโลเมตร
- 2) แกนชั้นนอก ที่เป็นหินเหลวหรือพลาสติก ประกอบไปด้วยเหล็กเป็นส่วนใหญ่ มีรัศมีประมาณ 500 กิโลเมตร
- 3) ชั้นแมนเทิลที่เป็นของแข็ง มีความหนาประมาณ 800 กิโลเมตร
- 4) เปลือกนอก มีความหนาประมาณ 60-100 กิโลเมตร เปลือกนอกของดวงจันทร์ด้านใกล้โลกนั้นบางกว่าด้านไกลโลก จึงเกิดหลุมอุกกาบาตและทะเลอยู่มากมาย



© Calvin J. Hamilton

รูปที่ 30 ภาพจำลองโครงสร้างภายในของดวงจันทร์

พื้นผิวดวงจันทร์

พื้นผิวของดวงจันทร์นั้นเต็มไปด้วยหลุมอุกกาบาตมากมายและถูกตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงในอดีต บริเวณที่ราบต่ำบนดวงจันทร์ถูกเรียกว่า มาเร (Mare) ซึ่งในภาษาลาตินแปลว่า ทะเล เราสามารถมองเห็นหลุมอุกกาบาตขนาดใหญ่และทะเลบนดวงจันทร์ ได้ด้วยตาเปล่า และจินตนาการเป็นรูปร่างต่างๆ เช่น กระต่ายบนดวงจันทร์ บริเวณเหล่านี้เกิดจากการพุ่งชนของอุกกาบาตซึ่งเกิดจำนวนบ่อยครั้งมากในอดีตเมื่อเกิดระบบสุริยะขึ้นใหม่ๆ บริเวณมาเรปกคลุมไปด้วยลาวาที่ระเบิดออกมาจากปล่องภูเขาไฟในยุคก่อน



รูปที่ 31 ภาพพื้นผิวดวงจันทร์ที่ปกคลุมไปด้วยเรโกลิธ

พื้นผิวดวงจันทร์ปกคลุมไปด้วยดิน ที่เรียกว่า เรโกลิธ (Regolith) หนาประมาณ 15 เซนติเมตร ประกอบไปด้วยฝุ่นและเศษหินที่เกิดขึ้นจากการพุ่งชนของอุกกาบาต พบว่าดินเรโกลิธมีส่วนประกอบเป็นอนุภาคที่มีลักษณะเป็นผลึกใสเรียกว่า สเฟียรูล (Spherules) ซึ่งเกิดจากการถูกทำให้ร้อนและเย็นตัวอย่างรวดเร็วในช่วงที่เกิดการพุ่งชน สเฟียรูลนี้มีขนาดประมาณ 0.025 มิลลิเมตร

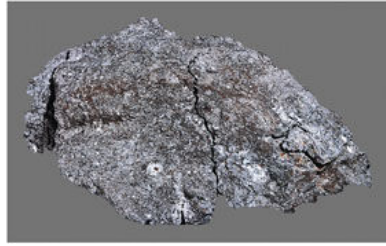
หินบนดวงจันทร์

หินบนดวงจันทร์ส่วนมากจะมีอายุในราว 3,000 – 4,600 ล้านปี ซึ่งถ้าเป็นหินบนพื้นโลกที่มีอายุเก่ากว่า 3,000 ล้านปีจะหาได้ยากมาก ดังนั้นดวงจันทร์จึงเป็นหลักฐานที่ดีถึงประวัติศาสตร์ของระบบสุริยะในยุคเริ่มแรก ตัวอย่างหินที่พบบนดวงจันทร์ ได้แก่

- 1) หินเบรกเซีย (Breccias) เป็นหินที่เป็นเปลือกดวงจันทร์ในยุคแรกที่ถูกหลอมรวมเศษอุกกาบาตที่พุ่งชนพื้นผิวดวงจันทร์
- 2) หินบะซอลต์ (Basalt) เกิดจากลาวาเย็นตัว เต็มไปด้วยฟองก๊าซ
- 3) หินอะนอร์ไทไซต์ (Anorthosite) เป็นชิ้นส่วนของเปลือกดวงจันทร์ในยุคแรก



รูปที่ 32 ภาพถ่ายหินบะซอลต์ (Basalt)

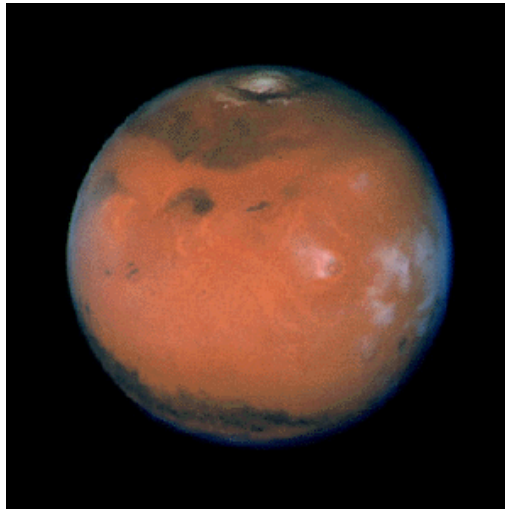


รูปที่ 33 ภาพถ่ายหินอะนอร์โทไซต์ (Anorthosite)



รูปที่ 34 ภาพถ่ายหินเบรกกเซีย (Breccias)

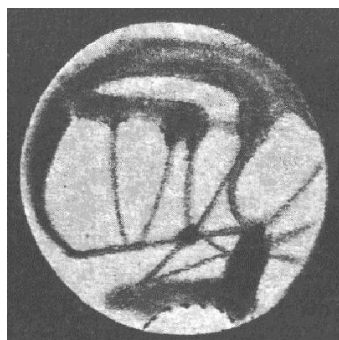
9. ดาวอังคาร



รูปที่ 35 ภาพถ่ายดาวอังคารเต็มดวง จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล แสดงให้เห็นถึงขั้วดาวที่ปกคลุมไปด้วย
หิมะ-สีขาว
และบริเวณซีกใต้ของดาวที่มีพายุฝุ่นปกคลุมอยู่ (บริเวณที่มีสีแดงเข้ม) (STScI/NASA)

ดาวอังคารเป็นดาวเคราะห์ชั้นใน อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เป็นอันดับที่ 4 ถัดออกไปจะเป็นแถบดาวเคราะห์น้อยคั่นอยู่ระหว่างดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี ดาวอังคารมีแกนหมุนที่ใกล้เคียงกับโลก จึงทำให้มีฤดูกาลที่ใกล้เคียงกับฤดูกาลบนโลกด้วย ดาวอังคารหมุนรอบตัวเองใช้เวลา 24 ชั่วโมง 37 นาที ดังนั้นระยะเวลา 1 วันบนดาวอังคารจึงมีค่าใกล้เคียงกับ 1 วันบนโลกของเรา

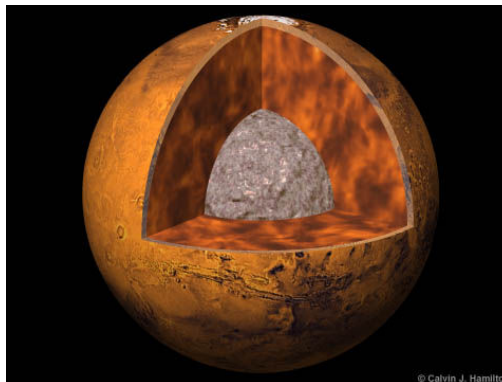
วงโคจรของดาวอังคารเป็นวงรี ยังผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิถึง 30 องศาเซลเซียส เมื่อโคจรอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้และไกลที่สุดจากดวงอาทิตย์ และนี่คืออิทธิพลสำคัญต่อ สภาพบรรยากาศ ของดาวอังคาร แม้ว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยบนพื้นผิวอยู่ที่ 218 เคลวิน (-55 องศาเซลเซียส) แต่ความแตกต่างของอุณหภูมิ ในแต่ละภูมิภาคมีมาก เช่น ต่ำถึง 140 เคลวิน (-133 องศาเซลเซียส) ที่ขั้วในฤดูหนาว หรือสูงถึง 300 เคลวิน (27 องศาเซลเซียส) ในเวลากลางวันของฤดูร้อน



รูปที่ 36 ภาพถ่ายดาวอังคารในอดีตที่พบว่าพื้นผิวดาวอังคารมีลักษณะคล้ายคลองส่งน้ำที่อาจถูกสร้างขึ้นโดยมนุษย์ดาวอังคาร

ดาวอังคารยังเป็นที่รู้จักกันดีมาตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ และยังเป็นที่ยอดนิยมของผู้แต่งนิยายวิทยาศาสตร์ ในฐานะที่เป็นดาวเคราะห์ที่อาจมีมนุษย์ต่างดาวอาศัยอยู่ จากการที่เมื่อหลายสิบปีก่อนมีการสังเกตดาวอังคารเห็นรูปร่างพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายคลองส่งน้ำ องค์การนาซาได้ส่งยานไปสำรวจดาวอังคารหลายสิบลำ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2508 จนถึงปัจจุบัน ไม่พบสิ่งมีชีวิตใดๆ พบเพียงพื้นผิวดร้งรอยของร่องน้ำ และพบว่ามีน้ำแข็งแห้ง (คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง) ปกคลุมอยู่บริเวณขั้ว ซึ่งสันนิษฐานว่าภายใต้พื้นผิวน้ำแข็งแห้งนี้อาจมีน้ำแข็งที่เป็นน้ำอยู่ซึ่งอาจมีซากฟอสซิลของสิ่งมีชีวิต หากเคยมีสิ่งมีชีวิตอยู่บนดาวอังคารมาก่อน

โครงสร้างดาวอังคาร



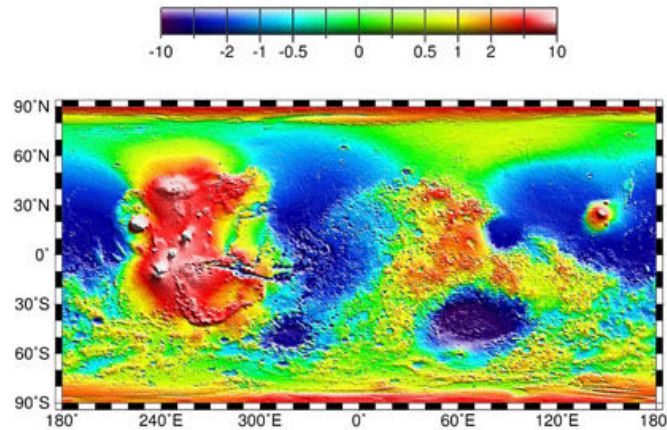
© Calvin J. Hamilton

รูปที่ 37 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายใน

โครงสร้างภายในของดาวอังคารประกอบด้วยแกนกลางที่เป็นของแข็ง ที่มีรัศมีประมาณ 1,700 กิโลเมตร ที่มีส่วนผสมของเหล็กเป็นส่วนใหญ่ ถัดขึ้นมาจากแกนกลางเป็นชั้นแมนเทิลที่เป็นหินเหลวหนืด หนาประมาณ 1,600 กิโลเมตร และมีเปลือกนอกเป็นของแข็งเช่นเดียวกับโลก

บรรยากาศของดาวอังคารประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (95.3%) ไนโตรเจน (2.7%) อาร์กอน (1.6%) ออกซิเจน (0.15%) และไอน้ำ (0.03%) ดาวอังคารมีชั้นบรรยากาศที่เบาบางกว่าโลกมาก แต่ก็ยังมีพายุเกิดอยู่ทั่วดวงเมื่อมีการเปลี่ยนฤดูกาล ฤดูกาลบนดาวอังคารแบ่งออกเป็น 4 ฤดูในช่วงเวลา 1 ปี บนดาวอังคารซึ่งยาวนานเป็นสองเท่าของเวลา 1 ปีบนโลกของเรา

พื้นผิวของดาวอังคาร



รูปที่ 38 ภาพพื้นผิวดาวอังคารแบบ 3 มิติ สีบอกถึงระดับความสูง ค่าติดลบแสดงถึงหุบเหว (GSFC/NASA)

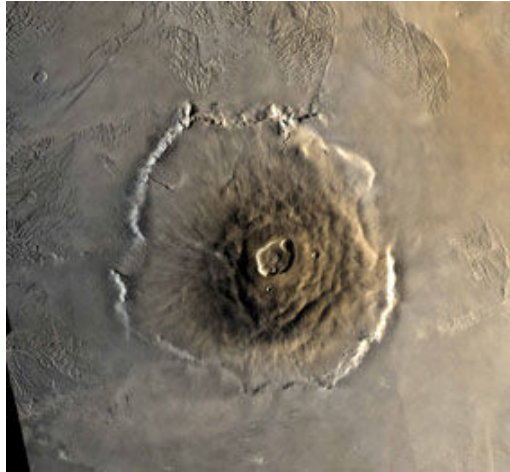
พื้นผิวของดาวอังคารปกคลุมไปด้วยฝุ่นที่เป็นออกไซด์ของเหล็ก หรือสนิมเหล็กนั่นเอง จึงทำให้ดาวอังคารมีสีแดง พื้นผิวดาวเต็มไปด้วยหลุมบ่อ แต่ไม่มีร่องรอยการเกิดแผ่นดินเคลื่อน แสดงว่าพื้นผิวดาวอังคารไม่เคยมีการเปลี่ยนแปลงมาเป็นเวลาหลายล้านปี การที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของแผ่นดินทำให้ภูเขาไฟส่วนใหญ่อยู่ในตำแหน่งเดิมที่เป็นแหล่งประทุของแมกมา จึงเป็นผลให้ภูเขาไฟบนดาวอังคารมีขนาดใหญ่มาก



รูปที่ 39 ภาพถ่ายดาวอังคารเต็มดวงจากยานไวกิงออร์บิเตอร์ 1 ที่กลางดวงจะสามารถสังเกตเห็นหุบเหวมาริเนอร์ (Valles Marineris) ซึ่งเป็นหุบเขาที่มีความยาวถึง 4,000 กิโลเมตร มีความกว้าง 600 กิโลเมตรและมีความลึกถึง 8 กิโลเมตร (USGS/NASA)

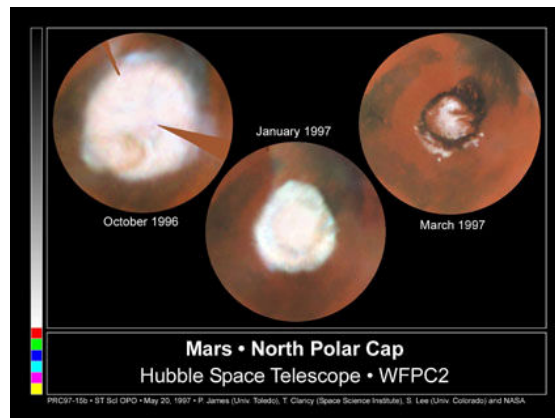
บนดาวอังคารมีภูเขาไฟที่สูงใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ ชื่อว่า ภูเขาไฟโอลิมปัส (Olympus Mons) ที่มีความสูงถึง 25 กิโลเมตร (สูงเป็น 3 เท่าของยอดเขาเอเวอเรสต์) และมีฐานที่แผ่ออกไปเป็นรัศมีถึง 300 กิโลเมตร

นายกัณฑ์ธนากร น้อยเสนา ครูวิชาการ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (nu@mwit.ac.th, Tel.02-8497210)



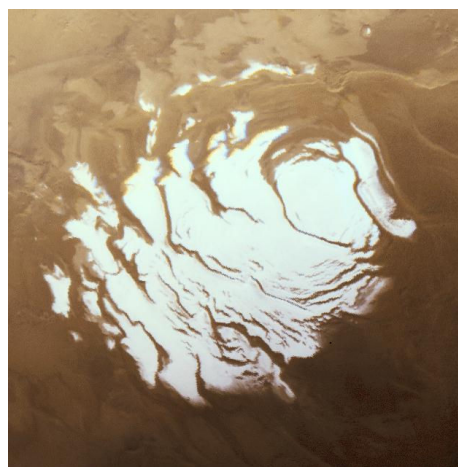
รูปที่ 40 ภาพภูเขาไฟโอลิมปัสบนดาวอังคาร (USGS/NASA)

ขั้วเหนือและขั้วใต้ของดาวอังคาร

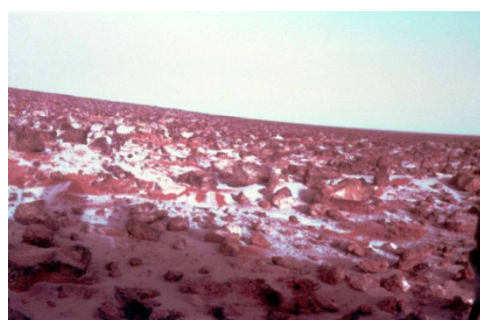


รูปที่ 41 ภาพถ่ายขั้วหิมะบนดาวอังคารแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล (STScI/NASA)

บริเวณขั้วเหนือและใต้ของดาวอังคารจะเปลี่ยนสีจากแดงเป็นขาวตามฤดูกาลบนดาวอังคาร ในฤดูหนาวจะเห็นเป็นสีขาวซึ่งเป็นน้ำแข็งและน้ำแข็งแห้ง (คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง) ที่ปกคลุมอยู่ เมื่อฤดูหนาวผ่านพ้นไปจะมีพายุเกิดขึ้นทั่วไปและพัดพาเอาฝุ่นสีแดงไปยังขั้วเหนือและใต้ จึงเห็นขั้วเหนือและใต้เป็นสีแดงเหมือนกับบริเวณอื่นๆ ของดาวอังคาร



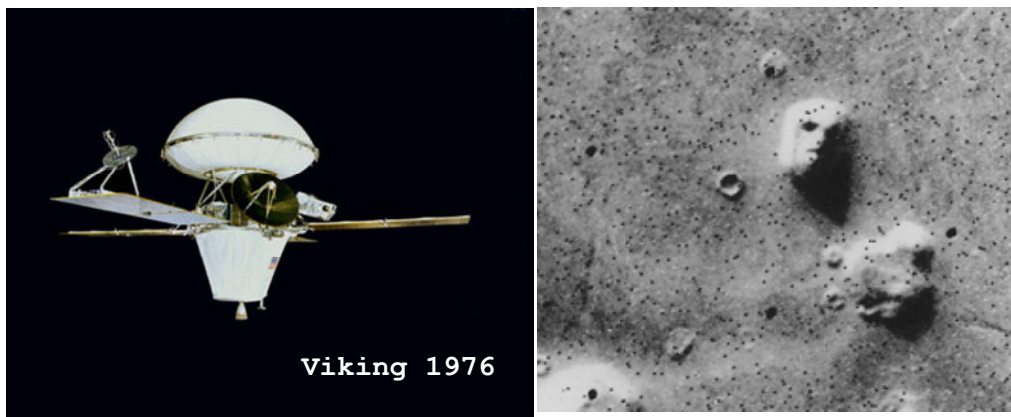
รูปที่ 42 ภาพถ่ายขั้วใต้ของดาวอังคาร จากยานไวกิงออร์บิเตอร์ 1 แสดงให้เห็นแสงสะท้อนจากพื้นผิวที่มีน้ำแข็งปกคลุมอยู่เป็นบริเวณกว้างถึง 400 กิโลเมตร (NASA/JPL)



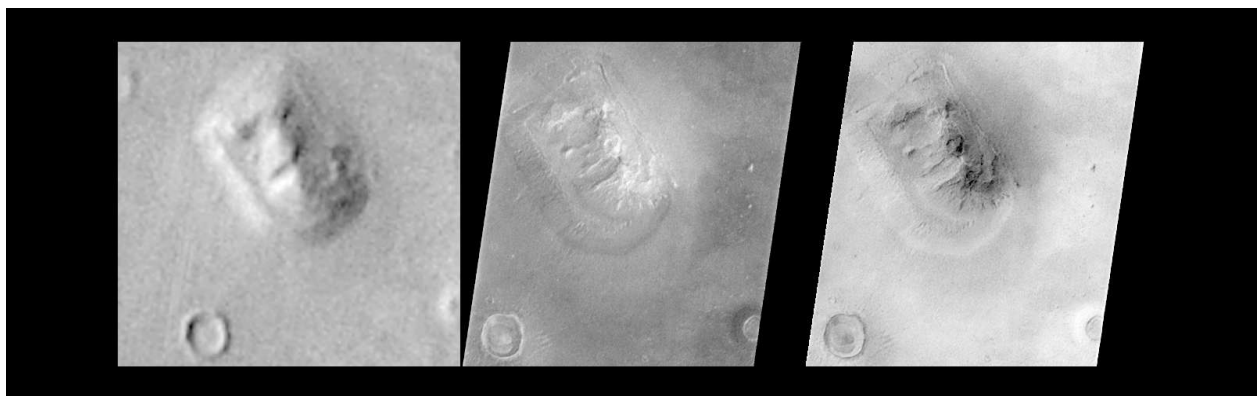
ภาพถ่ายจากยานไวกิงแลนด์เดอร์ 2 แสดงให้เห็นถึงพื้นผิวบริเวณขั้วสีขาวในฤดูหนาวที่ปกคลุมไปด้วยน้ำแข็งแห้ง (คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง) ที่ไม่เคยละลายหมดไป (NASA/JPL)

รูปหน้าคนบนดาวอังคาร

เมื่อยานไวกิงออร์บิเตอร์ (Viking Orbiter) ถ่ายภาพพื้นผิวดาวอังคาร ในปี พ.ศ. 2519 ได้พบบริเวณภูเขาที่มีรูปร่างที่คล้ายกับรูปหน้าคน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 กิโลเมตร ทำให้ผู้คนสันนิษฐานว่า อาจเป็นอนุสาวรีย์ที่ถูกสร้างขึ้นจากอารยธรรมบนดาวอังคาร ในปี พ.ศ. 2541 ยานมาร์สโกลบอลเซอร์เวย์อร์ ได้ถ่ายภาพบริเวณดังกล่าวซ้ำด้วยกล้องถ่ายภาพที่มีความละเอียดสูงกว่าเดิม 3 เท่า และเป็นแบบสามมิติ ทำให้เราทราบว่ามันไม่ได้มีรูปร่างเหมือนหน้าคนเลย

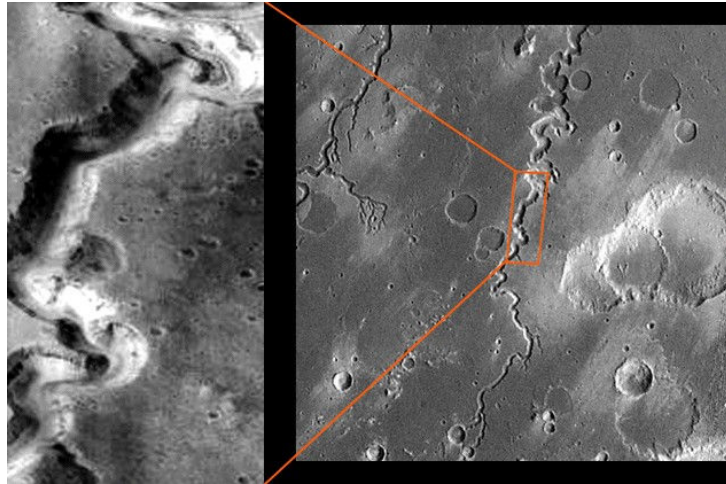


รูปที่ 43 ภาพพื้นผิวดาวอังคาร ถ่ายจากยานไวกิงออร์บิเตอร์ (Viking Orbiter) ในปี พ.ศ. 2519 ปรากฏเป็นบริเวณภูเขาที่มีรูปร่างที่คล้ายกับรูปหน้าคน



รูปที่ 44 ภาพถ่ายรูปหน้าคนในอดีตจากยานไวกิงออร์บิเตอร์ 1 ในปี พ.ศ. 2519 (ซ้าย) ทำให้มนุษย์สงสัยว่าอาจเป็นสิ่งที่ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและภาพถ่ายที่ได้จากยานมาร์สโกลบอลเซอร์เวย์อร์ในปี พ.ศ. 2541 (กลางและขวา) มีความละเอียดสูงพิสูจน์ให้เห็นว่าเป็นเพียงเนินทรายธรรมดา (NASA/JPL)

ร่องรอยของแม่น้ำบนดาวอังคาร



รูปที่ 45 ภาพถ่ายพื้นผิวดาวอังคารจากยานไวกิงออร์บิเตอร์ 1 แสดงให้เห็นถึงเส้นสายต่างๆ คล้ายกับแม่น้ำ ภาพถ่ายขยายจากยานมาร์สโกลบอลเซอร์เวย์อร์ แสดงให้เห็นว่าเป็นลักษณะของร่องน้ำเก่า หรือท้องแม่น้ำที่น้ำเหือดแห้งไปหมดแล้ว (NASA/JPL/Malin Space Science System)

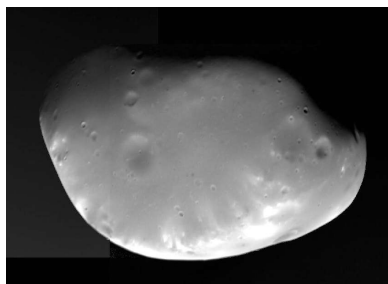
ดวงจันทร์บริวารของดาวอังคาร

ดาวอังคารมีดวงจันทร์บริวารจำนวน 2 ดวงที่ มีชื่อว่า โฟบอส (Phobos) และไดมอส (Deimos) ซึ่งสามารถสังเกตได้โดยใช้กล้องดูดาวขนาดใหญ่ ดวงจันทร์ทั้งสองดวงนี้มีลักษณะที่ไม่สมมาตร นักดาราศาสตร์จึงสันนิษฐานว่า อาจเป็นวัตถุในแถบดาวเคราะห์น้อยที่ถูกแรงโน้มถ่วงของดาวอังคาร ดึงดูดให้มาโคจรรอบ

- 1) โฟบอส มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 22 กิโลเมตร มีรัศมีวงโคจรประมาณ 9,000 กิโลเมตร
- 2) ไดมอส มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 12 กิโลเมตร มีรัศมีวงโคจรประมาณ 23,000 กิโลเมตร



รูปที่ 46 ภาพดวงจันทร์โฟบอส (NASA/JPL)



รูปที่ 47 ภาพถ่ายดวงจันทร์ไดมอส (NASA/JPL)

10. ดาวพฤหัสบดี (Jupiter)

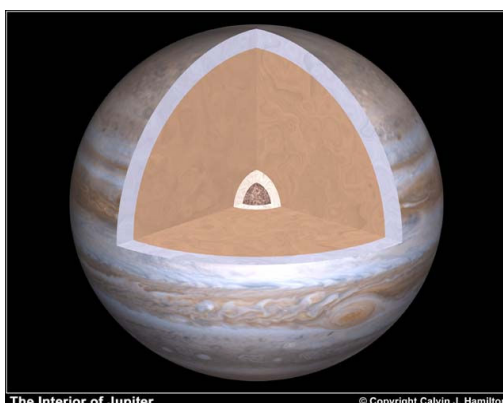


รูปที่ 48 ภาพดาวพฤหัสบดีเต็มดวง จากยานอวกาศแคสสินี ในปี พ.ศ. 2543 แสดงให้เห็นถึงแถบพายุที่ละเอียดต่าง ๆ และจุดแดงใหญ่ จุดสีดำที่เห็นอยู่มุมซ้ายของดาว คือ ดวงจันทร์บริวารยูโรปา (NASA/JPL/University of Arizona)

ดาวพฤหัสบดีเป็นดาวเคราะห์ที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ มีความสว่างเป็นอันดับที่ 4 ในท้องฟ้ารองจากดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวศุกร์ ดาวพฤหัสบดีมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าโลก 11 เท่าและมีมวลมากกว่าโลกถึง 300 เท่า มีส่วนประกอบเป็นไฮโดรเจนถึง 90%และฮีเลียม 10 % แกนกลางของดาวพฤหัสบดีเป็นหินแข็ง ล้อมรอบไปด้วยไฮโดรเจนเหลวที่มีอุณหภูมิสูงถึง 30,000 องศาเซลเซียส ถ้าดาวพฤหัสบดีมีมวลเพิ่มขึ้นอีก 75 เท่าก็จะสามารถเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชั่นขึ้นที่แกนกลางและกลายเป็นดาวฤกษ์ได้

ดาวพฤหัสบดีหมุนรอบตัวเองเร็วมาก โดยใช้เวลาในการหมุนรอบตัวเอง 10 ชั่วโมง (เพียงครึ่งวันบนโลก) ทำให้สสารและก๊าซต่างๆ ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรเคลื่อนที่เร็วกว่าบริเวณอื่นๆ เป็นผลให้ดาวพฤหัสบดีมีรูปร่างเป็นทรงกลมแป้นและมีชั้นบรรยากาศที่แปรปรวนและมีพายุอยู่ตลอดเวลา

ดาวพฤหัสบดีเป็นดาวเคราะห์ที่เป็นก๊าซ จึงไม่มีขอบเขตที่แน่นอน การบ่งบอกรัศมีของดาวเคราะห์ประเภทนี้ทำได้โดยการวัดระยะทางจากจุดศูนย์กลางดาวมาจนถึงบริเวณที่มีความดันบรรยากาศเท่ากับความดันที่ระดับน้ำทะเลบนโลกของเรา



© Calvin J. Hamilton

รูปที่ 49 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายในของดาวพฤหัสบดี

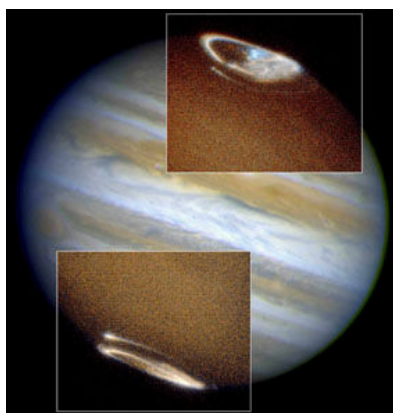
โครงสร้างของดาวพฤหัสบดี

ดาวพฤหัสบดีมีแกนกลางที่เป็นหินล้อมรอบไปด้วยชั้นของเหลวร้อนที่ประกอบไปด้วยน้ำ มีเทน และ แอมโมเนีย ถัดขึ้นมาเป็นแมนเทิลชั้นในที่ประกอบไปด้วยฮีเลียมและไฮโดรเจนเหลว (ไฮโดรเจนที่มีสมบัติเป็น โลหะ) ซึ่งพบในสภาวะที่มีอุณหภูมิและความดันสูงเท่านั้น ภายใต้สภาวะดังกล่าวนิวเคลียสและอิเล็กตรอนของ ไฮโดรเจนประพฤติตัวเหมือนกับโลหะ แมนเทิลชั้นนอกของดาวพฤหัสบดีประกอบไปด้วยก๊าซไฮโดรเจนและฮีเลียมที่ผสมผสานเป็นเนื้อเดียวกับบรรยากาศชั้นบน

ชั้นบรรยากาศของดาวพฤหัสบดี

บรรยากาศชั้นบนของดาวพฤหัสบดีได้ถูกสำรวจอย่างละเอียดโดย กระจุกสำรวจบรรยากาศที่ปล่อยจาก ยานอวกาศกาลิเลโอ ให้ตกลงไปในชั้นบรรยากาศของดาวพฤหัสบดี พบว่า บรรยากาศของดาวพฤหัสบดีมีเมฆชั้น บนที่ประกอบด้วยแอมโมเนีย ในระดับที่ต่ำลงไปเป็นเมฆแอมโมเนียไฮโดรซัลไฟด์ และเมฆชั้นล่างสุดเป็นน้ำและ น้ำแข็ง ภายใต้ชั้นเมฆเต็มไปด้วยไฮโดรเจนและฮีเลียม ชั้นบรรยากาศที่ระดับความดันบรรยากาศ 1 บาร์ มี อุณหภูมิสูงประมาณ 165 เคลวิน

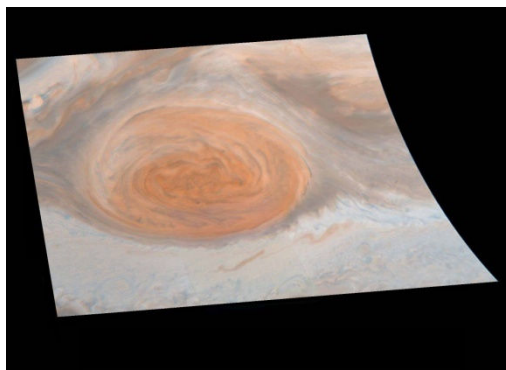
จากภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต แสดงให้เห็นถึงแสงเหนือ แสงใต้ที่ขั้วเหนือและใต้ของดาว แสงเหนือแสงใต้บนโลกเกิดจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์ที่ปะทุขึ้น สัมพันธ์กับการเกิดพายุสุริยะบนดวงอาทิตย์ เดินทางมาสู่โลกและถูกสนามแม่เหล็กโลกเร่งเข้าสู่โลกทางขั้วโลก เหนือและขั้วโลกใต้ ดังนั้นจึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลก๊าซในชั้นบรรยากาศ ปรากฏเป็นแสงสีที่สวยงามให้เราเห็น แต่แสงเหนือแสงใต้บนดาวพฤหัสบดีเกิดจากอนุภาคที่ปะทุขึ้นมาจากภูเขาไฟบนดวงจันทร์ไอโอ ถูกอิทธิพลของ สนามแม่เหล็กของดาวพฤหัสบดีกักไว้ให้อยู่บริเวณขั้วแม่เหล็กของดาว และเคลื่อนที่หมุนรอบไปกับดาว จึง เปล่งแสงออกมาตลอดเวลา



รูปที่ 50 ภาพถ่ายดาวพฤหัสบดี จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต แสดงให้เห็นถึงแสงเหนือแสงใต้ที่ขั้วเหนือและใต้ของดาว (STScI/NASA)

จุดแดงใหญ่ (The Great Red Spot)

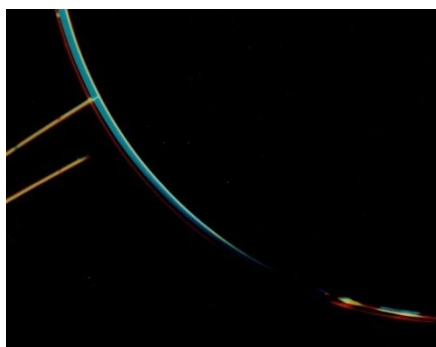
จุดแดงใหญ่ที่ปรากฏบริเวณซีกใต้ของดาวพฤหัสบดี เกิดขึ้นมาแล้วกว่า 300 ปี เป็นจุดศูนย์กลางของพายุหมุนอันมหึมาที่มีขนาดใหญ่กว่าโลกถึงสองเท่า (26,000 กิโลเมตร) สีของพายุนั้นขึ้นอยู่กับระดับความสูง ถ้าเป็นพายุระดับต่ำจะเห็นเป็นสีน้ำเงิน สูงขึ้นมาจะเป็นสีส้มเข้ม สีขาว และที่ระดับสูงสุดจะเห็นเป็นสีแดง นอกจากนี้สีของพายุยังบ่งบอกถึงองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันในชั้นบรรยากาศของดาวพฤหัสบดีด้วย



รูปที่ 51 ภาพขยายจุดแดงใหญ่ (NASA/JPL)

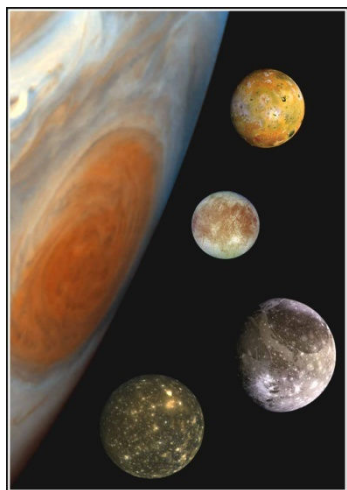
วงแหวนของดาวพฤหัสบดี

นักดาราศาสตร์ในทีมงานของยานอวกาศวอยเอจเจอร์ 1 ค้นพบว่าดาวพฤหัสบดีมีวงแหวนเช่นเดียวกับดาวเสาร์ แต่มีขนาดเล็กและบางกว่ามาก และไม่สว่างมากนัก อาจเป็นเพราะเศษหินและฝุ่นในวงแหวนมีขนาดเล็กมากและไม่มีน้ำแข็งเป็นส่วนประกอบทำให้สะท้อนแสงอาทิตย์ได้ไม่ดี



รูปที่ 52 ภาพวงแหวนของดาวพฤหัสบดี (NASA/JPL)

ดวงจันทร์บริวารหลักของดาวพฤหัสบดี



รูปที่ 53 ภาพถ่ายเปรียบเทียบขนาดของจุดแดงใหญ่และดวงจันทร์บริวารหลัก (จากบนลงล่าง - ไอโอ ยูโรปา แกนีมีดและคัลลิสโต)

จากยานอวกาศวอยเอจเจอร์ (NASA/JPL)

ดาวพฤหัสบดีมีดวงจันทร์บริวารทั้งหมด 60 ดวง แต่มีเพียง 4 ดวงที่ใหญ่พอที่จะสังเกตได้ด้วยกล้องดูดาวขนาดเล็กหรือด้วยกล้องสองตา ได้แก่ ไอโอ ยูโรปา คัลลิสโต และแกนีมีด กาลิเลโอเป็นผู้ค้นพบดวงจันทร์ 4 ดวงนี้จึง เรียกว่า ดวงจันทร์ของกาลิเลโอ (Galilean Satellites)

1) ไอโอ (Io)

พื้นผิวของดวงจันทร์ไอโอมีอายุน้อยมากและมีหลุมอุกกาบาตอยู่ไม่มากนักซึ่งแตกต่างจากดวงจันทร์บริวารดวงอื่นๆ ไอโอเป็นดวงจันทร์ดวงเดียวที่พบว่ามีความร้อนภายในที่กำลังคุกรุ่นอยู่ ข้อมูลจากยานกาลิเลโอบ่งชี้ว่า ไอโอมีแกนเป็นเหล็ก (อาจมีส่วนผสมของเหล็กซัลไฟด์ปนอยู่ด้วย) มีรัศมีอย่างน้อย 900 ก.ม.

2) ยูโรปา (Europa)

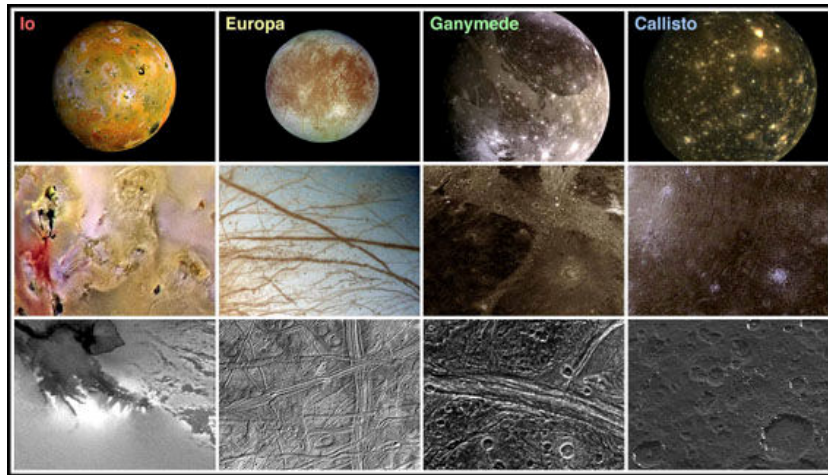
ดวงจันทร์ยูโรปามีพื้นผิวที่มีอายุน้อยและมีหลุมอุกกาบาตน้อยเช่นเดียวกับไอโอ แต่มีลักษณะที่แตกต่างออกไปคือ มีพื้นผิวที่เป็นน้ำแข็ง คล้ายกับทะเลน้ำแข็งบนโลก ดังนั้นจึงสันนิษฐานว่าน่าจะมีน้ำที่เป็นของเหลวอยู่ภายใต้เปลือกน้ำแข็งนี้ พบว่ามีเส้นสายสีคล้ำกระจายอยู่เป็นทางบนพื้นผิวที่เป็นน้ำแข็ง คาดว่าเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ หรือน้ำพุร้อน นำเอาแร่ธาตุต่างๆ ขึ้นมาสู่ผิว

3) แกนีมีด (Ganymede)

แกนีมีดเป็นดวงจันทร์บริวารที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ มีขนาดใหญ่กว่าดาวพุธ แต่มีมวลเพียงครึ่งหนึ่งของดาวพุธ พื้นผิวของแกนีมีด มีลักษณะภูมิประเทศสองแบบ คือบริเวณที่มีอายุมากจะมีสีคล้ำและเต็มไปด้วยหลุมอุกกาบาต ส่วนบริเวณที่มีอายุน้อยจะมีสีจางกว่าและเต็มไปด้วยแนวสันและร่องซึ่งเกิดจากการเคลื่อนตัวของเปลือก

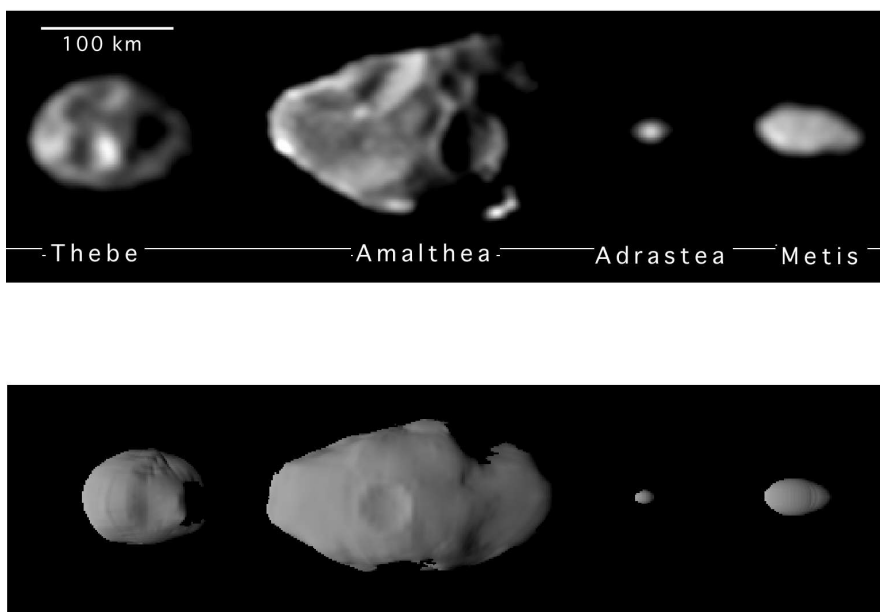
4) คัลลิสโต (Callisto)

ดวงจันทร์คัลลิสโตมีขนาดเล็กกว่าดาวพุธเล็กน้อย แต่มีมวลเพียง 1 ใน 3 ของดาวพุธ มีโครงสร้างภายในที่ประกอบด้วยน้ำแข็ง 40% และหินปนน้ำแข็ง 60% พื้นผิวเกือบทั้งหมดของคัลลิสโตเต็มไปด้วยหลุมอุกกาบาตขนาดใหญ่และเล็กอยู่มากมาย คัลลิสโตเป็นดวงจันทร์ที่มีพื้นผิวที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดและมีหลุมอุกกาบาตมากที่สุดในระบบสุริยะ พื้นผิวของมันเปลี่ยนไปน้อยมาก นับตั้งแต่การปะทะกับหลุมอุกกาบาต เมื่อในยุคก่อกำเนิดระบบสุริยะ เมื่อ 4 พันล้านปีมาแล้ว



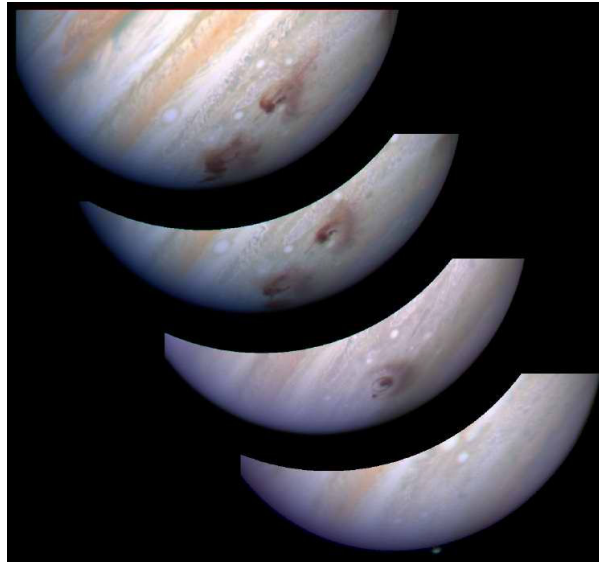
รูปที่ 54 ภาพถ่ายพื้นผิวดวงจันทร์บริวารหลัก จากยานอวกาศกาลิเลโอ NASA/JPL

ดาวพฤหัสบดีมีดวงจันทร์บริวารชั้นในอีก 4 ดวง คือ อมัลเทีย (Amalthea) เทเบ (Thebe) เมทิส (Metis) และอดราสเทีย (Adrastea) ที่โคจรในระนาบและทิศทางเดียวกับทิศทางการหมุนรอบตัวเองของดาวพฤหัสบดี เช่นเดียวกับดวงจันทร์ของกาลิเลโอทั้งสี่ดวงและวงแหวนของดาวพฤหัสบดี ในขณะที่ดวงจันทร์อื่นๆ ที่เหลืออีก 31 ดวงมีวงโคจรที่แตกต่างกันไป ซึ่งสันนิษฐานว่าพวกมันอาจเป็นอุกกาบาตที่ถูกแรงโน้มถ่วงของดาวพฤหัสบดีดึงดูดมาให้โคจรรอบ



รูปที่ 55 ภาพถ่ายดวงจันทร์บริวารชั้นในและขนาดเปรียบเทียบ จากยานอวกาศกาลิเลโอ (บน) และแบบจำลอง (ล่าง) (NASA/JPL)

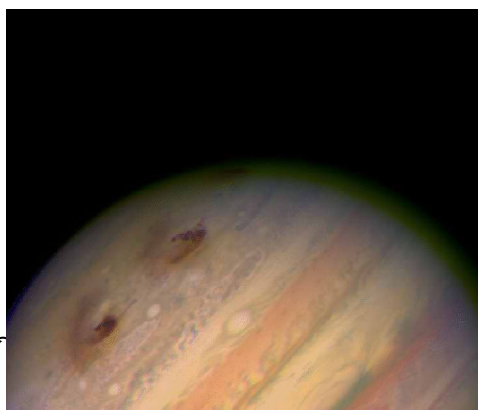
ดาวหางชูเมกเกอร์-เลวี 9 พุ่งชนดาวพฤหัสบดี



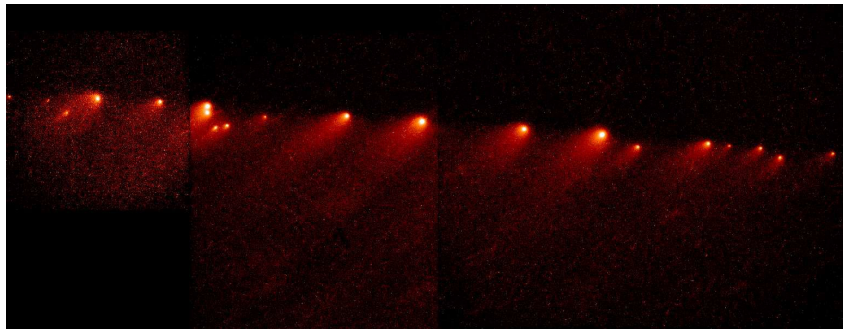
รูปที่ 56 ภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล แสดงวิวัฒนาการของพื้นผิวดาวพฤหัสบดี หลังจากการพุ่งเข้าชนของชิ้นส่วน G เป็นเวลา 5 นาที 1.5 ชั่วโมง 1.3 และ 5 วันตามลำดับ จากล่างขึ้นบน (Evans, Trauger, Hammel & HST Comet Science Team/NASA)

ในปี พ.ศ. 2537 มีเหตุการณ์ที่สำคัญเกิดขึ้น คือ การที่ดาวหางชูเมกเกอร์-เลวี 9 (Shoemaker-Levy 9) โคจรเข้ามาในระบบสุริยะ ด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงอันมหาศาลของดาวพฤหัสบดีทำให้ดาวหางแตกเป็นเสี่ยงๆ จำนวน 23 ชิ้น กระจายเป็นระยะทางประมาณ 1 ล้านกิโลเมตร (ประมาณ 3 เท่าของระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์) ชิ้นส่วนของดาวหางทยอยพุ่งเข้าชนดาวพฤหัสบดีในช่วงเวลา 6 วัน

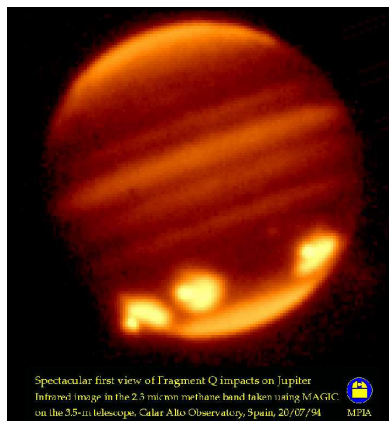
ผลจากการชนปรากฏให้เห็นเป็นจุดดำในชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นร่องรอยของการระเบิดอย่างมหึมา ภาพที่เห็นเป็นภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ของบริเวณที่ถูกชิ้นส่วน G ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของดาวหางชน บริเวณสีดำเป็นก๊าซมีเทน บริเวณที่สว่างกว่าเกิดจากแสงอาทิตย์สะท้อนก๊าซอื่นๆ ที่ถูกแรงระเบิดส่งขึ้นมาเหนือชั้นเมฆมีเทน



รูปที่ 57 ภาพรอยที่ปรากฏบนดาวพฤหัสบดีหลังจากการชนของดาวหาง (Hammel & HST Comet Science Team/NASA)



รูปที่ 58 ภาพดาวหางชูเมกเกอร์-เลวี 9 จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล (Weaver & Smith, STScI/NASA)



รูปที่ 59 ภาพถ่ายในช่วงคลื่นอินฟราเรด จากกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เมตร หอดูดาวคาลาร์ อัลโต (Calar Alto Observatory) ประเทศสเปน การชนของชิ้นส่วน Q ในวันที่ 20 ก.ค. พ.ศ. 2537

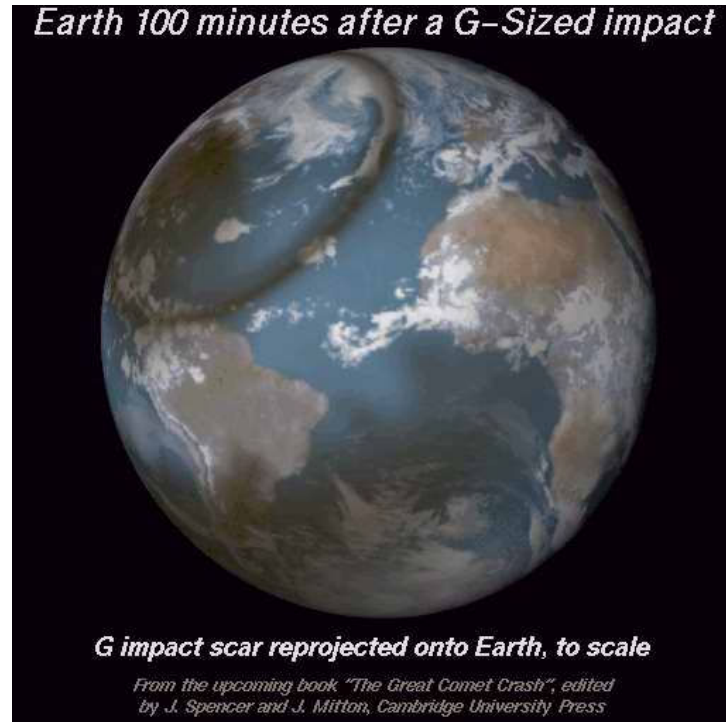
แสดงให้เห็นถึงพลังงานความร้อนมหาศาลที่เกิดจากการชน (Herbst, MPIA, Germany)

ภาพเปรียบเทียบถ้าชิ้นส่วน G ของดาวหางชูเมกเกอร์-เลวี 9 ชนโลก

ภาพจำลองแสดงภาพของโลก ที่เวลา 1 ชั่วโมง 45 นาทีหลังจากถูกชิ้นส่วน G ของดาวหางชูเมกเกอร์-เลวี 9 พุ่งเข้าชนที่เมืองดีทรอยต์ ทางซีกตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกา จะเห็นว่าฝุ่นและควันที่

นายกัณฑ์ธนากร น้อยเสนา ครูวิชาการ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (nu@mwit.ac.th, Tel.02-8497210)

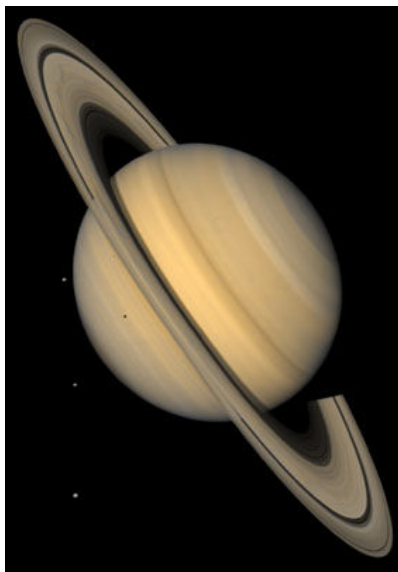
เกิดจากการชนแผ่กระจายไปเป็นวงกว้าง พาดผ่านมหาสมุทรแอตแลนติกไปยังทวีปยุโรป บางส่วนกระจายไปปกคลุมอยู่ทางตอนใต้ของทวีปอเมริกาใต้และทวีปแอฟริกา ทำให้เราสามารถจินตนาการได้ถึงความรุนแรงและผลที่ตามมาจากการชนของชิ้นส่วนดาวหางได้



รูปที่ 60 ภาพจำลองแสดงถึงสภาพที่เกิดขึ้นกับโลก ถ้าชิ้นส่วน G ของดาวหางชนโลกที่แผ่นดินทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Spencer, Lowell Observatory, Flagstaff, Arizona)

11. ดาวเสาร์ (Saturn)

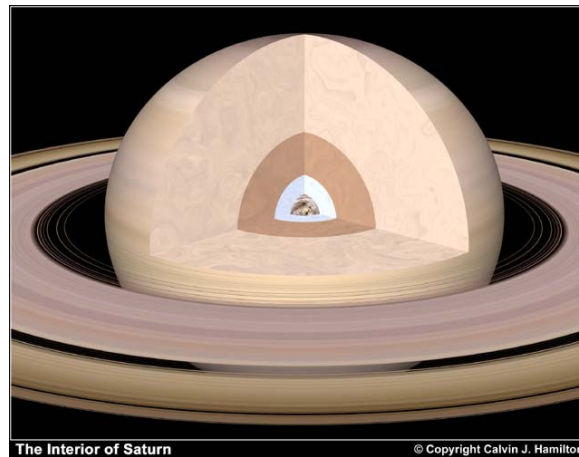


รูปที่ 61 ภาพดาวเสาร์เต็มดวงจากยานอวกาศวอยเอจเจอร์ NASA/JPL

ดาวเสาร์อยู่ไกลจากดวงอาทิตย์เป็นอันดับที่ 6 มีปริมาตรมากกว่าโลกถึง 775 เท่า ประกอบไปด้วยไฮโดรเจนและฮีเลียมที่อยู่ในรูปก๊าซและของเหลว มีชั้นบรรยากาศที่มองเห็นเป็นแถบคาดที่ละติจูดต่างๆ ของตัวดาวและมีสีแตกต่างกันไป เนื่องมาจากการแปรปรวนของลมในทิศทางที่สวนกัน ดาวเสาร์โคจรรอบดวงอาทิตย์ใช้เวลาเท่ากับ 29.5 ปีบนโลก แต่ดาวเสาร์หมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วที่สูงมาก เวลาที่ใช้ในการหมุนรอบตัวเอง 10 ชั่วโมง 40 นาที จึงทำให้มีรูปร่างเป็นทรงกลมแป้นบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรคล้ายกับดาวพฤหัสบดี ความเร็วลมที่เส้นศูนย์สูตรสูงถึง 1,800 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดาวเสาร์มีแกนหมุนที่เอียงทำมุม 26.73 องศากับระนาบโคจรรอบดวงอาทิตย์ (ใกล้เคียงกับแกนหมุนโลก)

ดาวเสาร์มีความหนาแน่นน้อยกว่าดาวเคราะห์อื่นๆ และมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ดาวเสาร์มีวงแหวนอยู่ล้อมรอบเป็นจำนวนมากมาย วงแหวนดาวเสาร์มีลักษณะที่ซับซ้อนและสวยงามที่สุดในระบบสุริยะ ถูกค้นพบในสมัยศตวรรษที่ 17 เมื่อมีการประดิษฐ์กล้องดูดาวขึ้นใช้ รายละเอียดของดาวเสาร์ส่วนใหญ่ได้มาจากข้อมูลจากการสำรวจของยานอวกาศวอยเอจเจอร์ 2 พบว่าในบริเวณวงแหวนดาวเสาร์มีแถบฝุ่นมืดคั่นอยู่หลายชั้น ซึ่งเรายังไม่ทราบที่มาของแถบฝุ่นมืดเหล่านี้

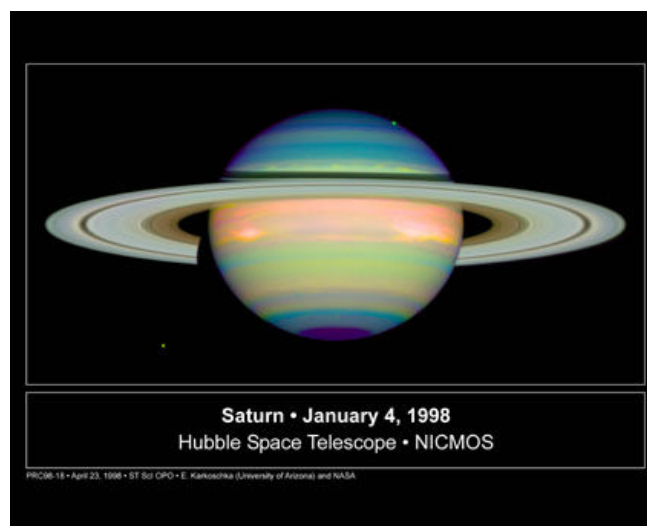
โครงสร้างดาวเสาร์



รูปที่ 61 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างดาวเสาร์ (Calvin J. Hamilton)

แกนกลางของดาวเสาร์เป็นหินแข็งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30,000 กิโลเมตร ล้อมรอบไปด้วยชั้นของเหลวที่ประกอบไปด้วยน้ำ มีเทน และแอมโมเนีย แมนเทิลชั้นในประกอบด้วยฮีเลียมและไฮโดรเจนเหลวที่มีสมบัติเป็นโลหะ แมนเทิลชั้นนอกประกอบด้วยไฮโดรเจนและฮีเลียมในรูปของของเหลวและก๊าซ

บรรยากาศดาวเสาร์ประกอบไปด้วยไฮโดรเจน 96.3% ฮีเลียม 3.3% และธาตุอื่นๆ 0.4% ชั้นนอกสุดของดาวเสาร์ประกอบด้วยแอมโมเนีย



รูปที่ 62 ภาพดาวเสาร์ในช่วงคลื่นอินฟราเรด

ภาพดาวเสาร์ในช่วงคลื่นอินฟราเรด ด้วยชุดกล้องถ่ายภาพนิคมอส (NICMOS) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างขององค์ประกอบในชั้นบรรยากาศ สีน้ำเงินแสดงถึงบริเวณที่เป็นชั้นเมฆหลักที่เต็มไปด้วยผลึกน้ำแข็งแอมโมเนีย สีเขียวและเหลืองแสดงถึงกลุ่มเมฆที่ลอยอยู่เหนือชั้นเมฆหลัก สีเขียวแสดงบริเวณที่มีเมฆอยู่เบาบาง สีเหลืองแสดง

ว่ามีเมฆอยู่หนาแน่นกว่า สีส้มและแดงแสดงถึงกลุ่มเมฆชั้นสูงสุดที่เกิดจากบริเวณที่มีพายุแปรปรวน คือบริเวณรอบเส้นศูนย์สูตร (Erich Karkoschka (University of Arizona)/NASA)

แสงเหนือ-แสงใต้

จากภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต แสดงให้เห็นถึงแสงเหนือแสงใต้ที่ขั้วเหนือและใต้ของดาว เช่นเดียวกับแสงเหนือแสงใต้บนดาวพฤหัสบดี เกิดจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงถูกอิทธิพลของสนามแม่เหล็กของดาวพฤหัสบดีกักไว้ให้อยู่บริเวณขั้วแม่เหล็กของดาว และเคลื่อนที่หมุนรอบไปกับดาว จึงเปล่งแสงออกมาตลอดเวลา



รูปที่ 63 ภาพดาวเสาร์และแสงเหนือแสงใต้ที่ขั้วทั้งสอง ถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต

Trauger, JPL/NASA

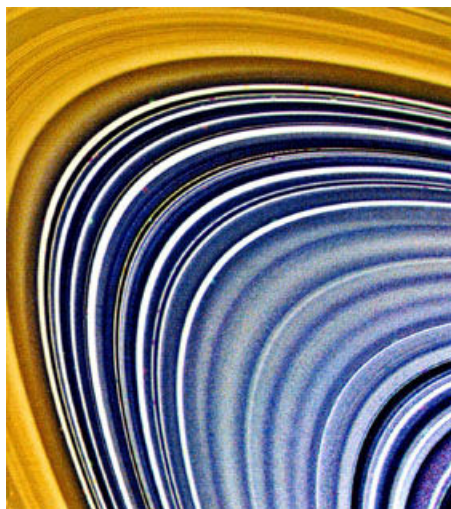
วงแหวนของดาวเสาร์

วงแหวนของดาวเคราะห์แต่ละดวงนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกันไป แต่ล้วนประกอบไปด้วยชิ้นส่วนที่เป็นก้อนหินและน้ำแข็ง ขนาดของชิ้นส่วนนั้นอาจมีขนาดเล็กเท่าเม็ดธัญพืช หรืออาจมีขนาดใหญ่เท่าหินก้อนโตก็ได้ เรายังไม่รู้แน่ชัดถึงที่มาของชิ้นส่วนเหล่านี้ อาจเป็นเศษที่เหลือจากการเกิดดาวเคราะห์ หรืออาจเป็นดวงจันทร์บริวารที่แตกสลายลงก็ได้

ดาวเสาร์มีวงแหวนที่ใหญ่ ชับซ้อนและสวยงาม สามารถสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์ได้ดีกว่าวงแหวนของดาวเคราะห์อื่นๆ ทำให้เราดูวงแหวนของดาวเสาร์นั้นน่าจะประกอบไปด้วยน้ำแข็งมากกว่าที่จะเป็นเศษหิน วงแหวนดาวเสาร์มีความกว้างหลายพันกิโลเมตร เราสังเกตวงแหวนดาวเสาร์ด้วยกล้องโทรทรรศน์จากพื้นโลก เราจะมองเห็นเพียงวงแหวนชั้น A และ B ช่องว่างระหว่างวงแหวนทั้งสองชั้นนี้เรียกว่า ช่องแคบแคสสินี (Cassini division) แต่จากภาพถ่ายวงแหวนดาวเสาร์จากยานวอยเอจเจอร์พบว่า ในแถบวงแหวนชั้น A มีช่องว่างที่เรียกว่า ช่องว่างเอนเค (Encke gap) นอกจากนี้ยังพบว่ามีวงแหวนชั้นนอก (ชั้น F, G และ E) และแถบวงแหวนชั้นใน (ชั้น C และ D) ที่บางและไม่สว่างมากนัก



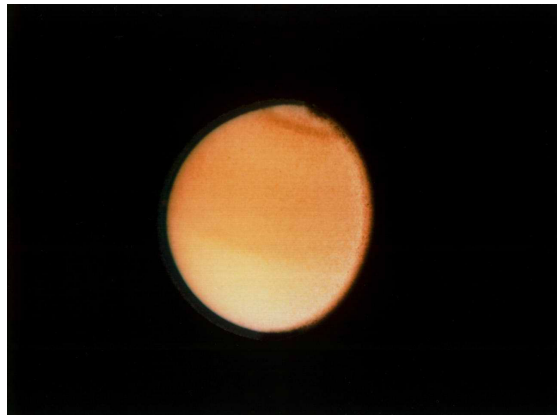
รูปที่ 64 ภาพขยายแสดงกลุ่มวงแหวนชั้น A (วงนอกสุด) ช่องแคบแคสสินี วงแหวนชั้น B (สีเขียวและสีส้ม) และวงแหวนชั้น C (สีน้ำเงิน) NASA/JPL



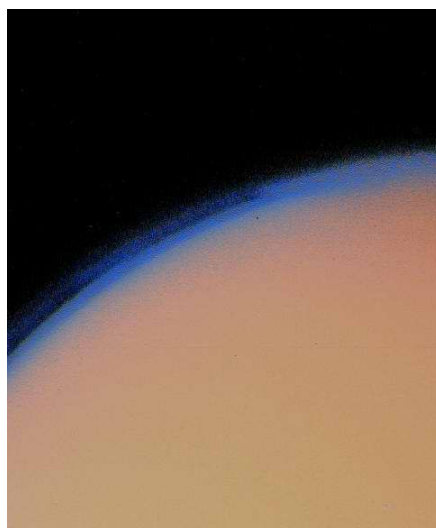
รูปที่ 64 ภาพขยายแสดงวงแหวนชั้นใน วงแหวนชั้น B (สีเหลือง) และวงแหวนชั้น C (สีฟ้า) NASA/JPL
ดวงจันทร์บริวารของดาวเสาร์

ดาวเสาร์มีดวงจันทร์บริวารอย่างน้อย 30 ดวง ดวงจันทร์บริวารที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ ไททัน (Titan) ที่มีขนาดใหญ่กว่าดาวพุธ ไททันมีชั้นบรรยากาศที่ประกอบไปด้วยก๊าซไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจมีสภาพที่คล้ายกับโลกของเราในอดีต การศึกษาบรรยากาศของดาวไททันโดยละเอียดอาจทำให้เราทราบถึงความเป็นมาของโลกได้ดีขึ้น

ดวงจันทร์บริวารที่มีขนาดใหญ่รองลงไปจากไททันได้แก่ รี (Rhea) ดีโอนี (Dione) ไออาเพตัส (Iapetus) เททิส (Tethys) เอนเซลาดัส (Enceladus) และมิมัส (Mimas) ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า ดวงจันทร์เหล่านี้มีความหนาแน่นน้อยกว่า 1,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำให้เราสามารถสันนิษฐานได้ว่าดวงจันทร์เหล่านี้มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำแข็งและมีหินผสมอยู่เพียงเล็กน้อย



รูปที่ 65 ภาพถ่ายดวงจันทร์ไททัน (Titan) (NASA/JPL)



รูปที่ 65 ภาพถ่ายชั้นบรรยากาศของดวงจันทร์ไททัน (Titan) (NASA/JPL)

12. ดาวยูเรนัส

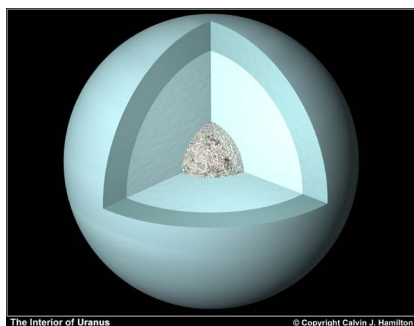
ดาวยูเรนัสอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์เป็นอันดับที่ 7 ดาวยูเรนัสถูกค้นพบโดยนักดาราศาสตร์ชื่อวิลเลียม เฮอร์เชล เมื่อปี พ.ศ. 2325 จากการสังเกตจากกล้องดูดาวที่เขาสร้างขึ้นเองและใช้สำรวจท้องฟ้าในยามค่ำคืน ในตอนแรกเขาคิดว่าเป็นดาวหาง แต่หลังจากได้ติดตามบันทึกตำแหน่งจึงพบว่ามันเป็นดาวเคราะห์ดวงใหม่ที่โคจรอยู่ที่ระยะห่างประมาณ 19.5 AU ทำให้นักดาราศาสตร์ในสมัยนั้นได้จินตนาการใหม่ว่าระบบสุริยะเราใหญ่ขึ้นเป็นสองเท่า (เดิมคิดว่าระบบสุริยะมีขนาดใหญ่เท่ากับวงโคจรของดาวเสาร์ ประมาณ 9 AU)

ดาวยูเรนัสโคจรรอบดวงอาทิตย์ โดยมีแกนหมุนที่เอียงเกือบขนานกับระนาบทางโคจรรอบดวงอาทิตย์ ดังนั้นเมื่อดาวยูเรนัสหมุนรอบตัวเอง แสงอาทิตย์จะเริ่มฉายผ่านขั้วหนึ่ง และผ่านไปยังบริเวณศูนย์สูตร และไปยังขั้วตรงกันข้าม เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิบนดาวยูเรนัสไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามด้วยการที่ดาวยูเรนัสใช้เวลาโคจรรอบดวงอาทิตย์นานถึง 84 ปี ทำให้แต่ละฤดูกาลยาวนานถึงกว่า 20 ปี

โครงสร้าง

แกนกลางของดาวยูเรนัสเป็นหินแข็งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17,000 กิโลเมตร ล้อมรอบไปด้วยชั้นของเหลวที่ประกอบไปด้วยน้ำและแอมโมเนีย แมนเทิลชั้นนอกประกอบด้วยฮีเลียมเหลวและไฮโดรเจนเหลวที่ผสมกลมกลืนกับชั้นบรรยากาศ

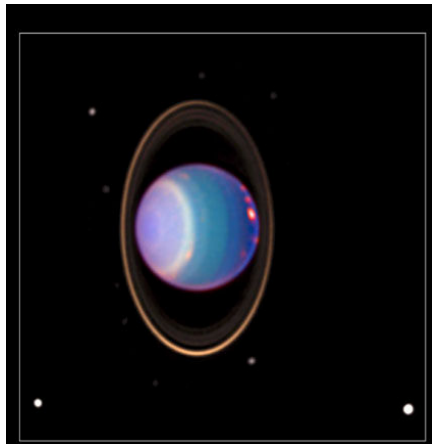
บรรยากาศของดาวยูเรนัสประกอบด้วยไฮโดรเจน 83% ฮีเลียม 15% และมีเทน 2% ชั้นเมฆที่ระดับความดันบรรยากาศ 1 บาร์มีอุณหภูมิประมาณ -197 องศาเซลเซียส ก๊าซมีเทนดูดกลืนแสงสีแดงและสะท้อนแสงสีน้ำเงิน ดาวยูเรนัสจึงปรากฏเป็นสีน้ำเงินอมเขียวนวล (ภาพถ่ายจากยานวอยเอจเจอร์ ในปี พ.ศ. 2529 แทบจะมองไม่เห็นการแปรปรวนของชั้นบรรยากาศ แต่จากภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลในปี พ.ศ. 2541 ปรากฏให้เห็นถึงแถบสีต่างๆ ตามระดับความแตกต่างของละติจูด และยังปรากฏพายุหลายลูกในบริเวณขั้วเหนือของดาว มีบริเวณกว้างกว่า 1000 กิโลเมตร และสังเกตในช่วงคลื่นอินฟราเรดได้ดีกว่าช่วงคลื่นแสง



รูปที่ 66 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายในของดาวยูเรนัส (Calvin J. Hamilton)

วงแหวน

วงแหวนของดาวยูเรนัสถูกค้นพบโดยบังเอิญเมื่อปี พ.ศ. 2520 จำนวน 6 วง โดยที่นักดาราศาสตร์ที่หอดูดาวไคเปอร์แอร์บอร์น ขององค์การนาซา ในขณะที่เฝ้าสังเกตปรากฏการณ์ที่ดาวยูเรนัสโคจรผ่านหน้าดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง เพื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวยูเรนัสอย่างละเอียด และต่อมาในปี 2529 หอดูดาวเพิร์ทและยานวอยเอจเจอร์ได้ค้นพบอีก 5 วง รวมเป็น 11 วง วงแหวนของดาวยูเรนัสนั้นไม่สว่างมากนัก เช่นเดียวกับวงแหวนของดาวพฤหัสบดีและเนปจูน



รูปที่ 67 ภาพดาวยูเรนัสเต็มดวงและวงแหวน จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล
ปรากฏภาพยูริเวณขั้วเหนือของดาว (Erich Karkoschka (University of Arizona)/NASA)

ดวงจันทร์บริวารของดาวยูเรนัส

ดาวยูเรนัสมีดวงจันทร์บริวารรวมทั้งสิ้น 21 ดวง ชื่อของดวงจันทร์บริวารนี้ได้ถูกตั้งตามเทพนิยายกรีก แต่ตั้งตามตัวละครในบทประพันธ์ของเชคสเปียร์และอเล็กซานเดอร์ ป๊อป

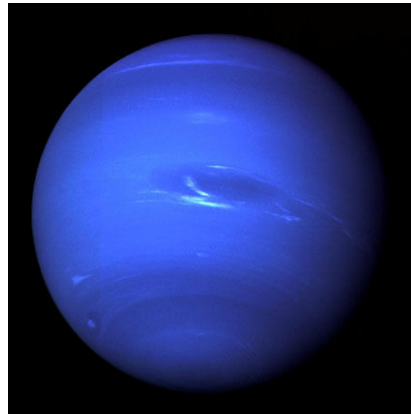
มिरันดา (Miranda) เป็นดวงจันทร์ที่น่าสนใจมากที่สุดของดาวยูเรนัส ดังจะเห็นได้ในภาพที่ถ่ายจากยานอวกาศวอยเอจเจอร์ 2 ในปี พ.ศ. 2529 ดวงจันทร์มिरันดามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 484 กิโลเมตร (ประมาณหนึ่งในเจ็ดของดวงจันทร์ของโลก) มีขนาดดวงโคจรรอบดาวยูเรนัส 129,800 กิโลเมตร พื้นที่ขรุขระของดวงจันทร์มिरันดาไม่ได้เป็นเพียงหลุมอุกกาบาตเท่านั้น แต่เต็มไปด้วยภูเขาและหุบเหวต่างๆ ลักษณะทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นว่าพื้นผิวดวงจันทร์มिरันดา มีการเคลื่อนตัวคล้ายกับการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก

นอกจากนี้ยังมีดวงจันทร์บริวารหลักที่สำคัญอีกสี่ดวงคือ แอเรียล (Ariel) อัมเบรียล (Umbriel) ไททาเนีย (Titania) และโอเบรอน (Oberon)



รูปที่ 68 ภาพดวงจันทร์บริวารหลัก แสดงลักษณะพื้นผิวและขนาดเปรียบเทียบ (NASA/JPL)

13. ดาวเนปจูน



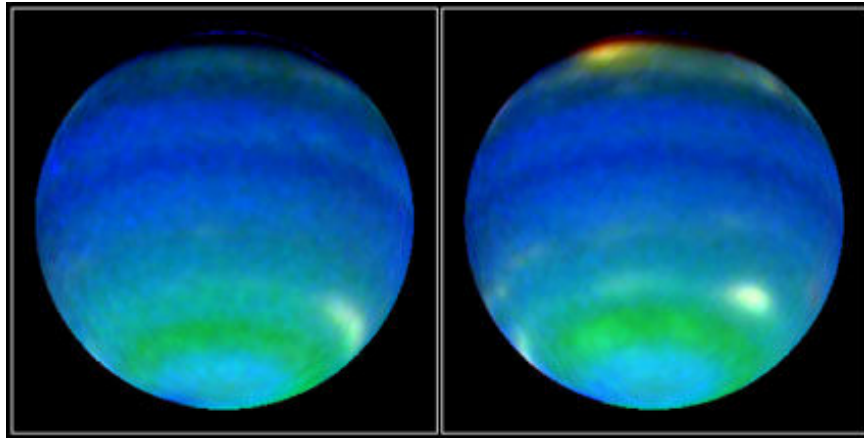
รูปที่ 69 ภาพดาวเนปจูนเต็มดวง ภาพถ่ายจากยานวอยเอจเจอร์ แสดงให้เห็นลักษณะเมฆที่ปกคลุม จุดดำใหญ่ (อยู่กลางภาพ)

และพายุลูกเล็ก (มุมล่างซ้าย) บริเวณสีขาวเป็นเมฆชั้นสูงที่ประกอบไปด้วยเกล็ดน้ำแข็งมีเทน (NASA/JPL)

ดาวเนปจูนอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์เป็นลำดับที่ 8 ถูกค้นพบหลังจากการค้นพบดาวยูเรนัส ด้วยการที่พบว่าวงโคจรของดาวยูเรนัสไม่ได้เป็นไปตามกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน จึงมีการสันนิษฐานว่า ต้องมีดาวเคราะห์อีกดวงที่รบกวนการโคจรของดาวยูเรนัส และนักดาราศาสตร์ได้ใช้คณิตศาสตร์คำนวณตำแหน่งและวงโคจรของดาวเนปจูน และสังเกตพบในปี พ.ศ. 2389 และในปีเดียวกันก็ค้นพบดวงจันทร์บริวารทริทัน

ดาวเนปจูนเป็นดาวเคราะห์สีน้ำเงินเช่นเดียวกับดาวยูเรนัส เพราะในชั้นบรรยากาศมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ดาวเนปจูนมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางโลก หรือมีปริมาตรเป็น 60 เท่าของโลก มีวงแหวนล้อมรอบจำนวน 4 วงและมีดวงจันทร์บริวารทั้งสิ้น 8 ดวง

วงโคจรของดาวเนปจูนมีระยะเวลายาวนานถึง 165 ปีบนโลก ดังนั้นฤดูกาลบนดาวเนปจูนจะยาวนานถึง 41 ปี แต่ดาวเนปจูนหมุนรอบตัวเองเร็วกว่าโลกมากโดยใช้เวลาเพียง 16 ชั่วโมงเศษ ประกอบกับแกนหมุนที่เอียง 29 องศา ทำให้เกิดการแปรปรวนของชั้นบรรยากาศอย่างรุนแรง มีความเร็วลมสูงกว่าบนดาวพฤหัสบดีถึง 3 เท่า



รูปที่ 70 ภาพถ่ายดาวเนปจูนทั้งสองด้านของดาว จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ.

2539

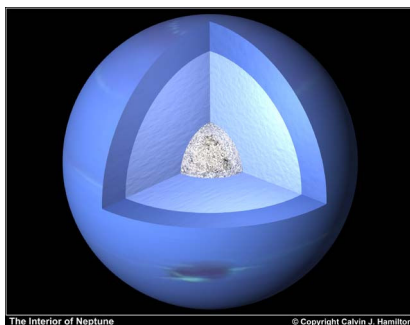
ปรากฏเป็นแถบสีต่างๆ สีน้ำเงินเป็นเมฆมีเทนชั้นสูง สีเหลืองและสีแดงแสดงถึงกลุ่มเมฆที่อยู่ในชั้นสูงสุด (ปรากฏอยู่ด้านบนของรูป) แถบสีเขียวบริเวณรอบขั้วใต้ของดาวเป็นบริเวณที่ดูดกลืนแสงสีน้ำเงินได้ดี

ซึ่งคาดว่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ (Lawrence Sromovsky, University of Wisconsin-

Madison/STScI/NASA)

โครงสร้าง

ดาวเนปจูนมีแกนกลางที่เป็นหินแข็ง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 14,000 กิโลเมตร ชั้นแมนเทิลชั้นในเป็นของเหลวประกอบด้วยน้ำและแอมโมเนีย เกิดน้ำแข็งในชั้นแมนเทิลนี้ผสมผสานเข้ากับชั้นบรรยากาศของดาวเนปจูนที่อยู่ถัดออกไป วงแหวนของดาวเนปจูนเพิ่งถูกค้นพบโดยยานวอยเอเจอร์ 2 เช่นกัน เราจึงไม่ทราบว่ามันประกอบด้วยอะไรบ้าง แต่นักดาราศาสตร์คิดว่าน่าจะเป็นพวกเศษหินและน้ำแข็ง



รูปที่ 71 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายใน (Calvin J. Hamilton)

ชั้นบรรยากาศ

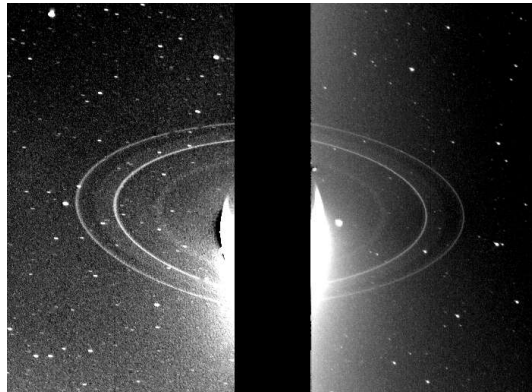
ประกอบด้วยไฮโดรเจน 79% ฮีเลียม 18% และมีเทน 3% ชั้นเมฆที่ระดับความดันบรรยากาศ 1 บาร์ มีอุณหภูมิ -200 องศาเซลเซียส ภาพถ่ายดาวเนปจูนจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลแสดงให้เห็นถึงแถบสีต่างๆ คล้ายกับที่พบบนดาวพฤหัสบดี บริเวณแถบสีอ่อนแสดงให้เห็นถึงบริเวณที่เมฆถูกยกขึ้นไปในระดับสูง บริเวณแถบสีเข้มเป็นบริเวณที่เมฆกำลังจมลงสู่เบื้องล่าง

จุดดำใหญ่ (Great Dark Spot)

ภาพถ่ายดาวเนปจูนจากยานวอยเอเจอร์ในปี พ.ศ. 2532 ปรากฏเป็นวงรีสีน้ำเงินเข้มที่บริเวณกลางดวงใกล้กับเส้นศูนย์สูตรดาว เรียกว่า จุดดำใหญ่ (Great Dark Spot) เป็นบริเวณที่มีพายุขนาดใหญ่พองๆ กับขนาดของโลก เคลื่อนตัวด้วยความเร็วสูงถึง 1200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากภาพถ่ายดาวเนปจูนจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลในปี พ.ศ. 2537 ไม่ปรากฏจุดดำใหญ่นี้ให้เห็น แต่ปรากฏจุดเข้มใหม่ ที่บริเวณขั้วดาว แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในชั้นบรรยากาศของดาวเนปจูน

วงแหวนของดาวเนปจูน

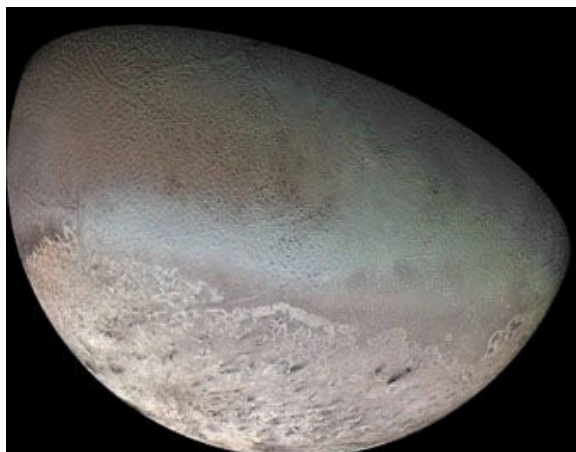
ดาวเนปจูนมีวงแหวนอยู่ 4 วง ล้วนมีขนาดที่แตกต่างกันและมีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ จากภาพถ่ายจากยานวอยเอจเจอร์แสดงให้เห็นถึงวงแหวนหลักสองวง และวงแหวนบางๆ อยู่ระหว่างวงแหวนทั้งสอง ชั้นส่วนในวงแหวนมีขนาดตั้งแต่ ระดับไมครอน ($1 \text{ ไมครอน} = 10^{-6} \text{ เมตร}$) จนถึงขนาด 10 เมตร



รูปที่ 72 ภาพถ่ายวงแหวนของดาวเนปจูน จากยานวอยเอจเจอร์ แถบมืดกลางภาพเป็นการบังแสงจากตัวดาว เพื่อที่จะสามารถสังเกตเห็นรายละเอียดของวงแหวนได้ดีขึ้น (NASA)

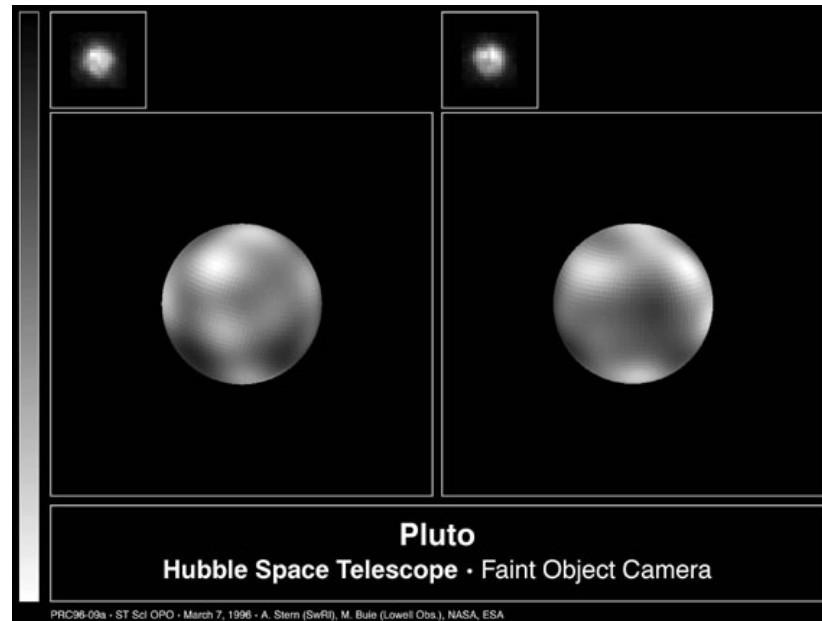
ดวงจันทร์บริวารของดาวเนปจูน

ดาวเนปจูนมีดวงจันทร์บริวารอยู่ 8 ดวง ภาพถ่ายจากยานวอยเอจเจอร์ แสดงให้เห็นลักษณะของดวงจันทร์บริวารหลักคือ ดวงจันทร์ทริตัน (Triton) ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในบรรดาดวงจันทร์บริวารทั้ง 8 ดวง ทริตันโคจรรอบดาวเนปจูนสวนทางกับทิศทางการหมุนรอบตัวเองของดาวเนปจูน และคาดว่ามันจะโคจรเข้าใกล้ดาวเนปจูนขึ้นเรื่อยๆ และพุ่งเข้าชนดาวเนปจูนในที่สุด (ใช้เวลาประมาณ 10 ถึง 100 ล้านปี) เมื่อถึงวันนั้นดาวเนปจูนอาจมีวงแหวนที่ใหญ่และสวยงามมากกว่าดาวเสาร์อีกด้วย ทริตันมีอุณหภูมิที่พื้นผิวประมาณ -235 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าจะมีอุณหภูมิต่ำถึงเพียงนี้ ยังพบไนโตรเจนในรูปของก๊าซพุ่งออกจากบริเวณขั้วใต้ของดาว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไนโตรเจนแข็งที่ปกคลุมอยู่บริเวณขั้วใต้ของดาวเกิดการระเหิดเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นในฤดูร้อน



รูปที่ 73 แสดงภาพดวงจันทร์บริวารหลักทริทอน(Triton) (NASA/JPL)

14. ดาวพลูโต (ดาวเคราะห์แคระ)



รูปที่ 74 ภาพดาวพลูโตทั้งสองด้านของดาว จากภาพขยายแสดงให้เห็นแสงสว่างบริเวณขั้วเหนือและใต้ของดาว สันนิษฐานว่าอาจเป็นขั้วน้ำแข็ง บริเวณสว่างอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรดาว อาจเป็นบริเวณแอ่งที่ราบที่สามารถสะท้อนแสงได้ดี (Stern(Southwest Research Institute), Buie(Lowell Observatory,NASA/ESA)

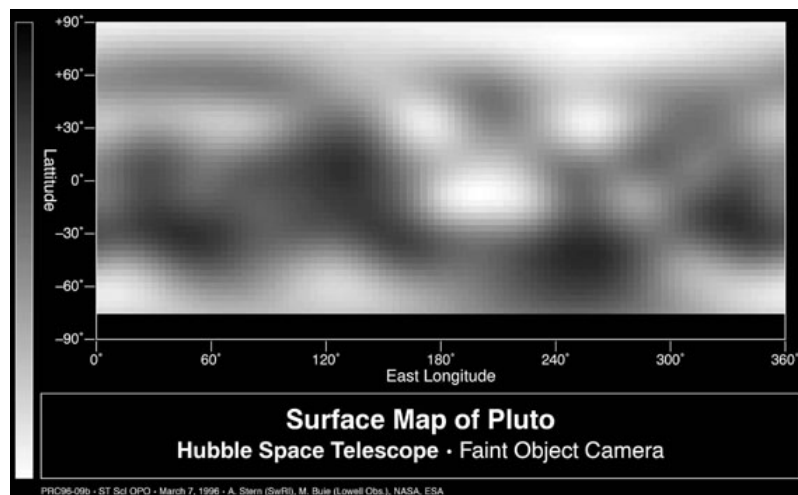
ถัดจากดาวเนปจูนออกไปเป็นดาวเคราะห์แคระ คือ ดาวพลูโต โคจรรอบดวงอาทิตย์ที่ระยะห่างโดยเฉลี่ย 5,900 ล้านกิโลเมตร ซึ่งประมาณ 40 เท่าของระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ หรือเท่ากับ 40 AU (Astronomical Units) ณ จุดที่ไกลจากดวงอาทิตย์มากเพียงนี้ ดาวพลูโตจะต้องมีอุณหภูมิที่เยือกเย็นและอยู่ในความมืดเป็นเวลายาวนาน ดาวพลูโตใช้เวลาถึง 248 ปีในการโคจรรอบดวงอาทิตย์ ดาวพลูโตนั้นมีขนาดเล็กกว่าดวงจันทร์บริวารหลักของดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ในระบบสุริยะ

นักดาราศาสตร์ค้นพบดาวพลูโตเมื่อปี พ.ศ. 2473 หลังจากที่มีการใช้วิธีคำนวณหาค่าการเบี่ยงเบนของวงโคจรดาวยูเรนัสและดาวเนปจูนในการค้นหาดาวเคราะห์ แต่ดาวพลูโตนั้นมีมวลไม่มากพอที่จะเบี่ยงเบนวงโคจรของดาวเคราะห์ทั้งสองดวงได้ นักดาราศาสตร์จึงเชื่อว่ายังมีดาวเคราะห์ดวงอื่นอยู่อีกในระบบสุริยะ และให้ชื่อว่า เป็นดาวเคราะห์เอ็กซ์ (Planet-X) แต่จวบจนปัจจุบันก็ยังไม่มีการค้นพบดาวเคราะห์ดังกล่าว เมื่อไม่นานมานี้มีการวัดค่ามวลของดาวเคราะห์ทั้งสามอย่างละเอียดและทำการคำนวณค่าการเบี่ยงเบนของวงโคจรของดาวเนปจูนและดาวยูเรนัสใหม่ พบว่าเกิดจากการรบกวนของวัตถุอื่นที่อยู่นอกวงโคจรของดาวเนปจูนและมีขนาดใกล้เคียงกับดาวพลูโต เรียกว่า พลูติโน (Plutino) ซึ่งเป็นวัตถุที่อยู่ในบริเวณรอบนอกของระบบสุริยะที่เรียกว่า แถบไคเปอร์ (Kuiper Belt)

โครงสร้างของดาวพลูโต

ที่จริงแล้วเราไม่ทราบแน่นอนว่าดาวพลูโตนั้นมีอะไรเป็นองค์ประกอบ แต่จากการคำนวณความหนาแน่นของดาวพลูโตจากปริมาตรและมวลของมัน นักดาราศาสตร์มีความเห็นว่ามีแกนเป็นหิน และมีชั้นแมนเทิลที่เป็นน้ำแข็ง จากการศึกษาเส้นสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นผิวของดาวพลูโต นักดาราศาสตร์สันนิษฐานว่า ดาวพลูโตมีพื้นผิวที่เป็นน้ำแข็งและมีเทน

บรรยากาศของดาวพลูโตประกอบไปด้วยไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์และมีเทน ชั้นบรรยากาศของดาวพลูโตนั้นเบาบางมากและจะเกิดขึ้นในขณะที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเท่านั้น เมื่อดาวพลูโตเคลื่อนที่ไกลออกไป อุณหภูมิที่พื้นผิวจะลดลงอย่างมาก ทำให้ชั้นบรรยากาศแข็งตัว ดาวพลูโตมีอุณหภูมิพื้นผิวโดยเฉลี่ยประมาณ -220 องศาเซลเซียส



รูปที่ 75 แผนที่แสดงพื้นผิวของดาวพลูโต (Stern(Southwest Research Institute), Buie(Lowell Observatory,NASA/ESA)

วัตถุพลูติโน

บริเวณที่อยู่ถัดออกไปจากวงโคจรของดาวพลูโต เรียกว่า แถบไคเปอร์ ที่เต็มไปด้วยเศษหินและวัตถุต่างๆ มากมาย นักดาราศาสตร์บางท่านมีความเห็นว่า ดาวพลูโตไม่ใช่ดาวเคราะห์ แต่เป็นก้อนหินที่มาจากบริเวณดังกล่าว เนื่องจากดาวพลูโตมีวงโคจรที่เอียงแตกต่างจากไปจากดาวเคราะห์อื่นๆ มาก นอกจากนี้ดาวพลูโตยังมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับวัตถุพลูติโนเหล่านี้ด้วย

ดวงจันทร์บริวารของดาวพลูโต

ดาวพลูโตมีดวงจันทร์บริวาร ที่มีชื่อว่า คารอน (Charon) โคจรอยู่ที่ระยะห่างเพียง 19,640 กิโลเมตร เนื่องจากดาวพลูโตมีขนาดที่ใกล้เคียงกับดวงจันทร์คารอนมาก นักดาราศาสตร์จึงตั้งสมมุติฐานว่าน่าจะเป็นระบบดาวเคราะห์คู่ เราไม่สามารถตรวจสอบสมมุติฐานนี้ได้จนกว่าจะมียานอวกาศออกไปสำรวจยังดาวพลูโต

นายกันต์ธนกร น้อยเสนา ครูวิชาการ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (nu@mwit.ac.th, Tel.02-8497210)



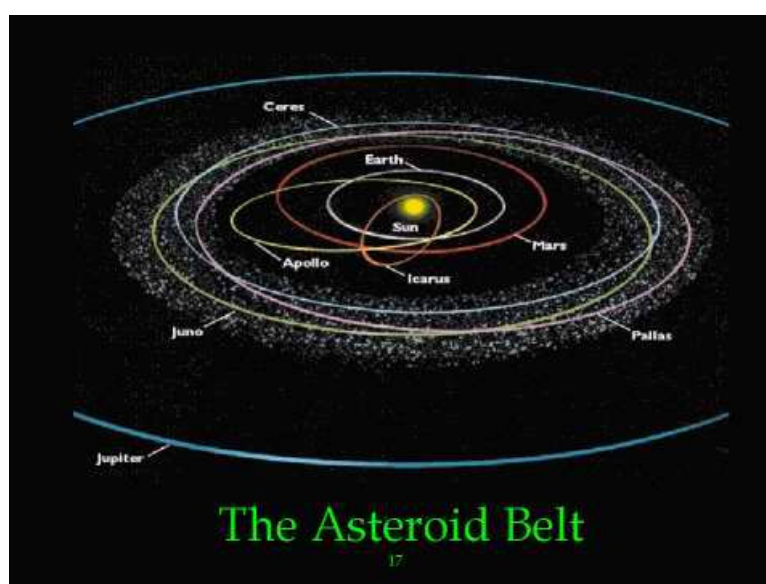
รูปที่ 76 ภาพดาวพลูโตกับคารอนดวงจันทร์บริวาร

ดาวพลูโตกับคารอนดวงจันทร์บริวาร ถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ที่ระยะไกลถึง 4,400 ล้าน กิโลเมตร โดยสามารถเห็นดาวพลูโตอยู่แยกจากคารอนได้ชัดเจน คารอนมีสีที่ค่อนข้างดำเงินมากกว่าดาวพลูโตทำให้เราทราบว่าพื้นผิวของดาวทั้งสองอาจมีลักษณะและองค์ประกอบที่แตกต่างกัน (Albrecht, ESA/ESO/NASA)

15. ดาวเคราะห์น้อย (Asteroids)

ดาวเคราะห์น้อย (Asteroids หรือ Minor planets) เกิดขึ้นในยุคที่เกิดระบบสุริยะเมื่อ 4,600 ล้านปีที่แล้ว ปัจจุบันมีวัตถุที่นักดาราศาสตร์ได้สังเกตพบและตั้งชื่อไว้ได้ถึง 20,000 ดวง มีวัตถุที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 100 กิโลเมตร อยู่ประมาณ 200 ดวง ที่เหลือเป็นอุกกาบาตขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 กิโลเมตร

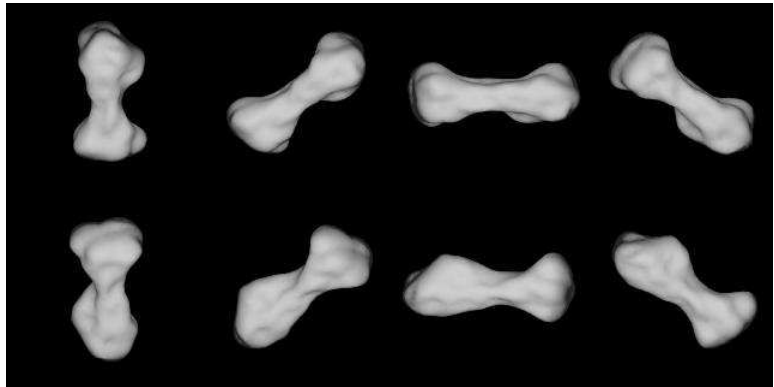
ดาวเคราะห์น้อยโดยทั่วไปมีรูปร่างไม่แน่นอนและเต็มไปด้วยหลุมบ่อ แถบดาวเคราะห์น้อย (Asteroid Belt) พบอยู่ระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี สันนิษฐานว่าเกิดมาพร้อมๆ กับดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ มีทฤษฎีหนึ่งอธิบายว่าดาวเคราะห์น้อยในบริเวณนี้ไม่สามารถรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ขนาดใหญ่ได้เนื่องจากถูกรบกวนโดยแรงโน้มถ่วงอันมหาศาลของดาวพฤหัสบดี



รูปที่ 77 ภาพจำลองบริเวณแถบดาวเคราะห์น้อยระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี

ตลอดเวลา 30 ปีที่ผ่านมา นักดาราศาสตร์ได้ใช้สเปกโตรสโคปในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุต่างๆ บนดาวเคราะห์น้อย โดยการวิเคราะห์แสงสะท้อนจากพื้นผิวดาว นอกจากนี้ยังตรวจสอบชิ้นอุกกาบาตที่ตกลงมาสู่พื้นโลก พบว่าประมาณ 1 ใน 3 ของบรรดาอุกกาบาตที่ศึกษาพบ มีสีเข้มและมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์บอน ให้ชื่อว่าเป็นอุกกาบาตประเภทคาร์บอนาเซียสคอนไดรต์ (carbonaceous chondrites: C-type) อีกประมาณ 1 ใน 6 พบว่ามีสีค่อนข้างแดงแสดงว่ามีส่วนประกอบที่เป็นเหล็ก จึงเรียกว่า ประเภทหินปนเหล็ก (stony-iron bodies: S-type)

**ดาวเคราะห์น้อยคลีโอพัตรา
(Kleopatra)**



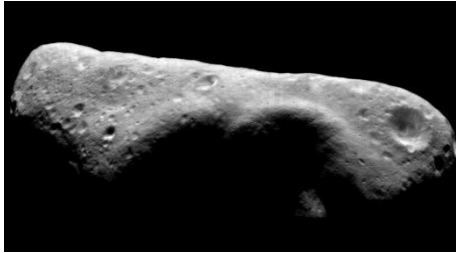
รูปที่ 78 ภาพถ่ายเรดาร์แสดงให้เห็นรูปร่างโดยละเอียดของดาวเคราะห์น้อยคลีโอพัตรา (Kleopatra) โดยใช้การส่งคลื่นวิทยุจากกล้องโทรทรรศน์วิทยุอาเรซิโบ ไปสะท้อนที่พื้นผิวดาว (Arecibo Observatory, JPL/NASA)

ดาวเคราะห์น้อยไดา (Ida)

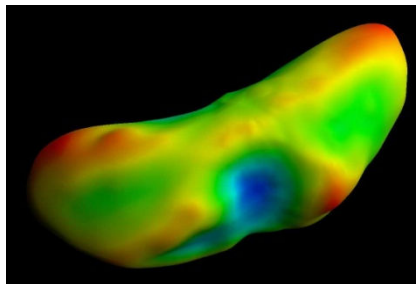


รูปที่ 79 ภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อยไดา (Ida) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 52 กิโลเมตร และดวงจันทร์บริวารแดคทิล (Dactyl) จากยานอวกาศกาลิเลโอ (NASA/JPL)

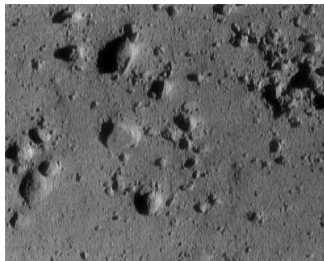
ดาวเคราะห์น้อยเอروس (Eros)



รูปที่ 80 ภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อยเอروس (Eros) ที่มีความยาวประมาณ 33 กิโลเมตร ถ่ายจากยานอวกาศเนียร์ชูเมกเกอร์ (NASA/JHUAPL)



รูปที่ 81 ภาพล่างเป็นภาพสามมิติ สีแดงแสดงถึงเนินเขาสูง สีน้ำเงินแสดงถึงบริเวณที่เป็นหุบเหว (NASA/JHUAPL)



รูปที่ 82 ภาพขยายให้เห็นพื้นผิวของดาวเคราะห์น้อยเอروسที่ปกคลุมไปด้วยเศษหินและฝุ่น (NASA/JHUAPL)

ดาวเคราะห์น้อยกาสปรา (Gaspia)



รูปที่ 83 ภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อยกาสปรา (Gaspia)

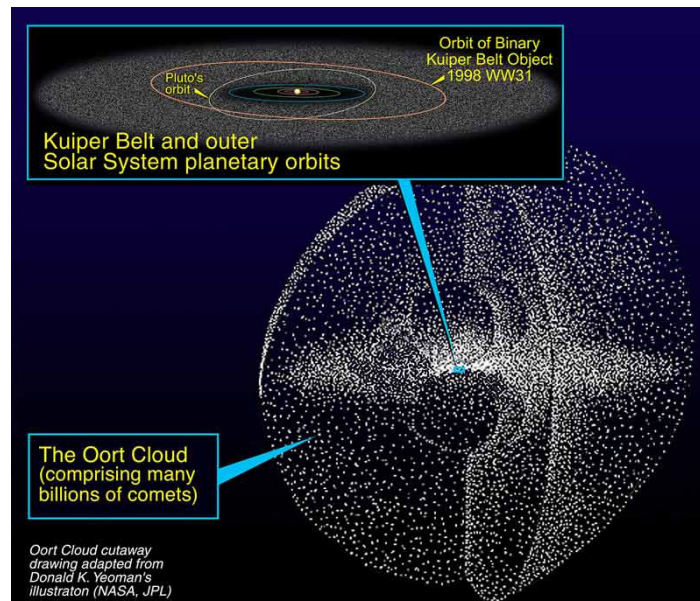


รูปที่ 84 ภาพเปรียบเทียบขนาดของดาวเคราะห์น้อยกาสปรา (Gaspia) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 กิโลเมตร และดวงจันทร์บริวารของดาวอังคาร (โฟบอสและไดมอส) ถ่ายจากยานอวกาศกาลิเลโอ (NASA/JPL)

มีดาวเคราะห์น้อยบางดวงที่มีวงโคจรที่ไม่อยู่ในระนาบอิกลิปติกและมีวงโคจรอยู่ไม่ไกลกว่า 195 ล้าน กิโลเมตร ซึ่งทำให้มันมีโอกาสที่จะโคจรมาพบกับโลกได้ในวันหนึ่งในอนาคต ดังนั้นนักดาราศาสตร์ไม่เพียงแต่ ค้นหาดาวเคราะห์น้อยดวงใหม่เท่านั้น แต่ต้องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อยเหล่านั้นที่มีวงโคจรอยู่ ใกล้เคียงกับโลก ซึ่งจำแนกพวกนี้เป็นดาวเคราะห์น้อยใกล้โลก (Near Earth Asteroids: NEAs อ่านต่อที่ <http://near.jhuapl.edu>)

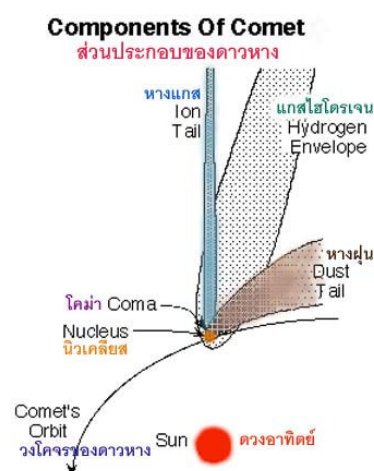
16. ดาวหาง (Comets)

ดาวหางประกอบด้วยฝุ่นและน้ำแข็งสกปรก เมื่อโคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ น้ำแข็งจะระเหิดกลายเป็นหางก๊าซและหางฝุ่นให้เราเห็นเป็นทางยาว ดาวหางที่มีคาบการโคจรสั้นก็จะวนเวียนอยู่ภายในระบบสุริยะ แต่ดาวหางส่วนใหญ่จะมาจากบริเวณขอบนอกของระบบสุริยะที่เรียกว่า แถบไคเปอร์ (Kuiper Belt) ที่เป็นบริเวณตั้งแต่วงโคจรของดาวพลูโตออกไปเป็นระยะทาง 500 AU จากดวงอาทิตย์ และดงดาวหางของออร์ต (Oort Cloud) ที่อยู่ถัดจากแถบไคเปอร์ออกไปถึง 50,000 AU จากดวงอาทิตย์



รูปที่ 85 ภาพแสดงที่มาของดาวหางคือ บริเวณแถบไคเปอร์ (Kuiper Belt) และดงดาวหางของออร์ตที่บริเวณขอบนอกของระบบสุริยะ

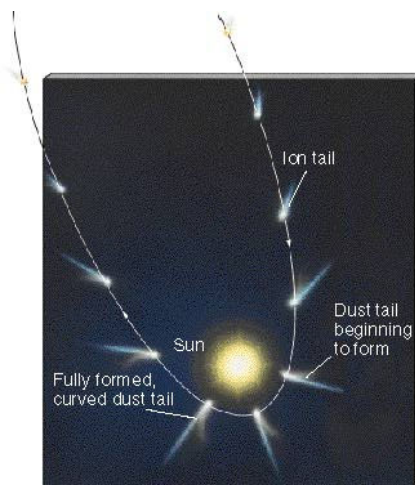
โครงสร้างของดาวหางและการเกิดหาง



รูปที่ 86 ภาพแสดงโครงสร้างของดาวหาง

เมื่อดาวหางอยู่ที่บริเวณขอบนอกระบบสุริยะ จะเป็นเพียงก้อนน้ำแข็งสกปรกที่ไม่มีหาง นิวเคลียส (Nucleus) ประกอบไปด้วยน้ำแข็ง คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน แอมโมเนีย และมีเปลือกแข็งที่มีเศษฝุ่นปะปนอยู่กับน้ำแข็ง

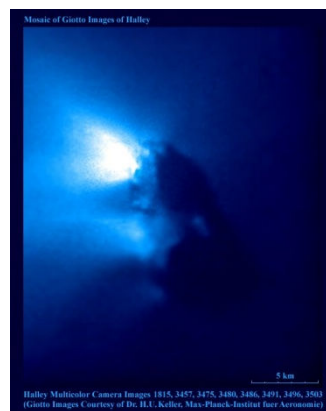
เมื่อโคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์น้ำแข็งเหล่านี้จะระเหิดกลายเป็นก๊าซ โดยเฉพาะบริเวณที่รับแสงอาทิตย์จะมีการประทุของก๊าซอย่างรุนแรง ปรากฏอยู่ล้อมรอบนิวเคลียสเรียกว่า โคมา (Coma) ก๊าซเหล่านี้จะถูกลมสุริยะพัดออกไปเป็นทางยาวในทิศทางตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์กลายเป็นหางก๊าซ (Gas tail) ปรากฏให้เห็น แสงสีต่างๆ ที่ปรากฏเกิดจากโมเลกุลก๊าซเรืองแสงหลังจากได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ คล้ายกับการเรืองแสงของก๊าซนีออนในหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์



รูปที่ 87 แผนภาพแสดงการเกิดหางของดาวหาง และวงโคจรของดาวหาง

หางฝุ่น (Dust tail) ของดาวหางเกิดจากฝุ่นที่พุ่งออกมาจากนิวเคลียส ถูกแรงดันจากแสงอาทิตย์ผลักออกจากดาวหาง ฝุ่นเหล่านี้สามารถสะท้อนแสงของดวงอาทิตย์ได้ดี จึงปรากฏเป็นทางโค้งสว่างให้เห็นตามแนวทิศทางของวงโคจร

นิวเคลียสของดาวหางมีเส้นผ่านศูนย์กลางโดยทั่วไปประมาณ 10 กิโลเมตร ส่วนโคมาของดาวหางโดยทั่วไปแผ่ออกไปกว้างเป็นรัศมีถึงหลายแสนกิโลเมตร และหางของดาวหางนั้นโดยทั่วไปมีความยาวถึง 100 ล้านกิโลเมตร พอๆ กับระยะห่างระหว่างโลกถึงดวงอาทิตย์



รูปที่ 88 ภาพถ่ายนิวเคลียสของดาวหางฮัลเลย์ ถ่ายจากยานอวกาศจอตโต ในปี พ.ศ. 2529 (MPIA/ESA)

17. ดาวตกและฝนดาวตก (Meteor and Meteor Shower)



รูปที่ 89 ดาวตก

ดาวตกหรือผีพุ่งไต้เป็นเพียงเศษวัตถุเล็กๆ หรือฝุ่นที่เกิดตามทางโคจรดาวหาง เมื่อเศษวัตถุเหล่านี้ตกผ่านชั้นบรรยากาศโลก ก็จะถูกเสียดสีและเผาไหม้เกิดเป็นแสงให้เห็นในยามค่ำคืน

การที่ดาวหางโคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ ได้ทั้งเศษฝุ่นและวัตถุขนาดเล็กตามแนวเส้นทางโคจร ในแต่ละปีโลกจะโคจรผ่านบริเวณดังกล่าว เมื่อเศษฝุ่นเหล่านี้ผ่านเข้ามาสู่ชั้นบรรยากาศชั้นบนของโลกจะถูกเสียดสีกับชั้นบรรยากาศทำให้เกิดความร้อนและเผาไหม้เศษวัตถุนั้นภายในเวลาเพียงไม่กี่วินาที ปรากฏให้เห็นเป็นเส้นสว่างสวยงามเป็นจำนวนมาก เราจึงเรียกว่า ฝนดาวตก (Meteors Shower)



รูปที่ 90 ภาพถ่ายฝนดาวตก

18. อุกกาบาต (Meteorites)

อุกกาบาตคือ เศษหินจากอวกาศที่เผาไหม้ไปไม่หมดและตกลงสู่พื้นผิวโลก ในแต่ละปีมีชิ้นส่วนอุกกาบาตที่หนักถึง 1 กิโลกรัมนับหลายพันชิ้นตกลงสู่พื้นโลก ซึ่งส่วนใหญ่ตกลงในมหาสมุทรซึ่งเป็นบริเวณที่กว้างถึง 2 ใน 3 ของพื้นผิวโลกจึงไม่สามารถพบได้ ที่เหลือตกลงบนแผ่นดินซึ่งบางครั้งจะถูกพบทันที แต่ก็มีอุกกาบาตที่ตกลงบนพื้นโลกเป็นเวลานานกว่าจะมีคนไปพบ

อุกกาบาตแบ่งออกเป็นสามชนิดหลักคือ

1. อุกกาบาตที่เป็นหินล้วน (stony meteorite) เป็นอุกกาบาตส่วนใหญ่ (95%) ที่พบบนพื้นโลกเป็นจำนวนมากกว่า 3,000 ชิ้น มีลักษณะคล้ายหินธรรมดาแต่มีผิวชั้นนอกที่ถูกหลอมในขณะที่พุ่งผ่านชั้นบรรยากาศลงมาสู่โลก
2. อุกกาบาตที่เป็นโลหะล้วน (iron meteorite) พบอยู่ประมาณ 4% ของอุกกาบาตทั้งหมดที่พบบนพื้นโลก ส่วนใหญ่จะไม่มีหินเป็นส่วนประกอบอยู่เลย ถ้าไม่ใช่เหล็กล้วนก็จะมีนิกเกิลผสมอยู่ประมาณ 10 % ถึง 20 %
3. อุกกาบาตที่เป็นหินผสมโลหะ (stony-iron meteorite) พบอยู่ประมาณ 1% ของอุกกาบาตทั้งหมดที่พบบนพื้นโลก มีส่วนประกอบที่เป็นเหล็กและหินอยู่เท่า ๆ กัน



รูปที่ 91 อุกกาบาตที่เป็นหินล้วน (stony meteorite)

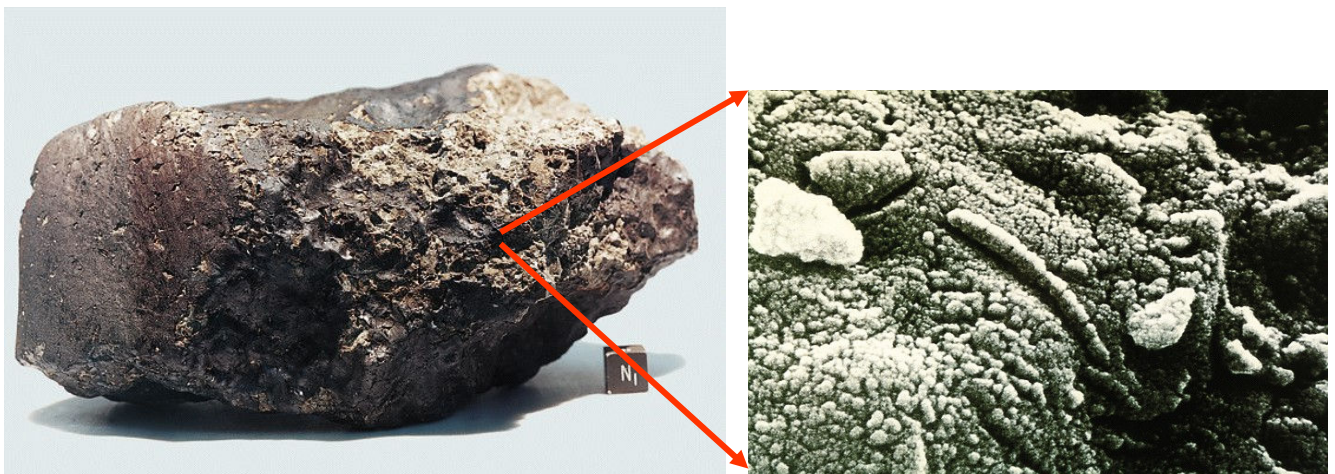


รูปที่ 92 อุกกาบาตที่เป็นโลหะล้วน (iron meteorite)



รูปที่ 93 ที่เป็นหินผสมโลหะ (stony-iron meteorite)

นอกจากนี้ยังมีอุกกาบาตบางชิ้นที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่มีการก่อตัวของดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ นักวิทยาศาสตร์พบชิ้นส่วนอุกกาบาต (ชื่อว่า ALH84001) บนพื้นโลกบริเวณขั้วโลก ในปี พ.ศ. 2527 ซึ่งมีอายุ 4,000 ล้านปี และตกมาบนโลกเมื่อ 16 ล้านปีที่แล้ว จากข้อมูลที่มีอยู่ทำให้สันนิษฐานว่าน่าจะมีต้นกำเนิดจากดาวอังคาร อีกทั้งยังพบร่องรอยขององค์ประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิตที่ยังพิสูจน์ไม่ได้ว่าเป็นเซลล์สิ่งมีชีวิตจากนอกโลก หรือจากพื้นผิวโลกแทรกซึมเข้าไปในรอยร้าวของอุกกาบาตนั้นตั้งแต่ในอดีต



รูปที่ 94 ภาพถ่ายอุกกาบาต ALH84001 (ภาพซ้าย) ภาพขวาเป็นภาพขยายโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แสดงให้เห็นถึงซากของเซลล์แบคทีเรีย (เส้นกลม ๆ กลางภาพ)

หลุมอุกกาบาต (Impact Craters)

เมื่ออุกกาบาตขนาดใหญ่ตกลงมาถึงพื้นโลกจะทำให้เกิดหลุมที่มีลักษณะเหมือนอ่างขนาดใหญ่เรียกว่า หลุมอุกกาบาต ที่มีขนาดตั้งแต่ 1 เมตร ไปจนถึง 1,000 กิโลเมตรเลยทีเดียวทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมวลของอุกกาบาตนั้น และความเร็วที่พุ่งชนพื้นโลก มีหลุมอุกกาบาตขนาดใหญ่อยู่ประมาณ 150 แห่งทั่วโลก หลุมอุกกาบาตทั้งหมดที่พบมีอายุน้อยกว่า 500 ล้านปี ทำให้เรารู้ว่าก่อนหน้านั้นเปลือกโลกยังมีการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการเพลตเทคโทนิกอยู่



รูปที่ 95 ภาพหลุมอุกกาบาตบาร์ริงเจอร์ มลรัฐแอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่กว้างถึง 1.2 กิโลเมตร เกิดจากอุกกาบาตพุ่งชนโลกเมื่อ 50,000 ปีที่แล้ว

พบชิ้นส่วนอุกกาบาตกลางมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งกระเด็นมาจากการชนของอุกกาบาตที่คาบสมุทรยูคาทาน (Yucatan) ซึ่งปรากฏเป็นหลุมอุกกาบาตขนาดใหญ่ใต้ทะเล ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์เมื่อ 65 ล้านปีที่แล้ว

เว็บไซต์อื่นๆ เกี่ยวกับ ระบบสุริยะ (Solar System websites)

1. Solar System, Jet Propulsion Laboratory, NASA - <http://www.jpl.nasa.gov>
2. Views of the Solar System – <http://www.solarviews.com>
3. The Nine Planets - <http://www.nineplanets.org>
4. Solar System Lithograph Set for Space Science, NASA – <http://spacelink.nasa.gov/products/solar.system.Lithograph.Set>