บทที่ 6
เทคโนโลยีอวกาศ

6.1 ความนำ

ถ้าได้ศึกษาประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ ไม่เคยมียุคไหนเลยที่มนุษย์ห่างหายจากการแสวงหาดินแดนใหม่ๆ ที่ไม่เคยเดินทางไปมาก่อน อาจจะเรียกได้ว่ามนุษย์มีนิสัยชอบสำรวจมาทุกยุคทุกสมัย ตั้งแต่ยุคแรกเริ่มที่มนุษย์เดินทางไปไหนมาไหนด้วยเท้าเปล่า จนกระทั่งสามารถสร้างเรือเดินสมุทรได้ การเดินทางข้ามทะเลเพื่อแสวงหาความรู้และอาณานิคมใหม่จึงเกิดขึ้นพร้อมๆ กับความรู้และเทคโนโลยีในการเดินเรือ ปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวกระโดดเกินยุคแห่งเทคโนโลยีอวกาศ มนุษย์สามารถสร้างกระสวยอวกาศเพื่อขนส่งยานออกนอกโลกเดินทางระหว่างดวงดาวได้ เป็นการเปิดความรู้ใหม่ๆ ที่นอกเหนือจากการมองวัตถุท้องฟ้าผ่านกล้องโทรทรรศน์ ยุคเทคโนโลยีอวกาศเริ่มตั้งแต่การที่สหภาพโซเวียตส่งดาวเทียม สปุตนิก 1 ขึ้นไปโคจรรอบโลกเมื่อปี พ.ศ. 2500 จากนั้นการแข่งขันด้านเทคโนโลยีอวกาศระหว่างสองขั้วมหาอำนาจจึงเริ่มขึ้น และเป็นก้าวแห่งความสำเร็จครั้งยิ่งใหญ่ของสหรัฐอเมริกาเมื่อยานอะพอลโล 11 ได้ขนส่งมนุษย์คนแรกขึ้นไปเหยียบบนดวงจันทร์ได้เมื่อปี พ.ศ. 2512 เพื่อให้เห็นภาพกว้างๆ ให้นักเรียนศึกษาเส้นทางเวลา (time line) เกี่ยวกับเทคโนโลยีด้านอวกาศในยุคต้นตามตารางข้างล่าง

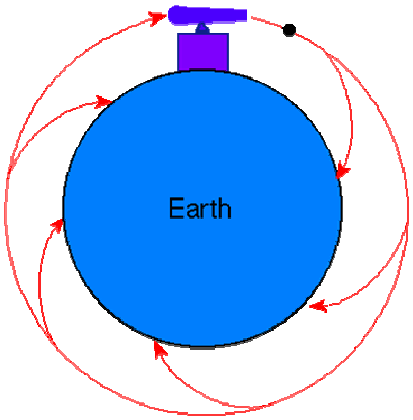
วัน เดือน ปี	เหตุการณ์ด้านอวกาศที่สำคัญ
4 ตุลาคม 2500	สหภาพโซเวียตส่งดาวเทียม สปุตนิก 1 โคจรรอบโลกเป็นครั้งแรก จนเสร็จสิ้นภารกิจเมื่อ 4 มกราคม 2501
3 พฤศจิกายน 2500	สหภาพโซเวียตส่งดาวเทียม สปุตนิก 2 พร้อมสุนัขตัวแรกชื่อ ไลกา ซึ่งถูกส่งไปอยู่ในอวกาศได้นาน 7 วัน ดาวเทียมสปุตนิก 2 หลุดจากวงโคจรในวันที่ 13 เมษายน 2501
31 มกราคม 2501	สหรัฐอเมริกาส่งดาวเทียม เอกพลอเรอร์ 1 ขึ้นสู่วงโคจรพร้อมกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการค้นพบแถบรังสีของโลก
5 มีนาคม 2501	สหรัฐฯ ประสบความล้มเหลวในการส่งดาวเทียม เอกพลอเรอร์ 2
17 มีนาคม 2501	ดาวเทียมแวนการ์ด 1 ถูกส่งขึ้นไปในวงโคจร
15 พฤษภาคม 2501	ดาวเทียม สปุตนิก 3 ถูกส่งขึ้นไปในวงโคจร
1 ตุลาคม 2501	สหรัฐฯ ก่อตั้งองค์การนาซา
11 ตุลาคม 2501	ยานไพโอเนียร์ 1 ของสหรัฐฯ ถูกส่งขึ้นไปที่ระดับ 70,700 ไมล์
2 มกราคม 2502	โซเวียตส่งยานลูนาร์ 1 ไปโคจรรอบดวงอาทิตย์
3 มีนาคม 2502	ยานไพโอเนียร์ 4 ของสหรัฐฯ ถูกส่งไปเพื่อทดสอบเส้นทางสู่ดวง

	จันทร์ ก่อนจะเข้าสู่วงโคจรรอบดวงอาทิตย์
12 สิงหาคม 2502	โซเวียตส่งยานลูนาร์ 2 ไปสัมผัสพื้นผิวของดวงจันทร์ได้เป็นลำแรก
4 ตุลาคม 2502	โซเวียตส่งยานลูนาร์ 3 ไปโคจรรอบดวงจันทร์และถ่ายรูปด้านที่หันออกจากโลกได้ข้อมูลประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์
12 เมษายน 2504	ยูริ กาการิน นักบินอวกาศคนแรกของโซเวียต ถูกส่งขึ้นไปโคจรรอบโลกพร้อมกับยานวอสต็อก 1
5 พฤษภาคม 2504	สหรัฐฯ ส่ง อลัน เชพาร์ด นักบินอวกาศคนแรกของอเมริกาขึ้นไปกับยานเมอร์คิวรี ฟรีดอม 7
14 ธันวาคม 2505	ยานมาริเนอร์ 2 ของสหรัฐฯ บินผ่านดาวศุกร์
16 มิถุนายน 2506	วาเลนตินา เทอเรชโควา นักบินอวกาศหญิงคนแรกถูกส่งขึ้นไปพร้อมกับยานวอสต็อก 7
14 กรกฎาคม 2507	ยานมาริเนอร์ 4 ของสหรัฐฯถ่ายรูปดาวอังคารในระยะใกล้
16 พฤศจิกายน 2507	ยานวีนัส 3 ของโซเวียต เป็นยานลำแรกที่สัมผัสพื้นผิวของดาวศุกร์
3 กุมภาพันธ์ 2509	ยานลูนาร์ 9 ของโซเวียต เป็นยานลำแรกที่ลงจอดบนพื้นผิวของดวงจันทร์อย่างนิ่มนวล
2 มิถุนายน 2509	ยานเซอร์เวเยอร์ 1 ของสหรัฐฯ ลงจอดบนพื้นผิวดวงจันทร์อย่างนิ่มนวล
24 เมษายน 2510	เกิดโศกนาฏกรรมทางอวกาศกับยานโซยุส 1 ของโซเวียต ทำให้วลาดิเมียร์ โคมารอฟ เสียชีวิตด้วยสาเหตุที่ยานกระแทกกับพื้นโลกระหว่างเดินทางกลับเนื่องจากระบบชูชีพไม่ทำงาน
21 ธันวาคม 2511	ยานอะพอลโล 8 นำนักบินอวกาศ 3 คนแรกไปโคจรรอบดวงจันทร์
20 กรกาคม 2512	สหรัฐฯ ส่ง นีล อาร์มสตรอง และ เอ็ดวิน อัลดริน ขึ้นไปเหยียบบนพื้นผิวดวงจันทร์เป็นครั้งแรก

จะเห็นได้ว่าการบุกเบิกอวกาศได้เริ่มขึ้นหลังจากที่มนุษย์มีความพร้อมในเทคโนโลยีการบิน ซึ่งเป็นเวลา 54 ปี ภายหลังจากสองพี่น้องตระกูลไรท์สร้างเครื่องบินลำแรกที่บินได้ และเป็นเวลาร่วมสามร้อยปีหลังจากนิวตันได้อธิบายกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล มนุษยชาติจะไม่สามารถสำรวจอวกาศได้เลยหากปราศจากความรู้ที่สั่งสมมาเป็นระยะเวลายาวนาน

6.2 แรงดึงดูดระหว่างมวลและวงโคจร

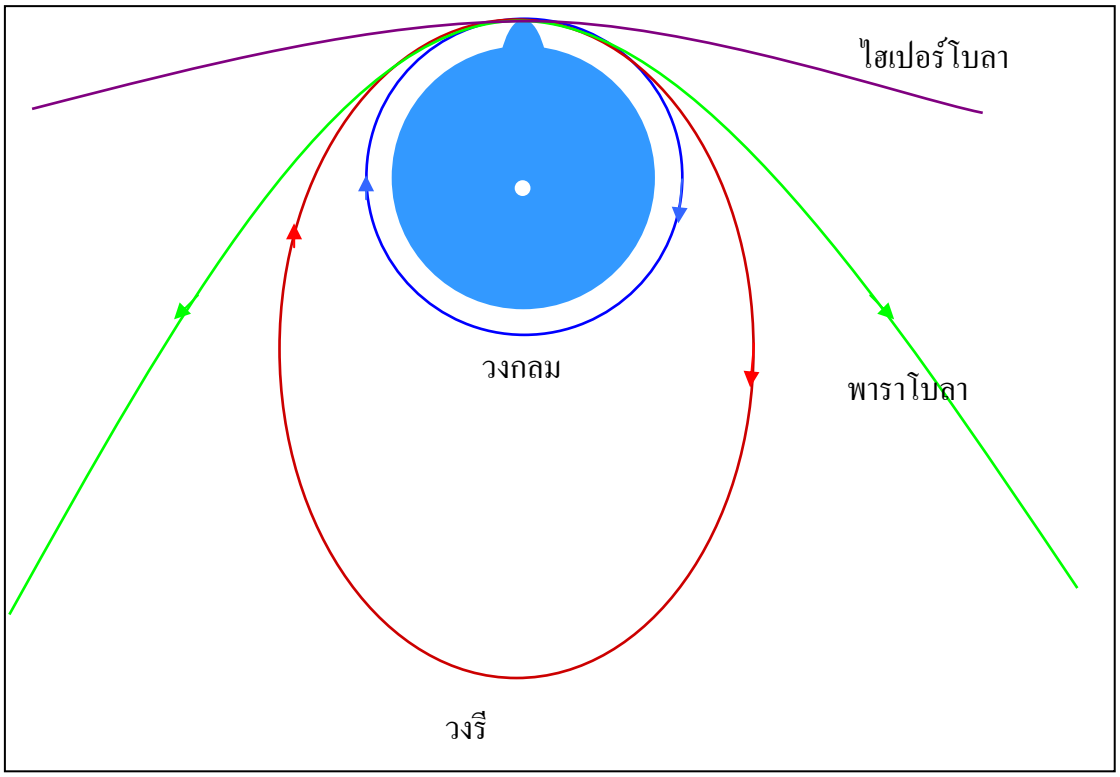
หากสมมติให้ปืนใหญ่กระบอกหนึ่งสามารถยิงลูกปืนใหญ่ออกจากปากกระบอกได้ด้วยความเร็วแตกต่างกัน ทั้งยังสามารถยิงลูกปืนใหญ่ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากๆ ได้ ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 เป็นภาพสมมติแสดงลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่เมื่อถูกยิงด้วยความเร็วค่าต่างๆ

เมื่อลูกปืนใหญ่ถูกยิงด้วยความเร็วต่ำ การเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงขับดันจากปืนใหญ่และแรงดึงดูดของโลก ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่มีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ปลายกระบอกปืนและจุดสุดท้ายจะจบที่พื้นผิวโลก เราสามารถคำนวณหาได้ว่าลูกปืนใหญ่จะตกที่ระยะห่างจากตัวปืนใหญ่เท่าไหร่ที่ความเร็วเริ่มต้นแตกต่างกัน (นักเรียนจะได้คำนวณในชั้นม. ปลาย)

แต่เมื่อลูกปืนใหญ่ถูกยิงด้วยความเร็วมากๆ ค่าหนึ่ง กลับกลายเป็นว่าเส้นทางการเคลื่อนจะมีลักษณะเป็นวงกลมรอบโลก โดยเมื่อครบ 1 รอบ ลูกปืนใหญ่จะวนมาหาจุดเริ่มต้นอีกครั้ง สังเกตเห็นว่าการเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงขับดันจากปืนใหญ่ (ซึ่งมีความเร็วมากกว่าเดิม) และแรงดึงดูดโลก (ซึ่งมีค่าเท่าเดิม) แต่เส้นทางได้เปลี่ยนจากเส้นโค้งเป็นเส้นทางวงกลม นักเรียนคิดว่าถ้าสามารถยิงปืนใหญ่ด้วยค่ามากกว่าความเร็วดังกล่าวแล้ว เส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่จะเป็นเช่นไร



<u>รูปที่ 6.2</u> แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงในรูปแบบต่างๆ

เรียกเส้นทางการเคลื่อนที่ภายใต้แรงดึงดูดระหว่างมวลว่า “วงโคจร” จากรูปที่ 6.2 นักเรียนจะเห็นว่ารูปแบบของวงโคจรที่ทำให้ลูกปืนใหญ่ไม่ตกสู่ผิวโลกมีตั้งแต่ วงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเปอร์โบลา ซึ่งรูปแบบวงโคจรเหล่านี้จะขึ้นกับความเร็วเริ่มต้นของลูกปืนใหญ่ โดยรูปแบบวงโคจรแบบ**วงกลม**ถือเป็นวงโคจรที่มีความเร็วน้อยที่สุดที่ลูกปืนใหญ่จะไม่ตกสู่พื้นโลก และรูปแบบวงโคจรแบบ**พาราโบลา**ก็ถือเป็นวงโคจรที่มีความเร็วน้อยที่สุดที่ลูกปืนใหญ่จะหลุดออกจากวงโคจรของโลก

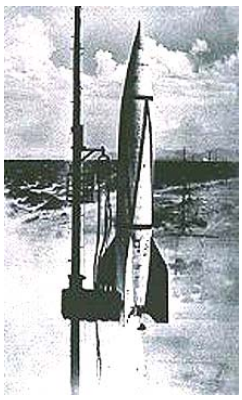
เปรียบเทียบลูกปืนใหญ่ดังตัวอย่างที่ยกมาให้ กับการเดินทางสู่อวกาศของยานอวกาศ นักวิทยาศาสตร์ทราบว่าความเร็วน้อยที่สุดที่ทำให้ยานอวกาศไม่ตกสู่พื้นโลก (วงกลม) มีค่า 7.6 กิโลเมตรต่อวินาที และความเร็วน้อยที่สุดที่ยานอวกาศต้องใช้เพื่อให้หลุดออกจากการโคจรรอบโลก (พาราโบลา) จะมีค่า 11.2 กิโลเมตรต่อวินาที เรียกค่าความเร็วดังกล่าวนี้ว่า “ความเร็วหลุดพ้น” คือเริ่มต้นหลุดออกจากการโคจรรอบโลกพอดี การส่งยานอวกาศด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วหลุดพ้นจำเป็นต้องใช้แรงขับดันจำนวนมากในการขับดันยานอวกาศขึ้นสู่ท้องฟ้าโดยไม่โคจรรอบโลกอีก

6.3 แรงขับดันสู่อวกาศ

นักเรียนอาจจะเคยเป่าลูกโป่งจนเต็มแล้วปล่อยให้ลูกโป่งวิ่งไปข้างหน้าโดยลมที่ขับออกจากปากลูกโป่ง การที่ลูกโป่งสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้เกี่ยวข้องกับปริมาณของลมที่ออกจากปากลูกโป่ง ยิ่งมีปริมาณของลมออกจากปากลูกโป่งมากเท่าไหร่ ก็จะยิ่งเกิดแรงไปข้างหน้ามากขึ้นเท่านั้น แรงดังกล่าวนี้สามารถผลักลูกโป่งให้มีการเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศการไหลออกของปริมาณลมได้ หลักการดังกล่าวสามารถมาใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของจรวดได้ดังรูปที่ 6.3

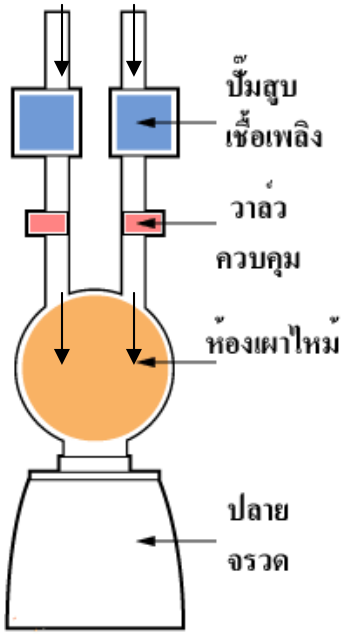
รูปที่ 6.3 แสดงหลักการขับดันให้จรวดสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้

นั่นหมายถึงจรวดจะยิ่งทะยานไปข้างหน้าด้วยความเร็วมากขึ้นถ้ามวลบางส่วนถูกทิ้งออกไปทางด้านหลัง ต้นแบบของจรวดเกิดขึ้นในราวคริสตศตวรรษที่ 13 โดยชาวจีนเป็นผู้คิดค้นขึ้นเพื่อใช้ในการทหาร จรวดชนิดแรกๆ นี้จะใช้แรงขับดันจากการเผาไหม้ของส่วนผสมระหว่างถ่านไม้ ดินประสิว และกำมะถัน แรงขับดันดังกล่าวสามารถทำให้จรวดพุ่งทะยานขึ้นสู่ท้องฟ้าได้แต่ยังไม่แรงพอที่จะทำให้จรวดมีความเร็วถึงความเร็วหลุดพ้น จนในปี พ.ศ. 2469 โรเบิร์ต กอดดาร์ด นักฟิสิกส์ชาวอเมริกันได้ประดิษฐ์จรวดที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวจากน้ำมันและออกซิเจนเหลวเป็นตัวขับเคลื่อน จรวดดังกล่าวเป็นต้นแบบของจรวดสมัยใหม่ที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพให้เป็นจรวดที่มีแรงขับดันสูงมากยิ่งขึ้นไปอีก จนในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2492 ประเทศเยอรมนีสามารถสร้างจรวดลำแรกที่เรียกว่า วี 2 และถูกใช้เดินทางออกสู่ห้วงอวกาศได้สำเร็จโดยใช้เชื้อเพลิงจากแอลกอฮอล์และออกซิเจนเหลวเป็นตัวขับเคลื่อน



รูปที่ 6.4 จรวด วี2 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์โดยมนุษย์ ถูกส่งออกไปนอกอวกาศเป็นครั้งแรกในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2

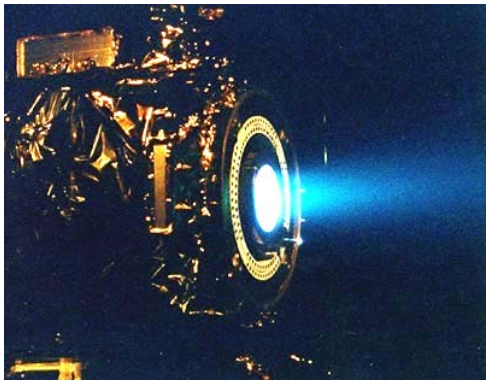
หลักการเบื้องต้นในการขับเคลื่อนจรวดโดยใช้เชื้อเพลิงจากแอลกอฮอล์ โดยมีออกซิเจนเหลวเป็นตัวเผาไหม้ เริ่มจากการสูบเอาสารทั้งสองมาผสมกันที่ห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วภายใต้ความดันสูง ทำให้เกิดการเผาไหม้ และเกิดก๊าซไหลออกจากปลายจรวดในปริมาณมาก จรวดจึงสามารถเคลื่อนไปข้างหน้าได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นห้องเผาไหม้และปลายจรวดจะต้องใช้วัสดุที่ทนความร้อนสูง และมีการหล่อเย็นด้วยของเหลวอุณหภูมิต่ำตลอดเส้นทางที่เคลื่อนที่ และจะต้องไม่มีเชื้อเพลิงรั่วไหลออกจากบริเวณอื่นนอกจากที่ปลายจรวดเท่านั้น



รูปที่ 6.5 แสดงแผนภาพกลไกขับเคลื่อนจรวดโดยใช้เชื้อเพลิงเหลวอย่างง่าย

นอกจากใช้แอลกอฮอล์และออกซิเจนเหลวดังเช่นจรวด วี 2 เป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนแล้ว ในโครงการอะพอลโลได้ใช้น้ำมันก๊าซและออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิง ส่วนโครงการอวกาศหลักๆโดยทั่วไปขององค์การนาซาใช้ไฮโดรเจนเหลวและออกซิเจนเหลวเป็นเชื้อเพลิงขับเคลื่อน

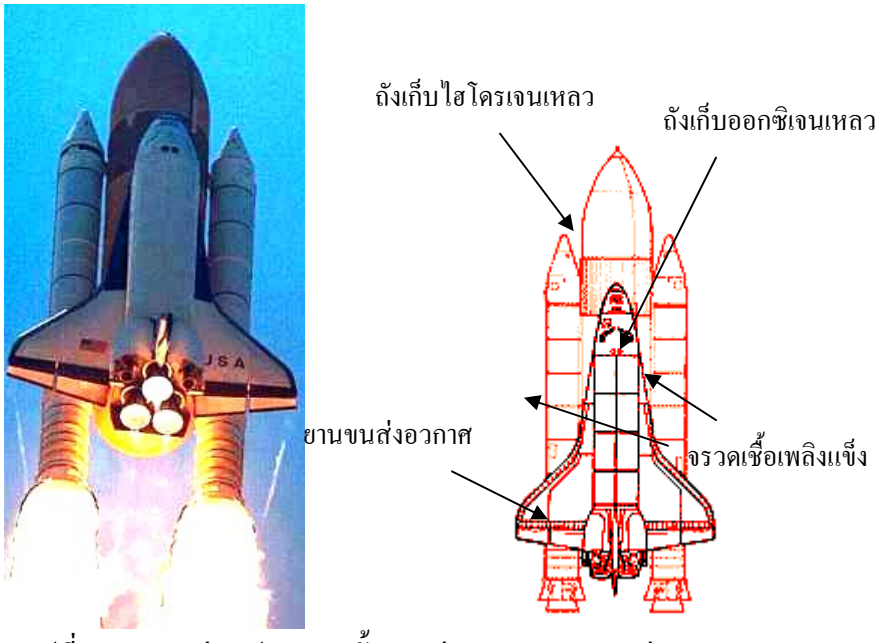
ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเชื้อเพลิงขับดันยานอวกาศโดยอาศัยการเร่งอนุภาคมีประจุหรือไอออนของธาตุ แทนการเผาไหม้และปลดปล่อยก๊าซออกสู่ห้วงอวกาศของจรวด โดยการวิจัยของหน่วย JPL (Jet Propulsion Laboratory) ในองค์การนาซา และถูกนำไปใช้ในโครงการ Deep space ซึ่งได้สำรวจดาวเคราะห์น้อยและดาวหางในปี พ.ศ. 2541



รูปที่ 6.6 เป็นภาพถ่ายไอออนของธาตุซีนอนซึ่งออกมาจากห้องสุญญากาศ ในปฏิบัติการวิจัยของ JPL สังเกตพลังงานที่ถูกขับดันออกมาเป็นสีฟ้าเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานในระดับอะตอม

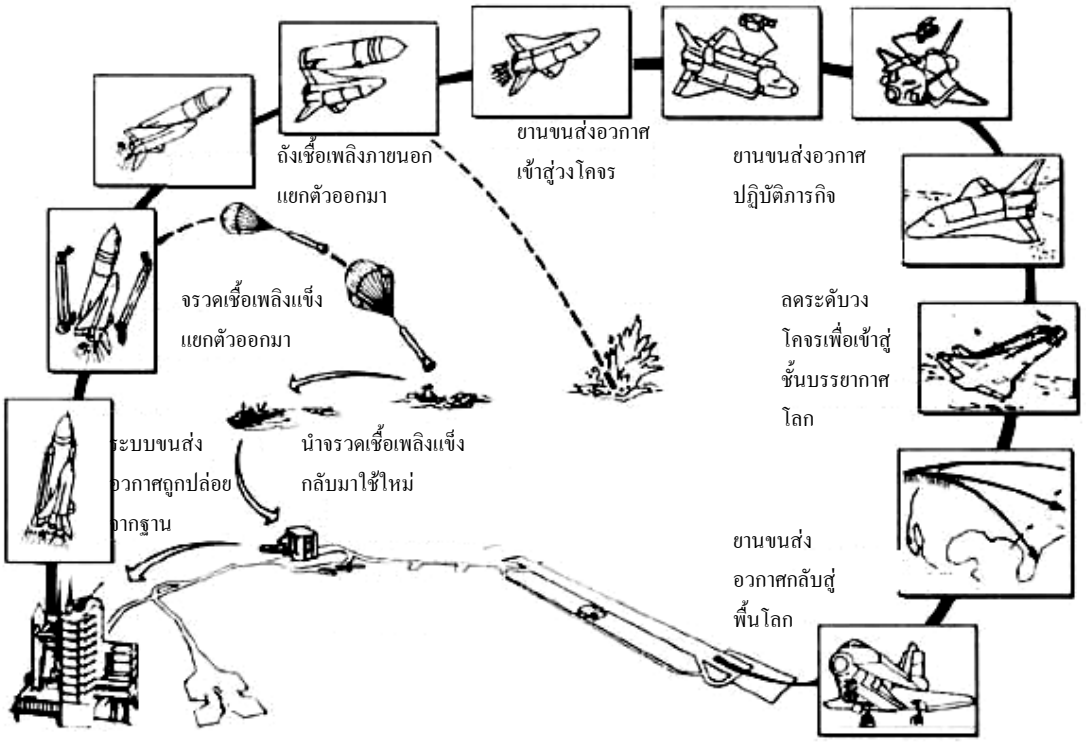
6.4 ระบบการขนส่งอวกาศ

ระบบการขนส่งอวกาศเป็นโครงการที่ถูกออกแบบให้สามารถนำชิ้นส่วนบางส่วนที่ใช้ไปแล้วกลับมาใช้ใหม่อีกเพื่อเป็นการประหยัดและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ จรวดเชื้อเพลิงแข็ง ถังเชื้อเพลิงภายนอก (สำรองไฮโดรเจนเหลวและออกซิเจนเหลว) และยานขนส่งอวกาศ



รูปที่ 6.7 แสดงส่วนประกอบทั้งสามส่วนของระบบขนส่งอวกาศ

ระบบขนส่งอวกาศมีน้ำหนักรวมเมื่อขึ้นจากฐานปล่อยประมาณ 2,041,200 กิโลกรัม โดยจรวดเชื้อเพลิงแข็งจะถูกขับเคลื่อนจากฐานปล่อยให้นำพาทั้งระบบขึ้นสู่อวกาศด้วยความเร็วที่มากกว่าค่าความเร็วหลุดพ้น เมื่อถึงระดับหนึ่งจรวดเชื้อเพลิงแข็งทั้งสองข้างจะแยกตัวออกมาจากระบบ จากนั้นถังเชื้อเพลิงภายนอกจะแยกตัวออกจากยานขนส่งอวกาศ โดยตัวยานขนส่งอวกาศจะเข้าสู่วงโคจรเพื่อปฏิบัติภารกิจต่อไป ดังรูปที่ 6.8



<u>รูปที่ 6.8</u> แสดงปฏิบัติการของระบบขนส่งอวกาศ

การปฏิบัติภารกิจสำหรับระบบขนส่งอวกาศมีหลากหลายหน้าที่ ตั้งแต่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ (ในสภาวะไร้น้ำหนัก) การส่งดาวเทียม การประกอบกล้องโทรทรรศน์อวกาศ การส่งมนุษย์ไปบนสถานีอวกาศ ฯลฯ ยานขนส่งอวกาศจึงถูกออกแบบสำหรับบรรทุกคนได้ประมาณ 7-10 คน ปฏิบัติภารกิจได้นานตั้งแต่ไม่กี่ชั่วโมงหรืออาจใช้เวลาถึง 1 เดือน สำหรับโครงการขนส่งอวกาศขององค์การนาซามีอยู่ด้วยกัน 6 โครงการ คือ

1. โครงการเอนเตอร์ไพรส์
2. โครงการโคลัมเบีย
3. โครงการดิสคัฟเวอรี
4. โครงการแอตแลนติส
5. โครงการแชลแลนเจอร์
6. โครงการเอนเดฟเวอร์

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่าโครงการแชลแลนเจอร์และโครงการโคลัมเบียประสบความสูญเสียครั้งร้ายแรง เมื่อยานทั้งสองเกิดระเบิดขึ้นขณะอยู่บนท้องฟ้า โดยระบบขนส่งอวกาศแชลแลนเจอร์ระเบิดเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2529 ระหว่างเดินทางขึ้นสู่อวกาศไม่เพียงกี่นาทีด้วยสาเหตุจากการรั่วไหลของก๊าซเชื้อเพลิงอุณหภูมิสูงจากรอยต่อของจรวดเชื้อเพลิงแข็งด้านขวาของตัวยาน ทำให้ก๊าซอุณหภูมิสูงดังกล่าวลามไปถึงถังเชื้อเพลิงภายนอกที่บรรจุไฮโดรเจนเหลว จึงเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงและเกิดระเบิดขึ้น คร่าชีวิตนักบินอวกาศ 7 คน ส่วนระบบขนส่งอวกาศโคลัมเบียเกิดระเบิดขึ้นเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2546 (17 ปี หลังการระเบิดของยานแชลแลนเจอร์) โดยวิศวกรนาซาเชื่อว่าอาจเพราะตัวยานมีการใช้งานยาวนานจนอาจทำให้

แผ่นกันความร้อนที่หุ้มยานชำรุด ทำให้เกิดระเบิดขึ้นหลังจากนักบินกำลังพยายามร่อนลงสู่พื้นโลก แต่ทั้งสองเหตุการณ์ในสหรัฐอเมริกายังไม่ร้ายแรงเท่าเหตุการณ์ระเบิดของจรวดของสหภาพโซเวียตขณะยังอยู่ที่ฐาน เมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2503 โดยมีผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์ดังกล่าวถึง 165 คน โศกนาฏกรรมเหล่านี้ที่เกิดขึ้นแม้จะทำให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน แต่มนุษย์ก็ยังไม่เลิกล้มโครงการอวกาศ ยังมีความพยายามคิดและสร้างเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อความปลอดภัยและลดค่าใช้จ่ายให้มากขึ้น ด้วยเป้าหมายหลักของโครงการขนส่งอวกาศในอนาคตคือการสร้างสถานีอวกาศถาวรและการทดลองทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ

6.5 การโคจรของดาวเทียมและกล้องโทรทรรศน์อวกาศ

ปัจจุบันความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีด้านการโคจรภายใต้แรงดึงดูดระหว่างมวล ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยพัฒนาองค์ความรู้ต่างๆ ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคม อุตุนิยมวิทยา ภูมิศาสตร์ หรือแม้แต่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านการติดต่อสื่อสารอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว ดังเช่นในยุคข้อมูลไร้พรมแดนอย่างทุกวันนี้ ตัวอย่างของวัตถุที่มีการโคจรภายใต้แรงดึงดูดระหว่างมวล เช่น ดาวเทียม กล้องโทรทรรศน์อวกาศ สถานีอวกาศ เป็นต้น พื้นฐานของการโคจรภายใต้แรงดึงดูดระหว่างมวลจำเป็นต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตของเส้นโค้งซึ่งเป็นรูปร่างของเส้นทางการเคลื่อนที่ โดยเฉพาะเรขาคณิตของวงรี ซึ่งได้กล่าวไว้คร่าวๆ แล้วในบทที่ 4 เส้นทางการเคลื่อนที่แบบวงรีสามารถอธิบายได้ด้วยกฎของเคปเลอร์ 3 ข้อ ดังต่อไปนี้ คือ

1. *ดาวเคราะห์ทั้งหมดจะมีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่งจุดโฟกัสจุดหนึ่งของวงรี*
2. *ถ้าลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์แล้ว เส้นตรงดังกล่าวจะกวาดพื้นที่ได้ค่าเท่ากันเมื่อช่วงเวลาที่ใช้เท่ากัน*
3. *สำหรับวงโคจรแบบวงรีของวัตถุท้องฟ้าภายใต้แรงโน้มถ่วงระหว่างกัน คาบการโคจรกับระยะครึ่งแกนยาวจะมีความสัมพันธ์กันโดยที่ คาบการโคจรของวัตถุท้องฟ้า (หน่วยปี) ยกกำลังสองจะมีค่าเท่ากับระยะครึ่งแกนยาว (ในหน่วย AU) ยกกำลังสาม*

กฎของเคปเลอร์ในเบื้องต้นใช้อธิบายเส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ ซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวลของดวงอาทิตย์กับดาวเคราะห์ แต่เนื่องจากแรงดังกล่าวเป็นแรงชนิดเดียวกับแรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกกับดาวเทียม โลกกับสถานีอวกาศ ดวงอาทิตย์กับยานอวกาศ ฯลฯ จึงสามารถใช้กฎของเคปเลอร์ในการอธิบายเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเหล่านี้ได้

- ดาวเทียม

ปัจจุบันดาวเทียมถูกมนุษย์ส่งไปโคจรรอบโลกจำนวนนับไม่ถ้วน ด้วยประโยชน์ต่างๆ มากมาย สามารถแบ่งประเภทของดาวเทียมตามหน้าที่ต่างๆ ได้ดังนี้

(ก) ดาวเทียมสื่อสาร

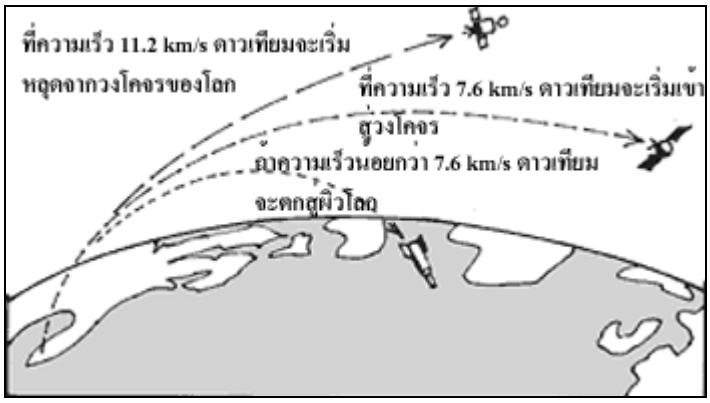
(ข) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

(ค) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

(ง) ดาวเทียมทางทหาร

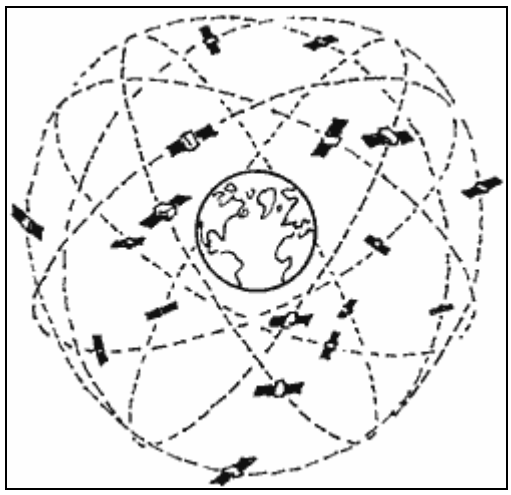
(จ) ดาวเทียมสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์

ดาวเทียมถูกส่งขึ้นไปจากโลกโดยยานขนส่งอวกาศ และสามารถโคจรรอบโลกได้อาศัยหลักการโคจรตามแรงดึงดูดระหว่างมวล ซึ่ง ณ ระดับความสูงจากผิวโลกระดับหนึ่ง ดาวเทียมจะต้องมีความเร็วเพียงค่าหนึ่งเท่านั้นจึงสามารถจะโคจรรอบโลกอยู่ได้โดยไม่หลุดจากวงโคจร โดยความเร็วดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 7.6-11.2 กิโลเมตรต่อวินาที (รูปแบบการโคจรแบบวงกลมจนกระทั่งถึงรูปแบบการโคจรแบบพาราโบลา) ดังรูปที่ 6.9 ความเร็วดังกล่าวนี้ถูกควบคุมตั้งแต่เริ่มต้นปล่อยดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรเพื่อให้เส้นทางการโคจรของดาวเทียมไม่ซ้อนทับกันกับดาวเทียมดวงอื่นๆ ดังนั้นแม้จะมีดาวเทียมอยู่มากมายแต่ดาวเทียมเหล่านี้จะไม่โคจรชนกันเลย เนื่องจากดาวเทียมแต่ละดวงจะมีสมบัติการเคลื่อนที่เฉพาะตัว



<u>รูปที่ 6.9</u> แสดงขอบเขตความเร็วเริ่มต้นของดาวเทียม

<u>รูปที่ 6.10</u> เป็นภาพวาดแสดงการโคจรของดาวเทียมที่ระดับเดียวกันรอบโลก โดยมีการควบคุมเส้นทางการโคจรไม่ให้ซ้อนทับกัน



นอกจากนั้นยังสามารถแบ่งประเภทของดาวเทียมตามความสูงในการโคจรเทียบกับพื้นโลกได้ดังนี้คือ

(1) สูงจากพื้นโลกประมาณ 41,157 กิโลเมตร เป็นดาวเทียมที่โคจรหยุดนิ่งกับที่เทียบกับพื้นโลก (Geostationary Satellites) จะลอยอยู่หยุดนิ่งค้างฟ้าเมื่อเทียบกับตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนโลก โดยส่วนมากจะเป็นดาวเทียมประเภทดาวเทียมสื่อสาร ตัวอย่างเช่นดาวเทียมไทยคม ดาวเทียมเหล่านี้อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรโลกประมาณ จะวางตัวอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตรโลก และสูงจากพื้นโลกประมาณ 41,157 กิโลเมตร หรือประมาณ 1/10 เท่าของระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์ มีคาบการโคจรประมาณ 24 ชั่วโมง

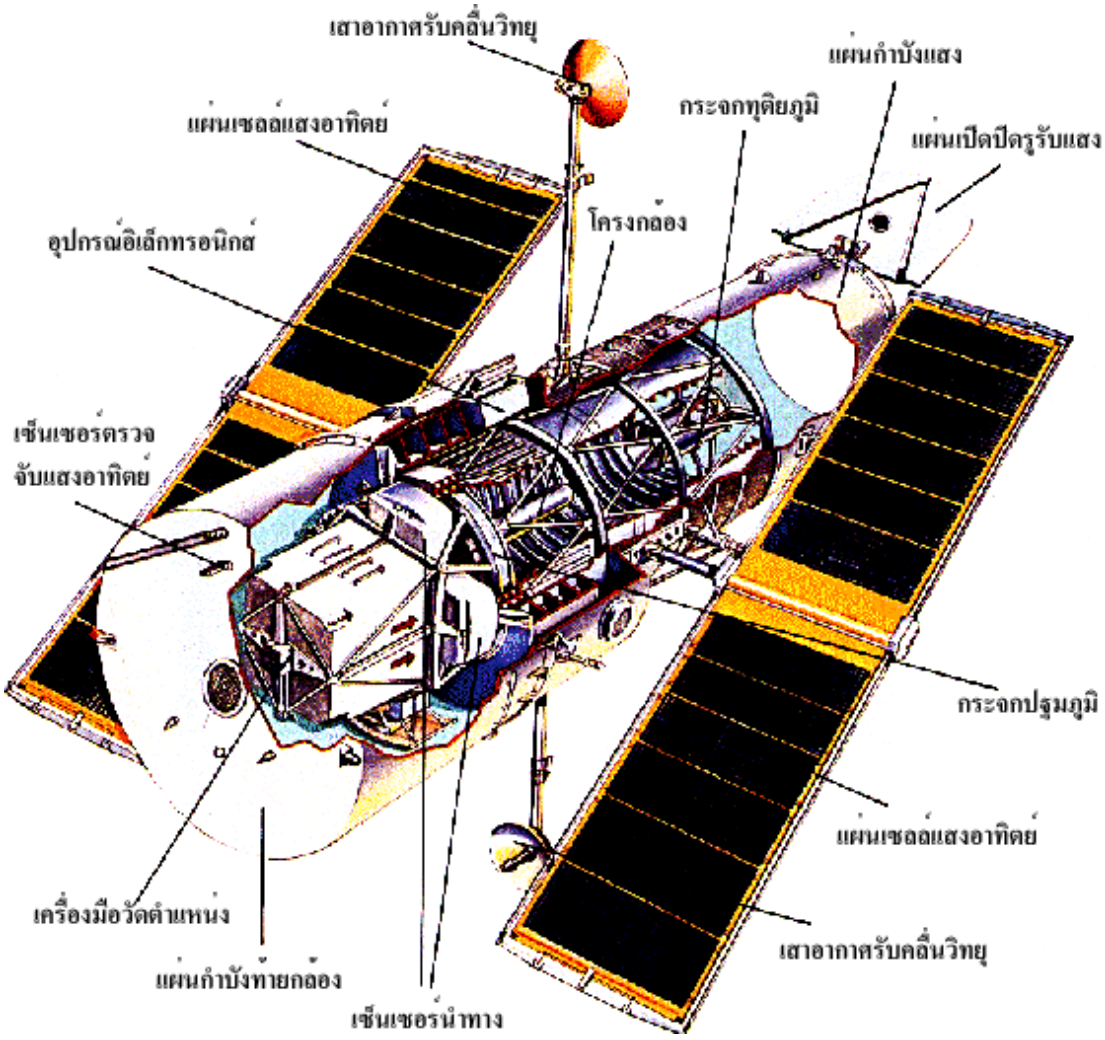
(2) สูงจากพื้นโลกประมาณ 9,700-19,400 กิโลเมตร เป็นดาวเทียมที่ไม่ได้หยุดนิ่งเทียบกับพื้นโลก (Asynchronous Satellite) ซึ่งโดยส่วนมากจะเป็นดาวเทียมนำทางแบบจีพีเอส (GPS: Global Positioning System) ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการติดตาม บอกตำแหน่ง หรือนำร่องบนโลก ไม่ว่าจะเป็น เครื่องบิน เรือเดินสมุทร รถยนต์ ระบบดาวเทียมจีพีเอสจะประกอบด้วยดาวเทียม 24 ดวง ใน 6 วงโคจร ที่มีวงโคจรเอียงทำมุม 55 องศาในลักษณะสานกันคล้ายลูกตระกร้อ ดังรูปที่ 6.10 มีคาบการโคจรประมาณ 12 ชั่วโมง

(3) สูงจากพื้นโลกประมาณ 4,800-9,700 กิโลเมตร เป็นดาวเทียมที่ไม่ได้หยุดนิ่งเทียบกับพื้นโลก (Asynchronous Satellite) ซึ่งเป็นระดับที่ถูกแบ่งวงโคจรไว้สำหรับดาวเทียมสำหรับการสำรวจและสังเกตการณ์ทางวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น การวิจัยเกี่ยวกับพืช-สัตว์ การติดตามร่องรอยของสัตว์ป่า เป็นต้น ดาวเทียมที่ระดับดังกล่าวมีคาบการโคจรประมาณ 100 นาที

(4) สูงจากพื้นโลกประมาณ 130-1940 กิโลเมตร เป็นดาวเทียมที่ไม่ได้หยุดนิ่งเทียบกับพื้นโลก (Asynchronous Satellite) โดยส่วนมากจะเป็นดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรบนโลกรวมไปถึงดาวเทียมด้านอุตุนิยมวิทยา

- กล้องโทรทรรศน์อวกาศ

ในการสังเกตการณ์วัตถุท้องฟ้าทางดาราศาสตร์ซึ่งอยู่ไกล นักดาราศาสตร์จำเป็นต้องใช้กล้องโทรทรรศน์ จึงมีกล้องโทรทรรศน์กระจายอยู่ทั่วทุกมุมโลก แต่เนื่องจากกว่าที่แสงจากวัตถุท้องฟ้าเหล่านั้นจะเข้ามาสู่กล้องโทรทรรศน์บนโลกได้ต้องผ่านชั้นบรรยากาศโลกซึ่งมีบางช่วงความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนหรือกระเจิงออกไปทำให้ผลการสังเกตการณ์ต้องคิดถึงค่าการรบกวนจากชั้นบรรยากาศ จึงมีแนวความคิดในการส่งดาวเทียมซึ่งติดตั้งกล้องโทรทรรศน์สังเกตการณ์ในอวกาศ และในปี พ.ศ. 2533 องค์การนาซาได้ส่งกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล (Hubble Space Telescope) ขึ้นไปประจำในวงโคจรรอบโลกที่ความสูง 600 กิโลเมตรเหนือผิวโลก บรรยากาศที่ความสูงดังกล่าวนี้เบาบางเทียบได้กับสภาวะสุญญากาศ ในการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ที่ระดับความสูงดังกล่าวจึงไม่มีผลกระทบจากบรรยากาศ



รูปที่ 6.11 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ในกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล

กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลเป็นกล้องชนิดสะท้อนแสง มีขนาดความกว้างของกระจกปฐมภูมิ 2.4 เมตร โคจรรอบโลกทุกๆ 97 นาทีรวมน้ำหนักของตัวกล้องและอุปกรณ์ต่างๆ หนักถึง 11 ตัน มีขนาดความกว้าง 4.3 เมตร ยาว 13.3 เมตร ใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ปีกทั้งสองข้าง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่นิเกิล-ไฮโดรเจนขนาดใหญ่ ตัวเพื่อใช้งานขณะที่กล้องโคจรไปอยู่ในเงาของโลกขณะไม่ได้รับแสง อุปกรณ์สำคัญที่ติดตั้งไปกับกล้องคือระบบคอมพิวเตอร์ กล้องถ่ายภาพมุมกว้าง เครื่องตรวจวัดสเปกตรัม เครื่องปรับทิศทางของกล้อง เป็นต้น ภาพถ่ายจากกล้องจะได้รับการวิเคราะห์โดยสถาบันวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในทางดาราศาสตร์

กล้องบนโลกนั้นสามารถส่องวัตถุท้องฟ้าได้ไกลราว 2 พันล้านปีแสง แต่กล้องฮับเบิลสามารถส่องได้ไกลถึง 14,000 ล้านปีแสง ข้อมูลที่ได้จากกล้องฮับเบิลเพียงระยะเวลาสั้นๆ สามารถแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดต่างๆ ของวัตถุท้องฟ้าที่มนุษย์ไม่เคยเห็นมาก่อน กล้องฮับเบิลมีอายุการใช้งานนานถึง 20 ปี โดยคาดว่านาซาจะปลดระวางในปี พ.ศ. 2553

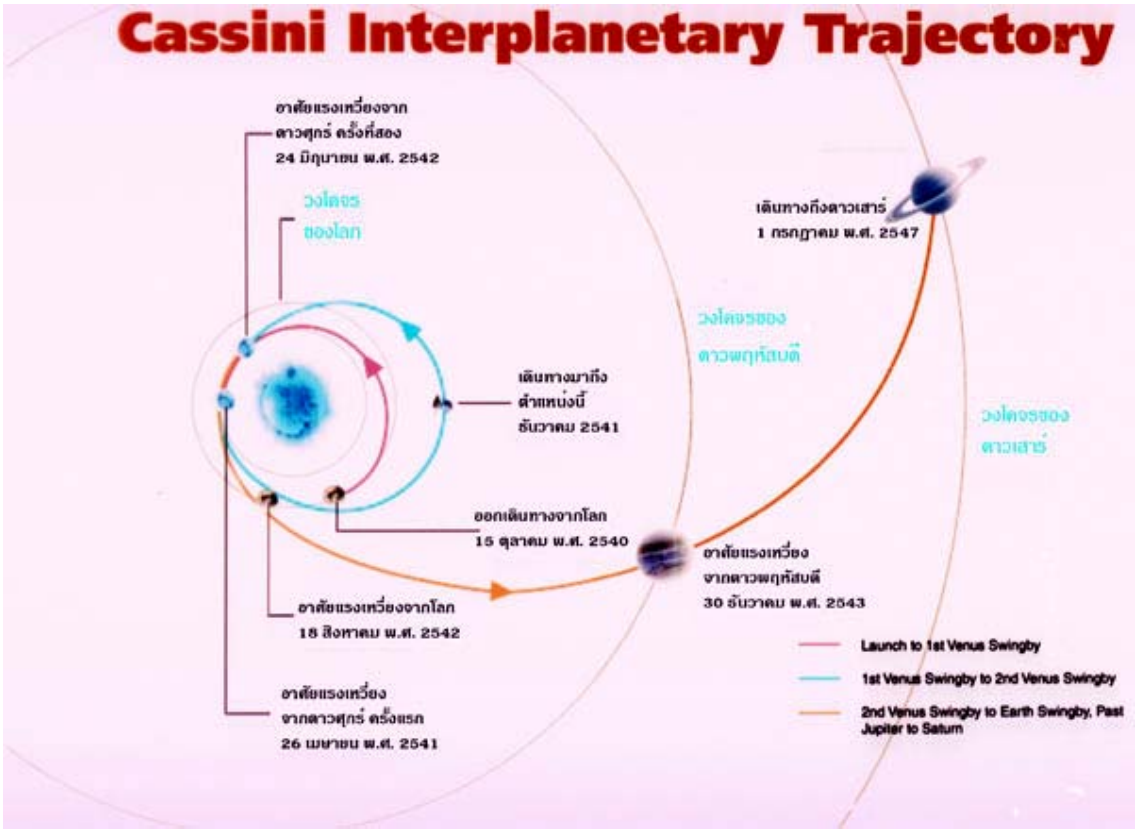
นอกจากนั้นยังมีกล้องโทรทรรศน์อวกาศรังสีเอกซ์จันทรา (Chandra X-Ray Observatory) ซึ่งถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2543 ปฏิบัติภารกิจบนวงโคจรสูงจากผิวโลก โดยระยะห่างจากผิวโลกมากที่สุด 133,000 กิโลเมตร

ในอนาคตองค์การนาซาวางแผนจะสร้างและส่งกล้องโทรทรรศน์อวกาศตัวใหม่เพื่อทดแทนกล้องฮับเบิล ชื่อว่ากล้องโทรทรรศน์อวกาศ เจมส์ เว็บบ์ (James Webb Space Telescope) คาดว่าจะส่งขึ้นไปประมาณปี 2554 โดยกล้องดังกล่าวมีขนาดกระจกปฐมภูมิใหญ่ 6.5 เมตร ซึ่งใหญ่กว่ากล้องฮับเบิลประมาณ 2-3 เท่า

6.6 ยานสำรวจอวกาศและการเดินทางระหว่างดาวเคราะห์

มนุษย์มีความกระหายและกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้จากดินแดนใหม่ๆ มาเป็นเวลานาน ภายหลังจากที่มนุษย์คิดค้นจรวดได้ เป็นแรงปรารถนาอันยิ่งใหญ่ที่จะส่งยานไปพร้อมกับจรวดเพื่อสำรวจดินแดนอันกว้างใหญ่ในอวกาศ จวบจนกระทั่งมาถึงปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางด้านการส่งยานสำรวจอวกาศดำเนินมาเรื่อยๆ หากแบ่งประเภทของการสำรวจอวกาศแล้ว สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ การสำรวจอวกาศโดยยานอวกาศที่ไม่มีมนุษย์ขับควบคุมบนยาน กับการสำรวจอวกาศโดยยานอวกาศที่มีมนุษย์ขับควบคุมไปด้วย

การส่งยานสำรวจอวกาศไปสู่ดาวเคราะห์ต่างๆ ในระบบสุริยะ จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางด้านวงโคจรในสนามแรงโน้มถ่วงอย่างแม่นยำมากๆ จึงต้องมีการวางแผนด้านการเดินทางของยานสำรวจอวกาศอย่างละเอียดรอบคอบและระมัดระวังเป็นอย่างสูง เนื่องจากการส่งยานเพื่อไปโคจรรอบหรือลงจอดบนดาวเคราะห์ดวงหนึ่งนั้นไม่ใช่การเดินทางอย่างตรงไปตรงมาจากโลกถึงดาวเคราะห์ดวงนั้นเลย แต่จำเป็นต้องอาศัยการเคลื่อนที่ไปตามวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ และในบางครั้งต้องอาศัยแรงเหวี่ยงจากดาวเคราะห์ดวงอื่นเพื่อเปลี่ยนเส้นทางโคจรให้ไปถึงจุดหมายปลายทาง เพื่อให้สามารถเดินทางไปยังจุดหมายไกลๆ ได้โดยไม่ต้องสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน เพื่อความเข้าใจเบื้องต้นในเรื่องแรงเหวี่ยงเพื่อเปลี่ยนเส้นทางโคจร จะขอยกตัวอย่างเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานสำรวจอวกาศแคสสินีซึ่งมีจุดหมายหลักในการสำรวจอยู่ที่ดาวเสาร์ ดังแสดงในรูปที่ 6.12



<u>รูปที่ 6.12</u> แสดงแผนภาพการเดินทางจากโลกไปยังดาวเสาร์ของยานสำรวจอวกาศแคสสินี

จากรูปจะเห็นว่ายานอวกาศแคสสินีเดินทางออกจากโลกเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2540 โดยแรกเริ่มยานแคสสินีโคจรอยู่ในวงโคจรรูปวงรีวงโคจรหนึ่งที่มีดวงอาทิตย์เป็นจุดโฟกัสของวงรี จนวันที่ 26 เมษายน 2541 ยานแคสสินีเดินทางไปอ้อมหลังดาวศุกร์เพื่ออาศัยสนามแรงโน้มถ่วงจากดาวศุกร์เหวี่ยงตัวยานให้เปลี่ยนไปสู่วงโคจรรูปวงรีอีกวงโคจรหนึ่งซึ่งมีดวงอาทิตย์เป็นจุดโฟกัสเช่นกัน แต่มีระยะครึ่งแกนยาวมากกว่าเดิม ซึ่งยานแคสสินีจะโคจรอยู่ในวงโคจรนี้อยู่ประมาณ 10 เดือน จนถึงวันที่ 24 มิถุนายน 2542 ก็ไปอยู่ตำแหน่งหลังดาวศุกร์เพื่อเหวี่ยงตัวเองให้หลุดจากวงโคจรเดิมไปสู่วงโคจรรูปวงรีอันใหม่ แต่จะอยู่ในวงโคจรนี้แค่ประมาณ 2 เดือนเท่านั้น ก็จะอาศัยแรงเหวี่ยงจากสนามแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงเหวี่ยงจากสนามแรงโน้มถ่วงของดาวพฤหัสบดีเพื่อเดินทางไปยังจุดหมายคือดาวเสาร์ต่อไป สรุปแล้วในการเดินทางของยานแคสสินีจากโลกไปยังดาวเสาร์ใช้เวลาประมาณเกือบ 7 ปี และอยู่ภายใต้วงโคจรรูปวงรีที่มีดวงอาทิตย์เป็นจุดโฟกัสทั้งหมด 5 วงโคจร โดยการเปลี่ยนวงโคจรจะใช้แรงเหวี่ยงจากสนามแรงโน้มถ่วงของดาวเคราะห์ 3 ดวง ดังนั้นการคำนวณแผนการเดินทางจากโลกไปยังดาวเสาร์ของยานแคสสินีจึงต้องอาศัยความแม่นยำและรายละเอียดของตัวเลขพารามิเตอร์ต่างๆ อย่างมาก

มนุษย์ได้ส่งยานสำรวจอวกาศเพื่อศึกษาดาวเคราะห์ในระบบสุริยะมาเป็นเวลานาน พัฒนาการของการสำรวจดาวเคราะห์ดังแต่อดีตถึงปัจจุบันมีดังต่อไปนี้ (*ข้อมูลจากหนังสือ เอกภพเพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของจักรวาล โดย วิภู รุโจปการ*)

ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวพุธ

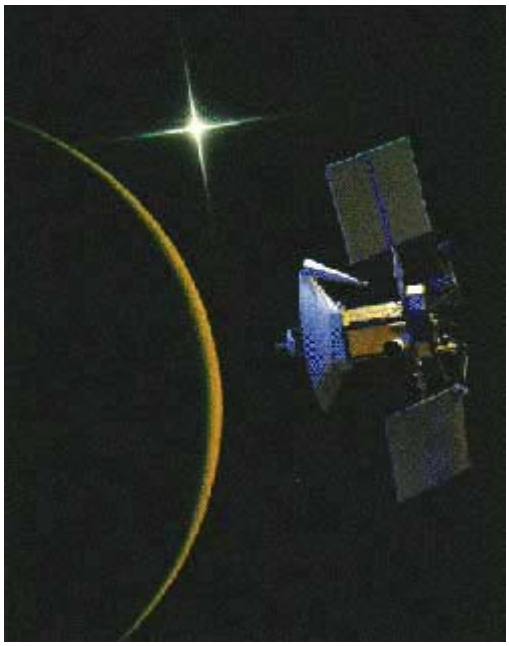
ดาวพุธ			
ยานสำรวจ	**ประเทศ**	**วันที่ส่ง**	**ภารกิจ**
ยานมารีเนอร์ 10	สหรัฐอเมริกา	3 พ.ย. 2514	ใช้แรงเหวี่ยงจากการบินเฉียดดาวศุกร์เพื่อบินไปสำรวจดาวพุธ โดยบินผ่านดาวพุธ 3 ครั้ง ที่ระยะ 704 กิโลเมตร, 47,000 กิโลเมตร และ 327 กิโลเมตร เพื่อถ่ายภาพพื้นผิวดาว
ยานแมสเซนเจอร์*	สหรัฐอเมริกา	มีนาคม 2548	บินผ่านดาวศุกร์ในปี 2547 และ ปี 2549 จากนั้นเดินทางต่อไปยังดาวพุธ บินเฉียดดาวพุธที่ระยะ 200 กิโลเมตร ในปี 2550 และปี 2551 ใช้เวลาสำรวจทั้งสิ้นประมาณ 1 ปี
บีปิโคลอมโบ*	องค์การอวกาศยุโรป	มกราคม 2554	โคจรสำรวจดาวพุธในระยะใกล้ โดยมีระยะใกล้สุด 400 กิโลเมตร และระยะไกลสุด 1,500 ก.ม.

<u>รูปที่ 6.13</u> แสดงยานมาริเนอร์ 10 และภาพถ่ายแบบโมเสกที่ยานมาริเนอร์ 10 ถ่ายส่งมายังโลก

ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวศุกร์

ดาวศุกร์			
ยานสำรวจ	**ประเทศ**	**วันที่ส่ง**	**ภารกิจ**
ยานมารีเนอร์ 2	สหรัฐอเมริกา	27 ส.ค. 2505	บินผ่านเพื่อสำรวจดาวศุกร์ที่ระยะ 34,773 กิโลเมตร
ยานมารีเนอร์ 5	สหรัฐอเมริกา	14 มิ.ย. 2510	บินผ่านดาวศุกร์ที่ระยะ 4,000 กิโลเมตร เพื่อสำรวจชั้นบรรยากาศและสนามแม่เหล็ก
ยานเวเนอรา 4	สหภาพโซเวียต	12 มิ.ย. 2510	ส่งยานสำรวจลงสู่ดาวศุกร์ ยานลดระดับจนถึงความสูง 24.9 กิโลเมตร ก่อนขาดการติดต่อ
ยานเวเนอรา 5	สหภาพโซเวียต	5 ม.ค. 2512	คล้ายยานเวเนอรา 4 แต่สร้างให้แข็งแกร่งกว่า สามารถส่งข้อมูลบรรยากาศดาวศุกร์กลับมาได้เป็นเวลา 53 นาที
ยานเวเนอรา 7	สหภาพโซเวียต	17 ส.ค. 2513	ยานลงจอดบนผิวดาวศุกร์และส่งสัญญาณกลับมาเป็นเวลา 35 นาที ก่อนจะขาดการติดต่อ
ยานเวเนอรา 8	สหภาพโซเวียต	27 มี.ค. 2515	ลงจอดบนผิวดาวศุกร์ ส่งสัญญาณกลับมาเป็นเวลา 50 นาที
ยานมารีเนอร์ 10	สหรัฐอเมริกา	3 พ.ย. 2516	บินผ่านดาวศุกร์ที่ระยะ 4,200 กิโลเมตร และใช้แรงเหวี่ยงจากดาวศุกร์เดินทางไปดาวพุธต่อ
ยานเวเนอรา 9 และ 10	สหภาพโซเวียต	ปี 2518	โคจรรอบดาวศุกร์และลงจอดบนผิวดาว
ยานเวเนอรา 11-14	สหภาพโซเวียต	ปี 2521-2524	ลงจอดบนผิวดาวศุกร์
ยานไพโอเนียวีนัส	สหรัฐอเมริกา	20 พ.ค. 2521	โคจรสำรวจดาวศุกร์ตั้งแต่ปี 2521-2535
ยานเวเนอรา 15 และ 16	สหภาพโซเวียต	ปี 2526	โคจรรอบดาวศุกร์
ยานกาลิเลโอ	สหรัฐอเมริกา	18 ต.ค. 2532	บินผ่านดาวศุกร์เพื่อใช้แรงเหวี่ยงของดาวศุกร์ส่งยานไปยังดาวพฤหัสบดี

ยานแมกเจลแลน	สหรัฐอเมริกา	4 พ.ค. 2532	โคจรทำแผนที่ดาวศุกร์โดยใช้เรดาร์ส่องทะลุชั้นเมฆ โดยได้รายละเอียดภูมิประเทศดาวศุกร์ 98 % ของพื้นผิวทั้งหมดที่ความละเอียด 75 เมตรต่อพิกเซล
ยานแมสเซนเจอร์*	สหรัฐอเมริกา	มีนาคม 2547	บินผ่านดาวศุกร์ในปี 2547 และ 2549 ที่ระยะ 2,545 กิโลเมตร และ 4,281 กิโลเมตร ตามลำดับ ก่อนจะเดินทางต่อไปดาวพุธ
ยานวีนัส-เอกซ์เพรส*	องค์การอวกาศยุโรป	พฤศจิกายน 2548	โคจรรอบดาวศุกร์ที่ระยะใกล้สุด 250 กิโลเมตร และไกลสุดที่ 66,000 กิโลเมตร เพื่อเฝ้าสำรวจบรรยากาศของดาวศุกร์เป็นเวลา 486 วันของโลก (สองวันของดาวศุกร์)
ยานแพลเน็ท-ซี*	ญี่ปุ่น	กุมภาพันธ์ 2550	โคจรรอบดาวศุกร์เพื่อถ่ายภาพในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลตและอินฟราเรด



<u>รูปที่ 6.13</u> แสดงภาพวาดยานสำรวจแมกเจลแลน และภาพถ่ายดาวศุกร์จากยานแมกเจลแลน

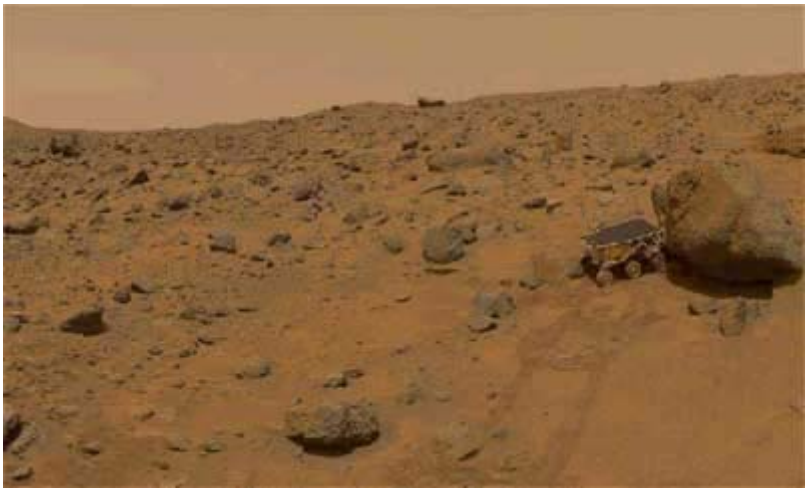
ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวอังคาร

ดาวอังคาร			
ยานสำรวจ	**ประเทศ**	**วันที่ส่ง**	**ภารกิจ**
ยานมาริเนอร์ 4	สหรัฐอเมริกา	28 พ.ย. 2507	บินเฉียดเพื่อสำรวจดาวอังคารเป็นครั้งแรกที่ระยะ 9,846 กิโลเมตร
ยานมาริเนอร์ 6-7	สหรัฐอเมริกา	24 ก.พ. และ 27 มี.ค. 2512	ทั้งสองบินเฉียดเพื่อสำรวจดาวอังคารที่ระยะห่าง 3,430 กิโลเมตร โดยได้ถ่ายภาพพื้นผิวดาวอังคารในระยะใกล้
ยานมาร์ส 2-3	สหภาพโซเวียต	19 และ 25 พ.ค. 2514	โคจรรอบดาวอังคารเพื่อสำรวจบรรยากาศและพื้นผิวดาว
ยานมาริเนอร์ 9	สหรัฐอเมริกา	30 พ.ค. 2514	ถ่ายภาพเพื่อทำแผนที่ดาวอังคาร ส่งภาพกลับมา 7,329 ภาพ ครอบคลุมพื้นผิวดาวอังคารทั้งดวง
ยานมาร์ส 4-7	สหภาพโซเวียต	กรกฎาคม-สิงหาคม 2516	ยานทั้งสี่ลำทำงานร่วมกันสำรวจดาวอังคาร โดยมียานมาร์ส 6 ลงบนพื้นดาวอังคารแบบตกกระแทกเป็นครั้งแรก
ยานไวกิง 1-2	สหรัฐอเมริกา	สิงหาคม-กันยายน 2518	โครงการไวกิงเป็น ประกอบดาวยาน 2 ลำ ซึ่งแต่ละลำมียานโคจรรอบดาวและยานลงจอดบนพื้นดาว และได้ลงจอดบนพื้นผิวดาวอังคารอย่างนิ่มนวลเป็นครั้งแรก พร้อมอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์อีกจำนวนมากและถ่ายภาพความละเอียดสูงของดวงจันทร์ของดาวอังคารอีกด้วย
ยานโฟบอส 1-2	สหภาพโซเวียต	7 และ 12 ก.ค. 2531	โฟบอส 2 ได้บินสำรวจดวงจันทร์โฟบอสในระยะเพียง 50 เมตร (โฟบอส 1 ขาดการติดต่อ)
ยานมาร์ส ออบเซิร์ฟเวอร์	สหรัฐอเมริกา	25 ก.ย. 2535	ยานขาดการติดต่อในวันที่ 21 ส.ค. 2536 เพียง 3 วันก่อนเข้าสู่วงโคจรของดาวอังคาร

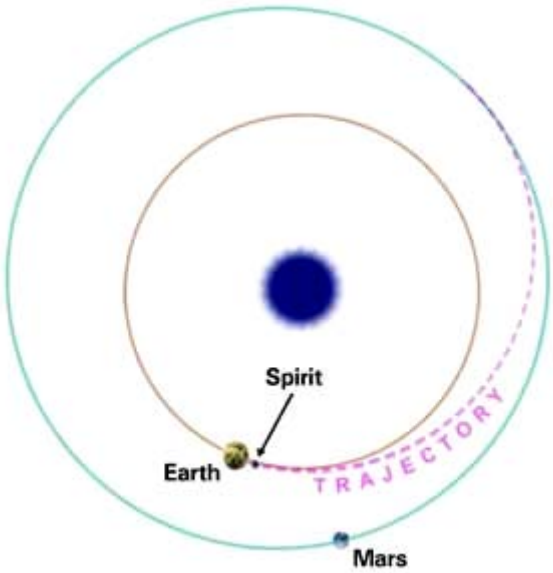
ยานมาร์ส พาธไฟเดอร์	สหรัฐอเมริกา	4 ธ.ค. 2539	ประสบความสำเร็จในการลงจอดบนดาวอังคาร และปล่อยรถโรเวอร์ออกไปศึกษาพื้นที่โดยรอบจุดลงจอด และส่งข้อมูลกลับมาอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 10 มีนาคม 2541
ยานมาร์ส โกลบอล เซอร์เวเยอร์	สหรัฐอเมริกา	7 พ.ย. 2539	ส่งไปแทนยานมาร์สออบเซิร์ฟเวอร์ เพื่อศึกษาองค์ประกอบของพื้นผิว สนามแรงโน้มถ่วง สนามแม่เหล็ก และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยละเอียด ด้วยอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ 6 ชุดหลัก ส่งข้อมูลกลับมายังโลกจนถึงเดือนเมษายน 2545
ยานโนโซมิ	ญี่ปุ่น	3 ก.ค. 2541	วางแผนจะถึงดาวอังคารในเดือนตุลาคม 2542 แต่ได้รับความเสียหายจากพายุสุริยะรุนแรง และหายสาปสูญในเวลาต่อมา
ยานมาร์ส ไคลเมต ออร์บิเตอร์	สหรัฐอเมริกา	11 ธ.ค. 2541	วางแผนตรวจสภาพอากาศของดาวอังคาร แต่ภารกิจนี้ล้มเหลวเพราะยานได้ลุกไหม้ในชั้นบรรยากาศของดาวอังคารระหว่างเข้าใกล้ดาว เนื่องจากทีมโปรแกรมเมอร์ของผู้สร้างยานใช้หน่วยวัดระบบอังกฤษ แทนที่จะเป็นระบบเมตริกตามที่ผู้ควบคุมยานเข้าใจ ทำให้จุดระเบิดผิดพลาด
ยานดีพ สเปซ 2	สหรัฐอเมริกา	3 ม.ค. 2542	ส่งหัวเจาะพุ่งชนดาวอังคารเพื่อศึกษาสภาพใต้ผิวดาว แต่หัวเจาะไม่ส่งสัญญาณตอบกลับหลังพุ่งชนในวันที่ 3 ธ.ค. 2542
ยาน 2001 มาร์ส โอดิสซี	สหรัฐอเมริกา	7 เม.ย. 2544	สำรวจผิวดาวอังคารว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่หรือไม่

ยานมาร์ส เอกซ์เพรส	องค์การอวกาศยุโรป	2 มิ.ย. 2546	โคจรถ่ายภาพดาวอังคาร และส่งยานลูกชื่อ บีเกิล 2 ร่อนลงจอดบนผิวดาวในวันที่ 25 ธ.ค. 2546 แต่ยานบีเกิล 2 ขาดการติดต่อหลังจากถูกส่งลงผิวดาว
ยานสปิริต	สหรัฐอเมริกา	10 มิ.ย. 2546	ยานสำรวจลงจอดที่ผิวดาวบริเวณ Gusev Crator และส่งรถโรเวอร์ที่วิ่งเร็วและไกลกว่ารถของยานมาร์สพาธไฟเดอร์มาก เริ่มการสำรวจเมื่อวันที่ 3 ม.ค. 2547
ยานออพเพอจูนิตี	สหรัฐอเมริกา	7 ก.ค. 2546	เป็นยานและรถสำรวจชุดเดียวกับยานสปิริต ได้ลงจอดบนพื้นผิวดาวอังคารเมื่อวันที่ 24 ม.ค. 2547 ในบริเวณ Meridiani Planum ซึ่งเป็นบริเวณตรงข้ามกับที่ยานสปิริตลงจอด
ยานมาร์ส รีคอนนิเซินซ์ ออร์บิเตอร์*	สหรัฐอเมริกา	8 ส.ค. 2548	วางแผนจะสำรวจผิวดาวอังคารด้วยความละเอียดสูงจากวงโคจรที่มีระยะใกล้ที่สุด 250 กิโลเมตร และไกลที่สุด 320 กิโลเมตร ซึ่งน่าจะถึงดาวอังคารในเดือนมีนาคม 2549 และโคจรสำรวจเป็นเวลา 1 ปีของดาวอังคาร (ประมาณ 2 ปีของโลก)
ยานเน็ทแลนเดอร์*	ฝรั่งเศส	ปลายปี 2550	จะวางแผนกำหนดลักษณะภารกิจที่แน่นอนประมาณปลายปี 2547

<u>รูปที่ 6.14</u> ภาพโมเสกแสดงยานสำรวจดาวอังคาร



<u>รูปที่ 6.15</u> แสดงภาพพื้นผิวดาวอังคารจากยานมาร์ส พาธไฟเดอร์



รูปที่ 6.16 แผนภาพแสดงเส้นทางโคจรของยานสปิริตจากโลกสู่ดาวอังคาร

รูปที่ 6.17 ภาพถ่ายพื้นผิวของดาวอังคารเมื่อวันที่ 27 ก.พ. 2547 จากยานสปิริต

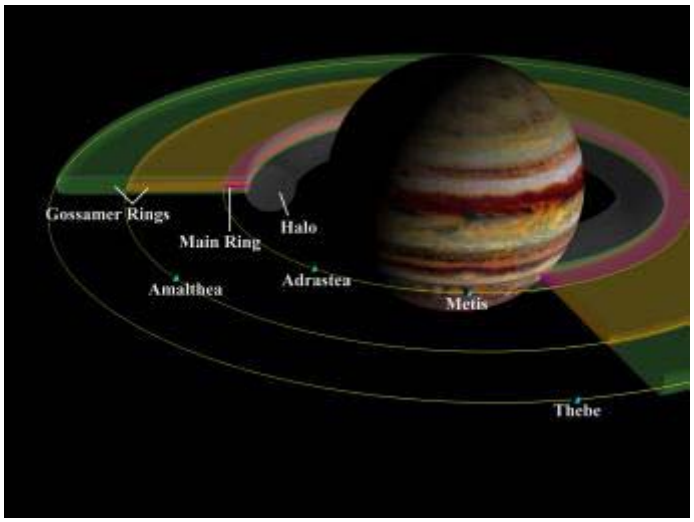
ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวพฤหัสบดี

ดาวพฤหัสบดี			
ยานสำรวจ	**ประเทศ**	**วันที่ส่ง**	**ภารกิจ**
ยานไพโอเนียร์ 10	สหรัฐอเมริกา	3 มี.ค. 2515	ภารกิจสำรวจดาวเคราะห์ก๊าซภารกิจแรกในประวัติศาสตร์ ได้บินผ่านดาวพฤหัสบดีที่ระยะ 200,000 กิโลเมตร ปัจจุบันได้ออกจากระบบสุริยะ ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 82 A.U. และยังมีอุปกรณ์บางชิ้นทำงานอยู่
ยานไพโอเนียร์ 11	สหรัฐอเมริกา	6 เม.ย. 2516	สำรวจดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์ บินผ่านดาวพฤหัสบดีเมื่อวันที่ 4 ธ.ค. 2517 ที่ระยะ 34,000 กิโลเมตร
ยานวอยเอเจอร์ 1	สหรัฐอเมริกา	5 ก.ย. 2520	ยานวอยเอเจอร์ 1 และ 2 เป็นโครงการสำรวจดาวเคราะห์ที่ใหญ่ที่สุดโครงการหนึ่งในประวัติศาสตร์การสำรวจอวกาศ ยานทั้งสองลำได้บินเฉียดเพื่อศึกษาดาวพฤหัสบดีในวันที่ 5 มี.ค. และ 9 ก.ค. 2522 ที่ระยะ 349,100 กิโลเมตร และ 721,800 กิโลเมตร ตามลำดับ ยานทั้งสองได้ค้นพบดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดีเพิ่มเติม ค้นพบวงแหวนบางของดาวพฤหัสบดี ถ่ายภาพและส่งข้อมูลทางวิทยาศาสตร์กลับมามากมาย
ยานวอยเอเจอร์ 2	สหรัฐอเมริกา	20 ส.ค. 2520	เช่นเดียวกับยานวอยเอเจอร์ 1
ยานยูลิซิส	องค์การอวกาศยุโรป, สหรัฐอเมริกา	6 ต.ค. 2533	บินไปยังดาวพฤหัสบดีเพื่อใช้แรงเหวี่ยงส่งยานไปสำรวจเหนือขั้วของดวงอาทิตย์ (ซึ่งเป็นภารกิจหลักของยาน)
ยานกาลิเลโอ	สหรัฐอเมริกา	18 ต.ค. 2533	โคจรสำรวจดาวพฤหัสบดีและส่งข้อมูลกลับมามากที่สุดใน

			ประวัติศาสตร์ รวมทั้งบินเฉียดเพื่อศึกษาดวงจันทร์ขนาดใหญ่ทั้งสี่ ยานกาลิเลโอได้ส่งหัววัด (probe) ลงสู่ดาวพฤหัสบดีในวันที่ 7 ธ.ค. 2538 เพื่อศึกษาบรรยากาศในระดับต่ำกว่ายอดเมฆลงไป ยานกาลิเลโอโคจรสำรวจดาวพฤหัสบดีจนถึงวันที่ 21 ก.ย. 2546 จึงจบภารกิจอย่างสมบูรณ์โดยการพุ่งชนดาวพฤหัสบดี
ยานแคสสินี	องค์การอวกาศยุโรป, สหรัฐอเมริกา	15 ต.ค. 2540	มีภารกิจหลักในการสำรวจดาวเสาร์ในปี 2547 ซึ่งได้บินเฉียดดาวพฤหัสบดีในวันที่ 30 ธ.ค. 2543 ได้ถ่ายภาพและเก็บข้อมูลดาวพฤหัสบดีและเก็บข้อมูลส่งกลับมาเป็นจำนวนมาก

<u>รูปที่ 6.18</u> ภาพถ่ายแสดงดาวพฤหัสบดีและเงาของดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดีที่ตกกระทบบนตัวดาว ถ่ายโดยยานสำรวจแคสสินี

<u>รูปที่ 6.19</u> ภาพวาดแสดงวาระสุดท้ายของยานกาลิเลโอ ภายหลังจากเสร็จสิ้นภารกิจสำรวจดาวพฤหัสบดี โดยการพุ่งเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของดาว



<u>รูปที่ 6.20</u> แบบจำลองแสดงชั้นวงแหวนบางรอบดาวพฤหัสบดี วงแหวนของดาวพฤหัสบดีถูกค้นพบโดยยานกาลิเลโอ

ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวเสาร์

ดาวเสาร์			
ยานสำรวจ	**ประเทศ**	**วันที่ส่ง**	**ภารกิจ**
ยานไพโอเนียร์ 11	สหรัฐอเมริกา	6 เม.ย. 2516	บินผ่านดาวเสาร์เมื่อวันที่ 1 ก.ย. 2522 ที่ระยะห่าง 21,000 ก.ม.
ยานวอยเอเจอร์ 1	สหรัฐอเมริกา	5 ก.ย. 2520	ยานวอยเอเจอร์ 1 และ 2 เป็นโครงการสำรวจดาวเคราะห์ที่ใหญ่ที่สุดโครงการหนึ่งในประวัติศาสตร์การสำรวจอวกาศ ยานทั้งสองได้บินเฉียดเพื่อศึกษาดาวเสาร์ในช่วงปี 2523-2524 และส่งภาพของดาวเสาร์ รวมทั้งดวงจันทร์ต่างๆ กลับมากว่า 32,000 ภาพ นอกจากนี้ยังได้ค้นพบโครงสร้างที่ซับซ้อนของวงแหวน และค้นพบดวงจันทร์ของดาวเสาร์เพิ่มขึ้นอีก 3 ดวง
ยานวอยเอเจอร์ 2	สหรัฐอเมริกา	20 ส.ค. 2520	
ยานแคสสินี*	องค์การอวกาศยุโรป, สหรัฐอเมริกา	15 ต.ค. 2540	ยานแคสสินีน่าจะเข้าสู่วงโคจรของดาวเสาร์ในวันที่ 1 ก.ค. 2547 มีภารกิจสำรวจดาวเสาร์ในช่วงปี 2547-2551 โดยจะปล่อยยานสำรวจชื่อ ฮอยเกนส์ ลงสู่ดวงจันทร์ไททันในวันที่ 27 พ.ย. 2547 และยานแคสสินีจะโคจรศึกษาดาวเสาร์รวมทั้งดวงจันทร์ต่างๆ

<u>รูปที่ 6.21</u> ภาพถ่ายดาวเสาร์และวงแหวนจากยานสำรวจวอยเอเจอร์ 2

<u>รูปที่ 6.22</u> ภาพถ่ายยานสำรวจวอยเอเจอร์ 2

<u>รูปที่ 6.23</u> แสดงยานสำรวจแคสสินีขณะกำลังสร้าง ซึ่งประกอบด้วยยานโคจรรอบดาวเสาร์ และส่วนหัววัด ฮอยเกนส์ที่จะพุ่งเข้าสู่ดาวเสาร์เพื่อสำรวจชั้นบรรยากาศ คาดว่ายานแคสสินีจะเข้าสู่วงโคจรของดาวเสาร์ในวันที่ 1 กรกฎาคม 2547

ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวยูเรนัส

ดาวยูเรนัส			
ยานสำรวจ	**ประเทศ**	**วันที่ส่ง**	**ภารกิจ**
ยานวอยเอเจอร์ 2	สหรัฐอเมริกา	20 ส.ค. 2520	หลังจากสำรวจดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์ ยานวอยเอเจอร์ 2 ได้บินผ่านดาวยูเรนัสที่ระยะ 107,090 กิโลเมตร ในวันที่ 24 ม.ค. 2529 และถ่ายภาพส่งกลับมากว่า 8,000 ภาพ ก่อนจะเดินทางไปสำรวจดาวเนปจูน

ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวเนปจูน

ดาวเนปจูน			
ยานสำรวจ	**ประเทศ**	**วันที่ส่ง**	**ภารกิจ**
ยานวอยเอเจอร์ 2	สหรัฐอเมริกา	20 ส.ค. 2520	หลังจากสำรวจดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์ และดาวยูเรนัสแล้ว ก็ได้เดินทางต่อไปสำรวจดาวเนปจูน โดยบินผ่านที่ระยะ 29,210 กิโลเมตร ในวันที่ 25 ส.ค. 2532 ก่อนจะเดินทางออกจากระบบสุริยะชั่วนิรันดร์ โดยในปี 2546 ยานวอยเอเจอร์ 2 อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ 70 A.U. และยังคงส่งสัญญาณข้อมูลสภาพอวกาศที่วัดได้กลับมายังโลกสม่ำเสมอ ยานวอยเอเจอร์ 2 จะยังคงส่งสัญญาณกลับมาจนกระทั่งถึงปี 2563 ซึ่งยานจะไม่มีเชื้อเพลิงเพียงพอที่จะหมุนให้จานส่งสัญญาณหันมายังโลกอีกต่อไป

จะเห็นว่าก้าวต่อไปในอวกาศของมนุษยชาติปัจจุบันไม่ได้อยู่ภายใต้การพัฒนาของสหภาพโซเวียตและสหรัฐอเมริกาเพียงแค่ 2 ประเทศอีก แต่ประเทศหลายๆ ประเทศกำลังพัฒนาศักยภาพในการสำรวจอวกาศอย่างแข็งขัน อีกทั้งมีความร่วมมือกันระหว่างประเทศเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอวกาศอย่างรวดเร็วและมั่นคง นั่นคือการรวมกลุ่มกันของประเทศทางแถบยุโรปไม่ว่าจะเป็น ออสเตรีย เบลเยี่ยม เดนมาร์ก ฝรั่งเศส เยอรมนี อังกฤษ ไอร์แลนด์ อิตาลี เนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ สเปน และสวิตเซอร์แลนด์ เพื่อก่อตั้งองค์การอวกาศยุโรป (ESA: European Space Agency) ในการพัฒนาด้านอวกาศ หรือแม้แต่ ญี่ปุ่น

อินเดีย หรือจีน ก็มีศักยภาพด้านอวกาศจนสามารถส่งยานออกสำรวจอวกาศได้ ดังนั้นเรื่องเทคโนโลยีอวกาศของมนุษย์ที่เคยพัฒนาอย่างช้าๆ หลังจากที่สหภาพโซเวียตล่มสลายก็กลับฟื้นมาเป็นการแข่งขันกันสั่งสมและพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้กันมากยิ่งขึ้น การแสวงหาความรู้อันไม่รู้จบของมนุษยชาติจึงกำลังก้าวหน้าไปเรื่อยๆ อย่างไม่หยุดยั้ง เพื่อการบรรลุแห่งความจริงในอีกไม่ช้าไม่นาน.