

## บทที่ 6

### เทคโนโลยีอวกาศ

#### 6.1 ความนำ

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

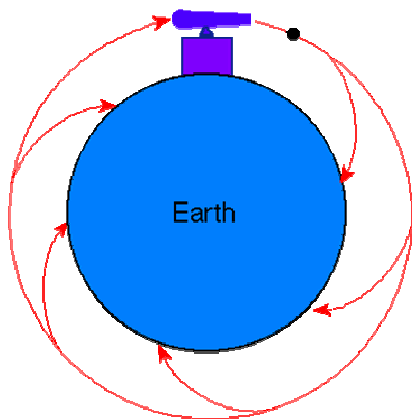
วัน เดือน ปี	เหตุการณ์ด้านอวกาศที่สำคัญ
4 ตุลาคม 2500	สหภาพโซเวียตส่งดาวเทียม สпутนิก 1 โคจรรอบโลกเป็นครั้งแรก จนเสร็จสิ้นภารกิจเมื่อ 4 มกราคม 2501
3 พฤศจิกายน 2500	สหภาพโซเวียตส่งดาวเทียม สпутนิก 2 พร้อมสุนัขตัวแรกชื่อ ไลกา ซึ่งถูกส่งไปอยู่ในอวกาศได้นาน 7 วัน ดาวเทียมสputนิก 2 หลุดจากวงโคจรในวันที่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

	จันทร์ ก่อนจะเข้าสู่วงโคจรรอบดวงอาทิตย์
12 สิงหาคม 2502	โซเวียตส่งยานลูน่าร์ 2 ไปสัมผัสพื้นผิวของดวงจันทร์ได้เป็นลำแรก
4 ตุลาคม 2502	โซเวียตส่งยานลูน่าร์ 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 เทอเรชโกวา นักบินอวกาศหญิงคนแรกถูกส่งขึ้นไปพร้อมกับยานวอสต็อก 7
14 กรกฎาคม 2507	ยานมาริเนอร์ 4 ของสหรัฐฯ ถ่ายรูปดาวอังคารในระยะใกล้
16 พฤศจิกายน 2507	ยานวินัส 3 ของโซเวียต เป็นยานลำแรกที่สัมผัสพื้นผิวของดาวศุกร์
3 กุมภาพันธ์ 2509	ยานลูน่าร์ 9 ของโซเวียต เป็นยานลำแรกที่ลงจอดบนพื้นผิวของดวงจันทร์อย่างนิ่มนวล
2 มิถุนายน 2509	ยานเซอร์เวเยอร์ 1 ของสหรัฐฯ ลงจอดบนพื้นผิวดวงจันทร์อย่างนิ่มนวล
24 เมษายน 2510	เกิดโศกนาฏกรรมทางอวกาศกับยานโซยุส 1 ของโซเวียต ทำให้ วลาดิเมียร์ โคมารอฟ เสียชีวิตด้วยสาเหตุที่ยานกระแทกกับพื้นโลกระหว่างเดินทางกลับเนื่องจากระบบชูชีพไม่ทำงาน
21 ธันวาคม 2511	ยานอะพอลโล 8 นำนักบินอวกาศ 3 คนแรกไปโคจรรอบดวงจันทร์
20 กรกฎาคม 2512	สหรัฐฯ ส่ง นีล อาร์มสตรอง และ เอ็ดวิน อัลดริน ขึ้นไปเหยียบบนพื้นผิวดวงจันทร์เป็นครั้งแรก

จะเห็นได้ว่าการบุกเบิกอวกาศได้เริ่มขึ้นหลังจากที่มนุษย์มีความพร้อมในเทคโนโลยีการบิน ซึ่งเป็นเวลา 54 ปี ภายหลังจากสองพี่น้องตระกูลไรท์สร้างเครื่องบินลำแรกที่บินได้ และเป็นเวลาร่วมสามร้อยปี หลังจากนิวตันได้อธิบายกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล มนุษยชาติจะไม่สามารถสำรวจอวกาศได้เลยหากปราศจากความรู้ที่สั่งสมมาเป็นระยะเวลายาวนาน

## 6.2 แรงดึงดูดระหว่างมวลและวงโคจร

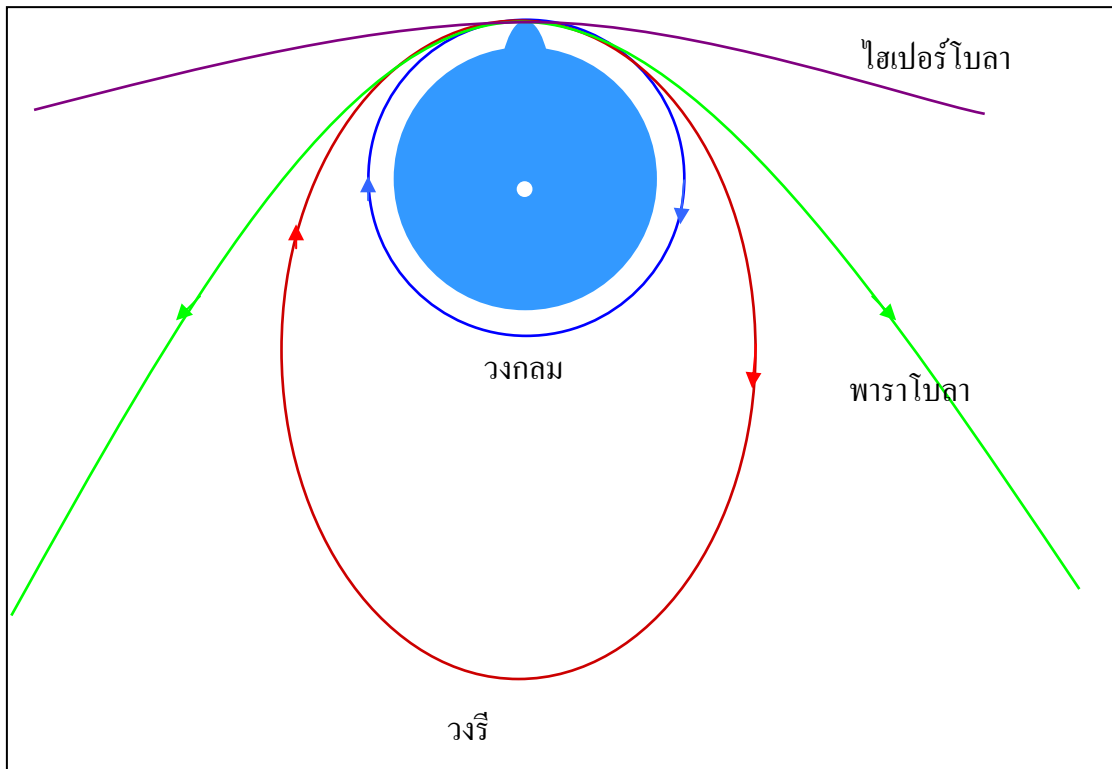
หากสมมติให้ปืนใหญ่กระบอกหนึ่งสามารถยิงลูกปืนใหญ่ออกจากปากกระบอกได้ด้วยความเร็วแตกต่างกัน ทั้งยังสามารถยิงลูกปืนใหญ่ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากๆ ได้ ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 เป็นภาพสมมติแสดงลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่เมื่อถูกยิงด้วยความเร็วค่าต่างๆ

เมื่อลูกปืนใหญ่ถูกยิงด้วยความเร็วต่ำ การเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงขับเคลื่อนจากปืนใหญ่และแรงดึงดูดของโลก ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่มีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ปลายกระบอกปืนและจุดสุดท้ายจะจบที่พื้นผิวโลก เราสามารถคำนวณหาได้ว่าลูกปืนใหญ่จะตกที่ระยะห่างจากตัวปืนใหญ่เท่าไรที่ความเร็วเริ่มต้นแตกต่างกัน (นักเรียนจะได้คำนวณในขั้นถัดไป)

แต่เมื่อลูกปืนใหญ่ถูกยิงด้วยความเร็วมากๆ ค่าหนึ่ง กลับกลายเป็นว่าเส้นทางการเคลื่อนที่จะมีลักษณะเป็นวงกลมรอบโลก โดยเมื่อครบ 1 รอบ ลูกปืนใหญ่จะวนมาหาจุดเริ่มต้นอีกครั้ง สังเกตเห็นว่าการเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงขับเคลื่อนจากปืนใหญ่ (ซึ่งมีความเร็วมากกว่าเดิม) และแรงดึงดูดโลก (ซึ่งมีค่าเท่าเดิม) แต่เส้นทางได้เปลี่ยนจากเส้นโค้งเป็นเส้นทางวงกลม นักเรียนคิดว่าถ้าสามารถยิงปืนใหญ่ด้วยค่ามากกว่าความเร็วดังกล่าวแล้ว เส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่จะเป็นเช่นไร



รูปที่ 6.2 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงในรูปแบบต่างๆ

เรียกเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ภายใต้แรงดึงดูดระหว่างมวลว่า “วงโคจร” จากรูปที่ 6.2 นักเรียนจะเห็นว่ารูปแบบของวงโคจรที่ทำให้ลูกปืนใหญ่ไม่ตกสู่ผิวโลกมีตั้งแต่ วงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา ซึ่งรูปแบบวงโคจรเหล่านี้จะขึ้นกับความเร็วเริ่มต้นของลูกปืนใหญ่ โดยรูปแบบวงโคจรแบบวงกลมถือเป็นวงโคจรที่มีความเร็วน้อยที่สุดที่ลูกปืนใหญ่จะไม่ตกสู่พื้นโลก และรูปแบบวงโคจรแบบพาราโบลาก็ถือเป็นวงโคจรที่มีความเร็วน้อยที่สุดที่ลูกปืนใหญ่จะหลุดออกจากวงโคจรของโลก

เปรียบเทียบลูกปืนใหญ่ดังตัวอย่างที่ยกมาให้กับการเดินทางสู่อวกาศของยานอวกาศ นักวิทยาศาสตร์ทราบว่าความเร็วน้อยที่สุดที่ทำให้ยานอวกาศไม่ตกสู่พื้นโลก (วงกลม) มีค่า 7.6 กิโลเมตรต่อวินาที และความเร็วน้อยที่สุดที่ยานอวกาศต้องใช้เพื่อให้หลุดออกจากการโคจรรอบโลก (พาราโบลา) จะมีค่า 11.2 กิโลเมตรต่อวินาที เรียกค่าความเร็วดังกล่าวนี้ว่า “ความเร็วหลุดพ้น” คือเริ่มต้นหลุดออกจากการโคจรรอบโลกพอดี การส่งยานอวกาศด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วหลุดพ้นจำเป็นต้องใช้แรงขับเคลื่อนจำนวนมากในการขับเคลื่อนยานอวกาศขึ้นสู่ท้องฟ้าโดยไม่โคจรรอบโลกอีก

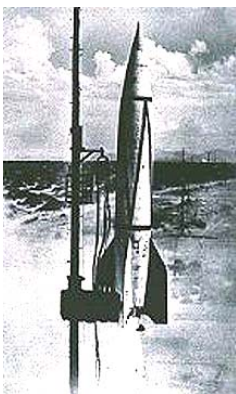
### 6.3 แรงขับเคลื่อนสู่อวกาศ

นักเรียนอาจจะเคยเป่าลูกโป่งจนเต็มแล้วปล่อยให้ลูกโป่งวิ่งไปข้างหน้าโดยลมที่ขับออกจากปากลูกโป่ง การที่ลูกโป่งสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้เกี่ยวข้องกับปริมาณของลมที่ออกจากปากลูกโป่ง ยังมีปริมาณของลมออกจากปากลูกโป่งมากเท่าไร ก็จะทำให้เกิดแรงไปข้างหน้ามากขึ้นเท่านั้น แรงดังกล่าวนี้สามารถผลักลูกโป่งให้มีการเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศการไหลออกของปริมาณลมได้ หลักการดังกล่าวสามารถมาใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของจรวดได้ดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 แสดงหลักการขับเคลื่อนให้จรวดสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้

นั่นหมายถึงจรวดจะยิ่งทะยานไปข้างหน้าด้วยความเร็วมากขึ้นถ้ามวลบางส่วนถูกทิ้งออกไปทางด้านหลัง ต้นแบบของจรวดเกิดขึ้นในราวคริสต์ศตวรรษที่ 13 โดยชาวจีนเป็นผู้คิดค้นขึ้นเพื่อใช้ในการทหาร จรวดชนิดแรกๆ นี้จะใช้แรงขับเคลื่อนจากการเผาไหม้ของส่วนผสมระหว่างถ่านไม้ ดินประสิว และกำมะถัน แรงขับเคลื่อนดังกล่าวสามารถทำให้จรวดพุ่งทะยานขึ้นสู่ท้องฟ้าได้แต่ยังไม่แรงพอที่จะทำให้จรวดมีความเร็วถึงความเร็วหลุดพ้น จนในปี พ.ศ. 2469 โรเบิร์ต กอดดาร์ด นักฟิสิกส์ชาวอเมริกันได้ประดิษฐ์จรวดที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวจากน้ำมันและออกซิเจนเหลวเป็นตัวขับเคลื่อน จรวดดังกล่าวเป็นต้นแบบของจรวดสมัยใหม่ที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพให้เป็นจรวดที่มีแรงขับเคลื่อนสูงมากยิ่งขึ้นไปอีก จนในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2492 ประเทศเยอรมนีสามารถสร้างจรวดลำแรกที่เรียกว่า วี 2 และถูกใช้เดินทางออกสู่อวกาศได้สำเร็จโดยใช้เชื้อเพลิงจากแอลกอฮอล์และออกซิเจนเหลวเป็นตัวขับเคลื่อน

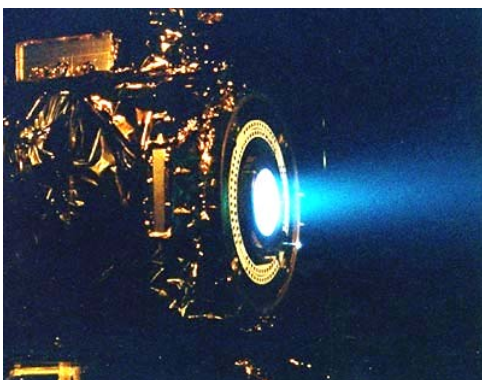


รูปที่ 6.4 จรวด วี2 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์โดยมนุษย์ ถูกส่งออกไปนอกอวกาศเป็นครั้งแรกในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2

<p>หลักการเบื้องต้นในการขับเคลื่อนจรวดโดยใช้เชื้อเพลิงจากแอลกอฮอล์ โดยมีออกซิเจนเหลวเป็นตัวเผาไหม้ เริ่มจากการสูบเอาสารทั้งสองมาผสมกันที่ห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วภายใต้ความดันสูง ทำให้เกิดการเผาไหม้ และเกิดก๊าซไหลออกจากปลายจรวดในปริมาณมาก จรวดจึงสามารถเคลื่อนไปข้างหน้าได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นห้องเผาไหม้และปลายจรวดจะต้องใช้วัสดุที่ทนความร้อนสูง และมีการหล่อเย็นด้วยของเหลวอุณหภูมิต่ำตลอดเส้นทางที่เคลื่อนที่ และจะต้องไม่มีเชื้อเพลิงรั่วไหลออกจากบริเวณอื่นนอกจากที่ปลายจรวดเท่านั้น</p>	<p style="text-align: center;"><b>จากถังเก็บเชื้อเพลิง</b></p> <p style="text-align: center;"><b>รูปที่ 6.5</b> แสดงแผนภาพกลไกขับเคลื่อนจรวดโดยใช้เชื้อเพลิงเหลวอย่างง่าย</p>
---	---

นอกจากใช้แอลกอฮอล์และออกซิเจนเหลวดังเช่นจรวด วี 2 เป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนแล้ว ในโครงการอะพอลโลได้นำน้ำมันก๊าดและออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิง ส่วนโครงการอวกาศหลักๆ โดยทั่วไปขององค์การนาซาใช้ไฮโดรเจนเหลวและออกซิเจนเหลวเป็นเชื้อเพลิงขับเคลื่อน

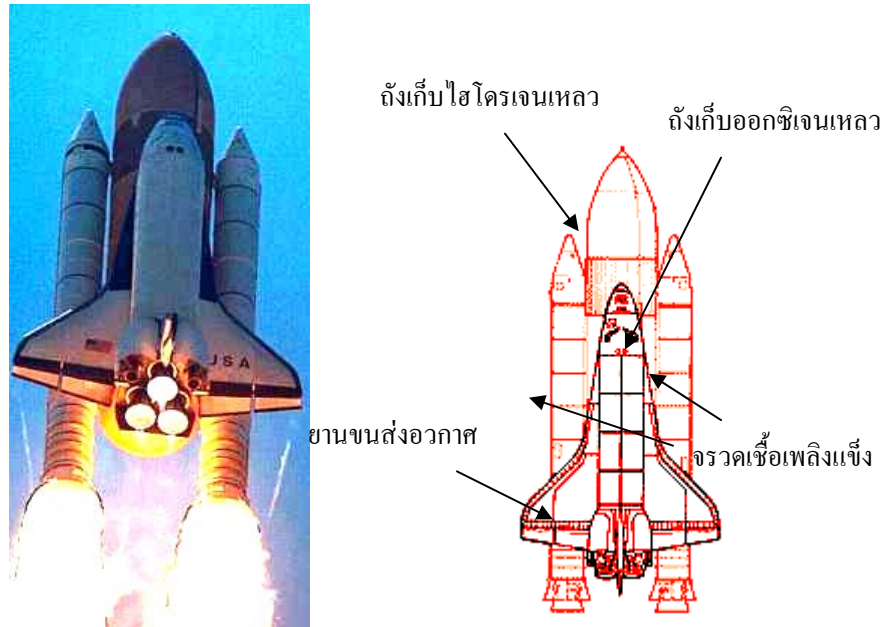
ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเชื้อเพลิงขับเคลื่อนยานอวกาศโดยอาศัยการเร่งอนุภาคมีประจุหรือไอออนของธาตุ แทนการเผาไหม้และปลดปล่อยก๊าซออกสู่ห้วงอวกาศของจรวด โดยการวิจัยของหน่วย JPL (Jet Propulsion Laboratory) ในองค์การนาซา และถูกนำไปใช้ในโครงการ Deep space ซึ่งได้สำรวจดาวเคราะห์น้อยและดาวหางในปี พ.ศ. 2541



รูปที่ 6.6 เป็นภาพถ่ายไอออนของธาตุซีนอนซึ่งออกมาจากห้องสุญญากาศ ในปฏิบัติการวิจัยของ JPL สังเกตพลังงานที่ถูกขับเคลื่อนออกมาเป็นสีฟ้าเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานในระดับอะตอม

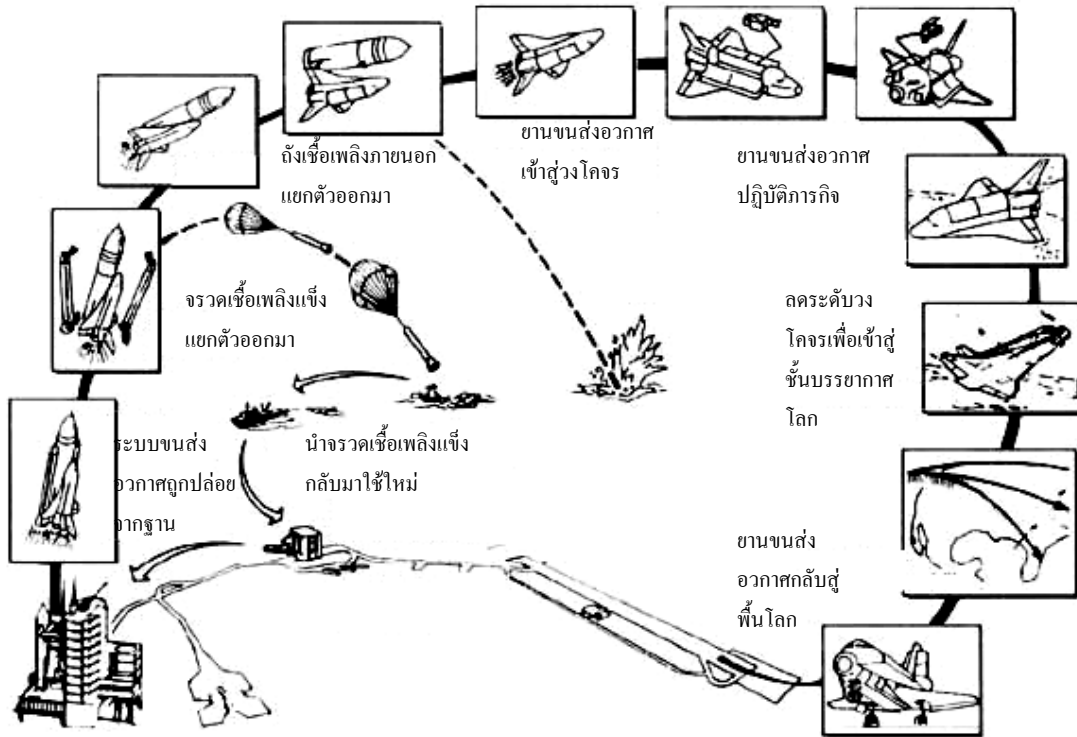
### 6.4 ระบบการขนส่งอวกาศ

ระบบการขนส่งอวกาศเป็นโครงการที่ถูกออกแบบให้สามารถนำชิ้นส่วนบางส่วนที่ใช้ไปแล้วกลับมาใช้ใหม่อีกเพื่อเป็นการประหยัดและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ จรวดเชื้อเพลิงแข็ง ถังเชื้อเพลิงภายนอก (ลำรองไฮโดรเจนเหลวและออกซิเจนเหลว) และยานขนส่งอวกาศ



รูปที่ 6.7 แสดงส่วนประกอบทั้งสามส่วนของระบบขนส่งอวกาศ

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



รูปที่ 6.8 แสดงปฏิบัติการของระบบขนส่งอวกาศ

การปฏิบัติการกิจสำหรับระบบขนส่งอวกาศมีหลากหลายหน้าที่ ตั้งแต่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ (ในสถานะไร้น้ำหนัก) 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 ระหว่างเดินทางขึ้นสู่อวกาศไม่เพียงก่อกวนที่ด้วยสาเหตุจากการรั่วไหลของก๊าซเชื้อเพลิงอุณหภูมิสูงจากรอยต่อของจรวดเชื้อเพลิงแข็งด้านขวาของตัวยาน ทำให้ก๊าซอุณหภูมิสูงดังกล่าวลามไปถึงถังเชื้อเพลิงภายนอกที่บรรจุไฮโดรเจนเหลว จึงเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงและเกิดระเบิดขึ้น คร่าชีวิตนักบินอวกาศ 7 คน ส่วนระบบขนส่งอวกาศโคลัมเบียเกิดระเบิดขึ้นเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2546 (17 ปี หลังการระเบิดของยานแชลแลนเจอร์) โดยวิศวกรนาซาเชื่อว่าอาจเพราะตัวยานมีการใช้งานยาวนานจนอาจทำให้



แผ่นดินความร้อนที่หุ้มยานซารุค 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 เส้นตรงดังกล่าวจะกวาดพื้นที่ที่ได้ค่าเท่ากันเมื่อช่วงเวลาที่ใช้เท่ากัน
3. สำหรับวงโคจรแบบวงรีของวัตถุท้องฟ้าภายใต้แรงโน้มถ่วงระหว่างกัน คาบการโคจรกับระยะครึ่งแกนยาวจะมีความสัมพันธ์กันโดยที่ คาบการโคจรของวัตถุท้องฟ้า (หน่วยปี) ยกกำลังสองจะมีค่าเท่ากับระยะครึ่งแกนยาว (ในหน่วย AU) ยกกำลังสาม

กฎของเคปเลอร์ในเบื้องต้นใช้อธิบายเส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ ซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวลของดวงอาทิตย์กับดาวเคราะห์ แต่เนื่องจากแรงดังกล่าวเป็นแรงชนิดเดียวกับแรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกกับดาวเทียม โลกกับสถานีอวกาศ ดวงอาทิตย์กับยานอวกาศ ฯลฯ จึงสามารถใช้กฎของเคปเลอร์ในการอธิบายเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเหล่านี้ได้

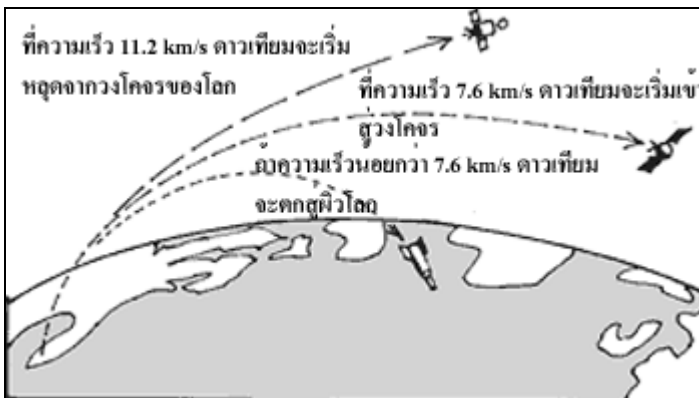
### - ดาวเทียม

ปัจจุบันดาวเทียมถูกมนุษย์ส่งไปโคจรรอบโลกจำนวนนับไม่ถ้วน ด้วยประโยชน์ต่างๆ มากมาย สามารถแบ่งประเภทของดาวเทียมตามหน้าที่ต่างๆ ได้ดังนี้

- (ก) ดาวเทียมสื่อสาร
- (ข) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

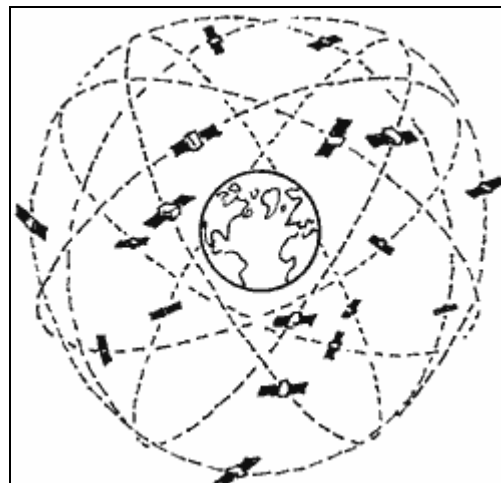
- (ค) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร
- (ง) ดาวเทียมทางทหาร
- (จ) ดาวเทียมสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์

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



รูปที่ 6.9 แสดงขอบเขตความเร็วเริ่มต้นของดาวเทียม

รูปที่ 6.10 เป็นภาพวาดแสดงการโคจรของดาวเทียมที่ระดับเดียวกันรอบโลก โดยมีการควบคุมเส้นทางการโคจรไม่ให้ซ้อนทับกัน

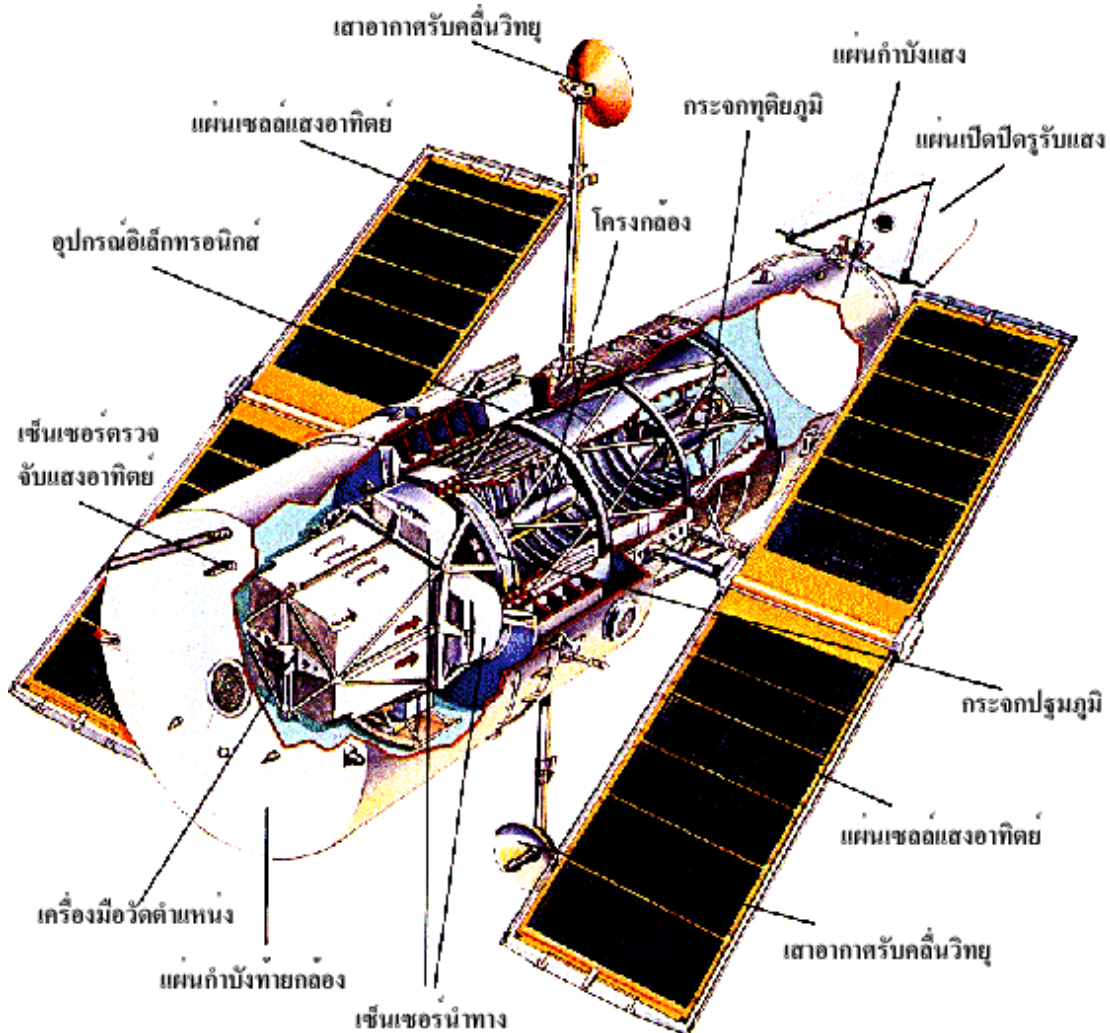


นอกจากนั้นยังสามารถแบ่งประเภทของดาวเทียมตามความสูงในการโคจรเทียบกับพื้นโลกได้ ดังนี้คือ

- (1) สูงจากพื้นโลกประมาณ 41,157 กิโลเมตร เป็นดาวเทียมที่โคจรหยุดนิ่งกับที่เทียบกับพื้นโลก (Geostationary Satellites) จะลอยอยู่หยุดนิ่งค้างฟ้าเมื่อเทียบกับตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนโลก โดยส่วนมากจะเป็นดาวเทียมประเภทดาวเทียมสื่อสาร ตัวอย่างเช่นดาวเทียมไทยคม ดาวเทียมเหล่านี้อยู่นอเส้นศูนย์สูตรโลกประมาณ 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 องศาในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อ ดังรูปที่ 6.10 มีคาบการโคจรประมาณ 12 ชั่วโมง
- (3) สูงจากพื้นโลกประมาณ 4,800-9,700 กิโลเมตร เป็นดาวเทียมที่ไม่ได้หยุดนิ่งเทียบกับพื้นโลก (Asynchronous Satellite) ซึ่งเป็นระดับที่ถูกแบ่งวงโคจรไว้สำหรับดาวเทียมสำหรับการสำรวจ และสังเกตการณ์ทางวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น การวิจัยเกี่ยวกับพืช-สัตว์ การติดตามร่องรอยของสัตว์ป่า เป็นต้น ดาวเทียมที่ระดับดังกล่าวมีคาบการโคจรประมาณ 100 นาที
- (4) สูงจากพื้นโลกประมาณ 130-1940 กิโลเมตร เป็นดาวเทียมที่ไม่ได้หยุดนิ่งเทียบกับพื้นโลก (Asynchronous Satellite) โดยส่วนมากจะเป็นดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรบนโลก รวมไปถึงดาวเทียมด้านอวกาศศึกษา

#### - 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 นาทีรวมน้ำหนักของตัวกล้องและอุปกรณ์ต่างๆหนักถึง 11 ตัน มีขนาดความกว้าง 4.3 เมตร ยาว 13.3 เมตร ใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ปีกทั้งสองข้าง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่นิกเกิล-ไฮโดรเจนขนาดใหญ่ ตัวเพื่อใช้งานขณะที่กล้องโคจรไปอยู่ในเงาของโลกขณะไม่ได้รับแสง อุปกรณ์สำคัญที่ติดตั้งไปกับกล้องคือระบบคอมพิวเตอร์ กล้องถ่ายภาพมุมกว้าง เครื่องตรวจวัดสเปกตรัม เครื่องปรับทิศทางของกล้อง เป็นต้น ภาพถ่ายจากกล้องจะได้รับการวิเคราะห์โดยสถาบันวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในทางดาราศาสตร์

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

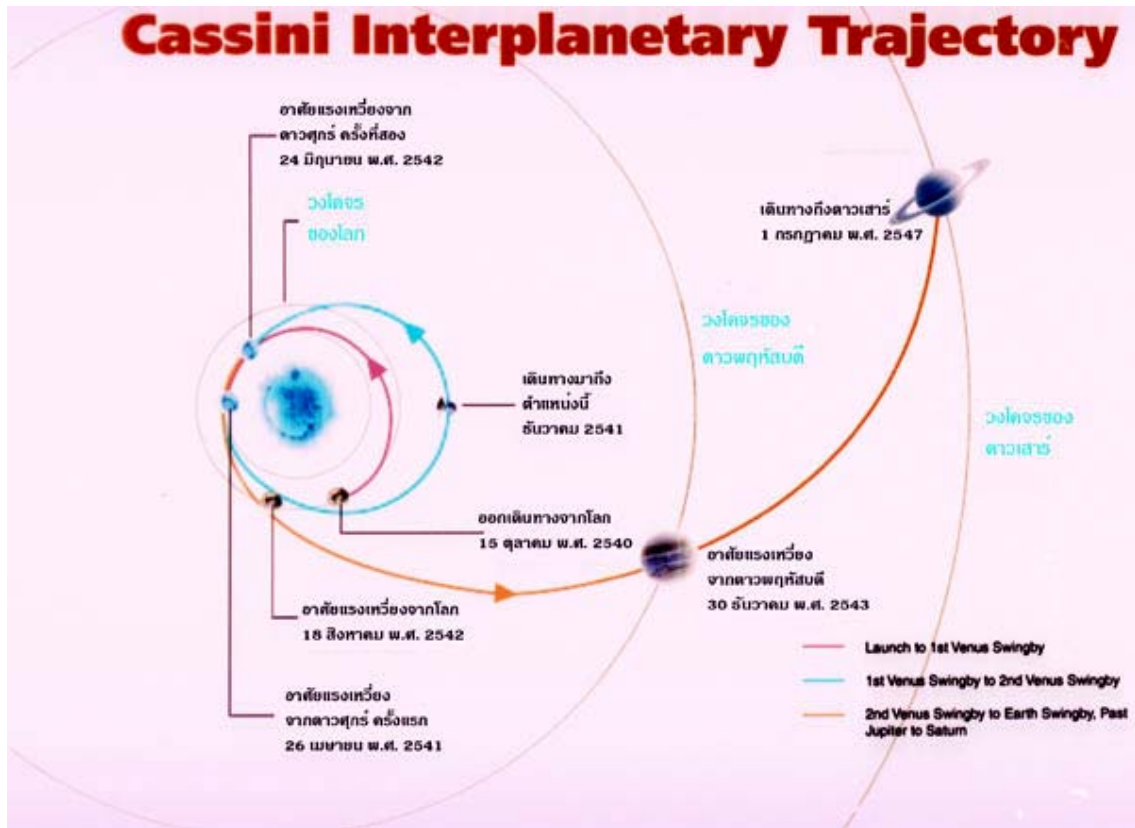
นอกจากนั้นยังมีกล้องโทรทรรศน์อวกาศรังสีเอกซ์จันทรา (Chandra X-Ray Observatory) ซึ่งถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2543 ปฏิบัติภารกิจบนวงโคจรสูงจากผิวโลก โดยระยะห่างจากผิวโลกมากที่สุด 133,000 กิโลเมตร

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 ความก้าวหน้าทางด้านการศึกษาอวกาศดำเนินมาเรื่อยๆ หากแบ่งประเภทของการสำรวจอวกาศแล้ว สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ การสำรวจอวกาศโดยยานอวกาศที่ไม่มีมนุษย์ขับควบคุมบนยาน กับการศึกษาอวกาศโดยยานอวกาศที่มีมนุษย์ขับควบคุมไปด้วย

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



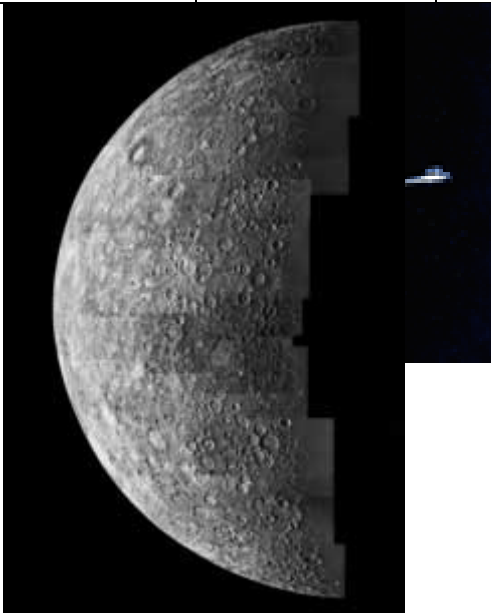
รูปที่ 6.12 แสดงแผนภาพการเดินทางจากโลกไปยังดาวเสาร์ของยานสำรวจอวกาศแคสสินี

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 พัฒนาการของการสำรวจดาวเคราะห์ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีดังต่อไปนี้ (ข้อมูลจากหนังสือ เอกภพเพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของจักรวาล โดย วิภู ธิกุล)

## ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวพุธ

ดาวพุธ			
ยานสำรวจ	ประเทศ	วันที่ส่ง	ภารกิจ
ยานมาริเนอร์ 10	สหรัฐอเมริกา	3 พ.ย. 2514	ใช้แรงเหวี่ยงจากการบินเฉียดดาวศุกร์ เพื่อบินไปสำรวจดาวพุธ 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
บีปีโคลอมโบ*	องค์การอวกาศยุโรป	มกราคม 2554	โคจรสำรวจดาวพุธในระยะใกล้ โดยมีระยะใกล้สุด 400 กิโลเมตร และระยะไกลสุด 1,500 ก.ม.



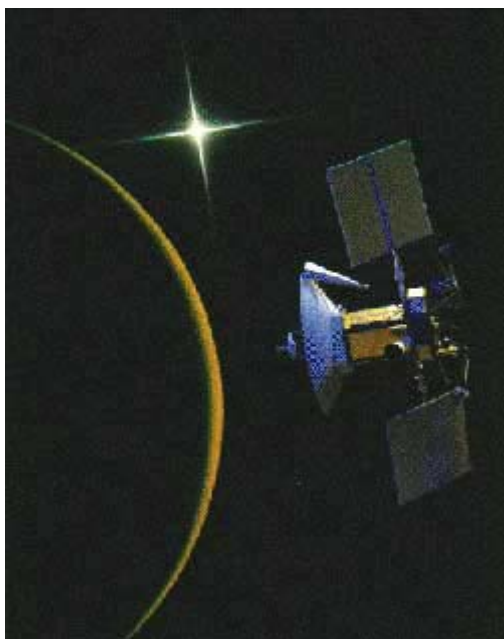
รูปที่ 6.13 แสดงยานมาริเนอร์ 10 และภาพถ่ายแบบโมเสกที่ยานมาริเนอร์ 10 ถ่ายส่งมายังโลก

## ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวศุกร์

ดาวศุกร์			
ยานสำรวจ	ประเทศ	วันที่ส่ง	ภารกิจ
ยานมาริเนอร์ 2	สหรัฐอเมริกา	27 ส.ค. 2505	บินผ่านเพื่อสำรวจดาวศุกร์ที่ระยะ 34,773 กิโลเมตร
ยานมาริเนอร์ 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
ยานมาริเนอร์ 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
ยานไพโอเนียร์ วินัส	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
ยานวินัส-เอกซ์เพรส*	องค์การอวกาศยุโรป	พฤศจิกายน 2548	โคจรรอบดาวศุกร์ที่ระยะใกล้สุด 250 กิโลเมตร และไกลสุดที่ 66,000 กิโลเมตร เพื่อเฝ้าสำรวจบรรยากาศของดาวศุกร์เป็นเวลา 486 วันของโลก (สองวันของดาวศุกร์)
ยานแพลเน็ต-ฮูซี่*	ญี่ปุ่น	กุมภาพันธ์ 2550	โคจรรอบดาวศุกร์เพื่อถ่ายภาพในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ตและอินฟราเรด



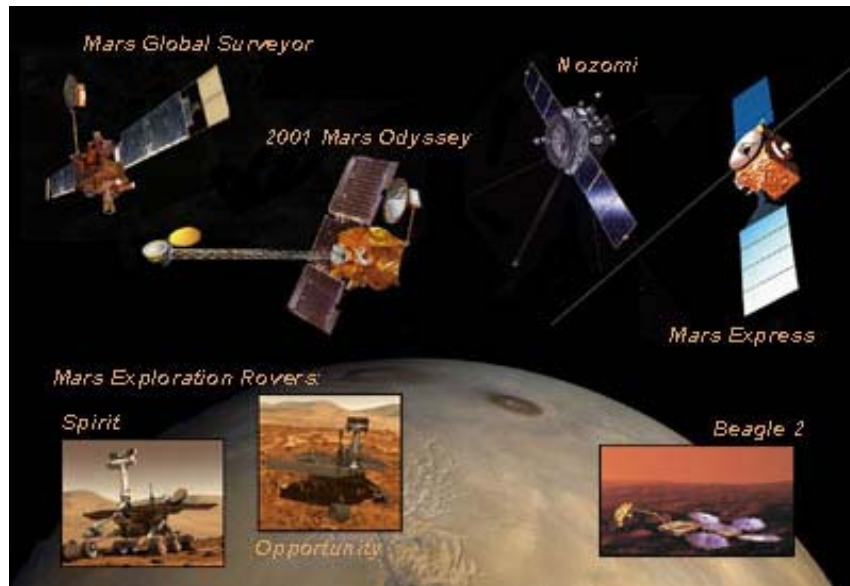
รูปที่ 6.13 แสดงภาพวาดยานสำรวจแมกเจลแลน และภาพถ่ายดาวศุกร์จากยานแมกเจลแลน

## 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
ยานโพลอส 1-2	สหภาพโซเวียต	7 และ 12 ก.ค. 2531	โพลอส 2 ได้บินสำรวจดวงจันทร์โพลอสในระยะเพียง 50 เมตร (โพลอส 1 ขาดการติดต่อ)
ยานมาร์ส ออบเซิร์ฟเวอร์	สหรัฐอเมริกา	25 ก.ย. 2535	ยานขาดการติดต่อในวันที่ 21 ส.ค. 2536 เพียง 3 วันก่อนเข้าสู่วงโคจรของดาวอังคาร

ยานมาร์ส พาชไฟเดอร์	สหรัฐอเมริกา	4 ธ.ค. 2539	ประสบความสำเร็จในการลงจอดบนดาวอังคาร และปล่อยรถโรเวอร์ออกไปศึกษาพื้นที่โดยรอบจุดลงจอด และส่งข้อมูลกลับมาอย่างต่อเนื่อง จนถึงวันที่ 10 มีนาคม 2541
ยานมาร์ส โกลบอล เซอร์เวเยอร์	สหรัฐอเมริกา	7 พ.ย. 2539	ส่งไปแทนยานมาร์สโอบเซอร์ฟเวอรีเพื่อศึกษาองค์ประกอบของพื้นผิวดิน สนามแรงโน้มถ่วง สนามแม่เหล็ก และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยละเอียด ด้วยอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ 6 ชุดหลัก ส่งข้อมูลกลับมายังโลกจนถึงเดือนเมษายน 2545
ยานโนโซมิ	ญี่ปุ่น	3 ก.ค. 2541	วางแผนจะถึงดาวอังคารในเดือนตุลาคม 2542 แต่ได้รับความเสียหายจากพายุสุริยะรุนแรง และหายสาบสูญในเวลาต่อมา
ยานมาร์ส โคลเมต ออร์บิเตอร์	สหรัฐอเมริกา	11 ธ.ค. 2541	วางแผนตรวจสอบสภาพอากาศของดาวอังคาร แต่ภารกิจนี้ล้มเหลวเพราะยานได้ถูกไหม้ในชั้นบรรยากาศของดาวอังคารระหว่างเข้าใกล้ดาว เนื่องจากทีมโปรแกรมเมอร์ของผู้สร้างยานใช้หน่วยวัดระบบอังกฤษ แทนที่จะเป็นระบบเมตริกตามที่ผู้ควบคุมยานเข้าใจ ทำให้จู่ระเบิดผิดพลาด
ยานดีพ สเปซ 2	สหรัฐอเมริกา	3 ม.ค. 2542	ส่งหัวเจาะฟุ้งชนดาวอังคารเพื่อศึกษาสภาพใต้ผิวดาว แต่หัวเจาะไม่ส่งสัญญาณตอบกลับหลังฟุ้งชนในวันที่ 3 ธ.ค. 2542
ยาน 2001 มาร์ส โอดิสซีย์	สหรัฐอเมริกา	7 เม.ย. 2544	สำรวจผิวดาวอังคารว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่หรือไม่

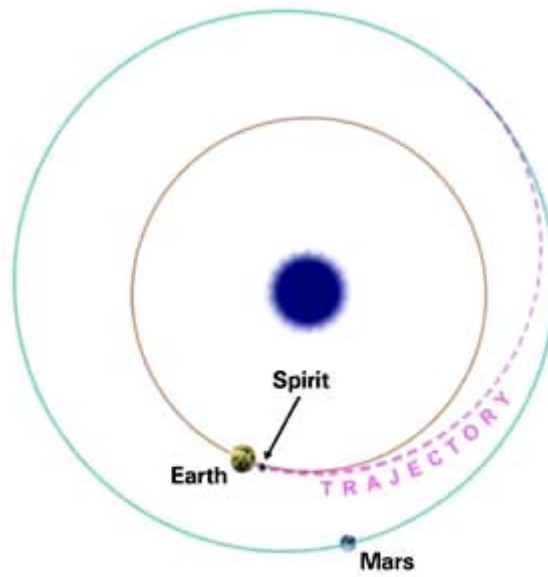
ยานมาร์ส เอกซ์ เพรส	องค์การอวกาศ ยุโรป	2 มิ.ย. 2546	โคจรถ่ายภาพดาวอังคาร และส่งยาน ลูกชื่อ บีเกิด 2 ร่อนลงจอดบนผิวดาว ในวันที่ 25 ธ.ค. 2546 แต่ยานบีเกิด 2 ขาดการติดต่อหลังจากถูกส่งลงผิว ดาว
ยานสปิริต	สหรัฐอเมริกา	10 มิ.ย. 2546	ยานสำรวจลงจอดที่ผิวดาวบริเวณ Gusev Crator และส่งรถโรเวอร์ที่วิ่ง เร็วและไกลกว่ารถของยานมาร์ส พาธไฟเดอร์มาก เริ่มการสำรวจเมื่อ วันที่ 3 ม.ค. 2547
ยาน ออปเพอจูนิตี	สหรัฐอเมริกา	7 ก.ค. 2546	เป็นยานและรถสำรวจชุดเดียวกับยาน สปิริต ได้ลงจอดบนพื้นผิวดาวอังคาร เมื่อวันที่ 24 ม.ค. 2547 ในบริเวณ Meridiani Planum ซึ่งเป็นบริเวณตรง ข้ามกับที่ยานสปิริตลงจอด
ยานมาร์ส รี คอนนิเซนซ์ ออร์บิเตอร์*	สหรัฐอเมริกา	8 ส.ค. 2548	วางแผนจะสำรวจผิวดาวอังคารด้วย ความละเอียดสูงจากวงโคจรที่มี ระยะใกล้ที่สุด 250 กิโลเมตร และ ไกลที่สุด 320 กิโลเมตร ซึ่งน่าจะถึง ดาวอังคารในเดือนมีนาคม 2549 และ โคจรสำรวจเป็นเวลา 1 ปีของดาว อังคาร (ประมาณ 2 ปีของโลก)
ยานเน็ตแลน เดอร์*	ฝรั่งเศส	ปลายปี 2550	จะวางแผนกำหนดลักษณะภารกิจที่ แน่นอนประมาณปลายปี 2547



รูปที่ 6.14 ภาพโมเสกแสดงยานสำรวจดาวอังคาร



รูปที่ 6.15 แสดงภาพพื้นผิวดาวอังคารจากยานมาร์ส พายไฟเดอร์



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 เป็นโครงการสำรวจดาวเคราะห์ที่ใหญ่ที่สุด โครงการหนึ่งในประวัติศาสตร์การสำรวจอวกาศ 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 ยานกาลิเลโอได้ส่งห้วงวัด (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

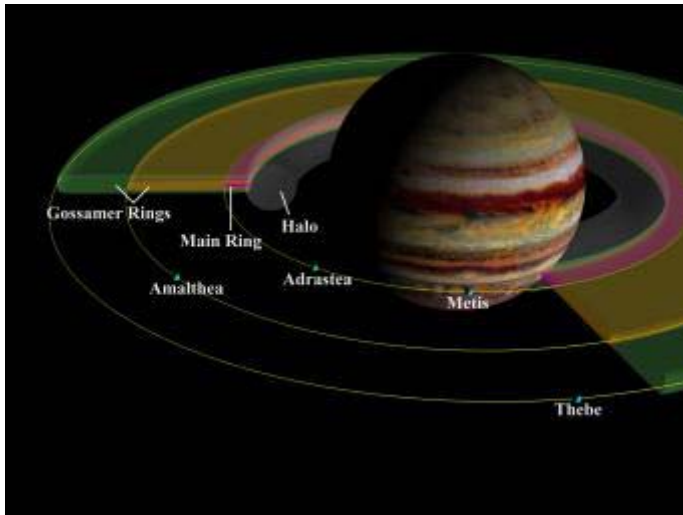


รูปที่ 6.18 ภาพถ่ายแสดงดาวพฤหัสบดีและเงาของดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดีที่ตกกระทบบนตัวดาว ถ่ายโดยยานสำรวจแคสสินี

รูปที่ 6.19 ภาพวาดแสดงวาระสุดท้ายของยานกาลิเลโอ ภายหลังจากเสร็จสิ้นภารกิจสำรวจดาวพฤหัสบดี โดยการพุ่งเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของดาว







รูปที่ 6.20 แบบจำลองแสดงชั้น

วงแหวนบางรอบดาว

พฤหัสบดี วงแหวนของดาว

พฤหัสบดีถูกค้นพบโดยยานกา

ลิเลโอ

ตารางแสดงข้อมูลยานสำรวจดาวเสาร์

ดาวเสาร์			
ยานสำรวจ	ประเทศ	วันที่ส่ง	ภารกิจ
ยานไพโอเนียร์ 11	สหรัฐอเมริกา	6 เม.ย. 2516	บินผ่านดาวเสาร์เมื่อวันที่ 1 ก.ย. 2522 ที่ระยะห่าง 21,000 กม.
ยานวอยเอเจอร์ 1	สหรัฐอเมริกา	5 ก.ย. 2520	ยานวอยเอเจอร์ 1 และ 2 เป็นโครงการสำรวจดาวเคราะห์ที่ใหญ่ที่สุดโครงการหนึ่งในประวัติศาสตร์ การสำรวจอวกาศ ยานทั้งสองได้บินเฉียดเพื่อศึกษาดาวเสาร์ในช่วงปี 2523-2524 และส่งภาพของดาวเสาร์รวมทั้งดวงจันทร์ต่างๆ กลับมากกว่า 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



รูปที่ 6.21 ภาพถ่ายดาวเสาร์  
และวงแหวนจากยานสำรวจ  
วอยเอเจอร์ 2

รูปที่ 6.22 ภาพถ่ายยานสำรวจ  
วอยเอเจอร์ 2



รูปที่ 6.23 แสดงยานสำรวจ  
แคสสินีขณะกำลังสร้าง ซึ่ง  
ประกอบด้วยยาน โคจรรอบ  
ดาวเสาร์ และส่วนหัววัด ฮอย  
เกนส์ที่จะพุ่งเข้าสู่ดาวเสาร์เพื่อ  
สำรวจชั้นบรรยากาศ คาดว่า  
ยานแคสสินีจะเข้าสู่วงโคจร  
ของดาวเสาร์ในวันที่ 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 และถ่ายภาพส่งกลับมากกว่า 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 ก่อนจะเดินทางออกจากระบบสุริยะชั้นนัรันด์ โดยในปี 2546 ยานวอยเอเจอร์ 2 อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ 70 A.U. และยังคงส่งสัญญาณข้อมูลสภาพอวกาศที่วัดได้กลับมายังโลกสม่ำเสมอ ยานวอยเอเจอร์ 2 จะยังคงส่งสัญญาณกลับมาจนกระทั่งถึงปี 2563 ซึ่งยานจะไม่มีเชื้อเพลิงเพียงพอที่จะหมุนให้จานส่งสัญญาณหันมายังโลกอีกต่อไป

จะเห็นว่าก้าวต่อไปในอวกาศของมนุษยชาติปัจจุบันไม่ได้อยู่ภายใต้การพัฒนาของสหภาพโซเวียต และสหรัฐอเมริกาเพียงแค่ 2 ประเทศอีก แต่ประเทศหลายๆ ประเทศกำลังพัฒนาศักยภาพในการสำรวจอวกาศอย่างแข็งขัน อีกทั้งมีความร่วมมือกันระหว่างประเทศเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอวกาศอย่างรวดเร็วและมั่นคง นั่นคือการรวมกลุ่มกันของประเทศทางแถบยุโรปไม่ว่าจะเป็น ออสเตรเลีย เบลเยียม เดนมาร์ก ฝรั่งเศส เยอรมนี อังกฤษ ไอร์แลนด์ อิตาลี เนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ สเปน และสวีเดนแลนด์ เพื่อก่อตั้งองค์การอวกาศยุโรป (ESA: European Space Agency) ในการพัฒนาด้านอวกาศ หรือแม้แต่ ญี่ปุ่น

อินเดีย หรือจีน ก็มีศักยภาพด้านอวกาศจนสามารถส่งยานออกสำรวจอวกาศได้ ดังนั้นเรื่องเทคโนโลยีอวกาศของมนุษย์ที่เคยพัฒนาอย่างช้าๆ หลังจากที่สหภาพโซเวียตล่มสลายก็กลับฟื้นมาเป็นการแข่งขันกันสั่งสมและพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้กันมากยิ่งขึ้น การแสวงหาความรู้อันไม่รู้จบของมนุษยชาติจึงกำลังก้าวหน้าไปเรื่อยๆ อย่างไม่หยุดยั้ง เพื่อการบรรลุแห่งความจริงในอีกไม่ช้าไม่นาน.

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ)ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คดีปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1</b> <span style="float: right;"></span>	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2</b> <span style="float: right;"></span>	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป</b> <span style="float: right;"></span>	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

