สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
National Astronomical Research Institute of Thailand
(Public Organization)

สิ่งที่ต้องรู้ ก่อนเดินทางสู่อวกาศ

Basics of Spaceflight

www.NARIT.or.th

ทำไม ต้องไปอวกาศ?

ในปี ค.ศ. 1961 นักบินอวกาศชาวรัสเซียคนแรกสามารถพิชิตอวกาศได้ และต่อมาในปี ค.ศ. 1969 สหรัฐอเมริกาก็ส่งมนุษย์ไปเหยียบดวงจันทร์ได้สำเร็จ แม้ว่าจะผ่านมาแล้วกว่า 60 ปี แต่อวกาศก็ยังคงเป็นสถานที่ที่ท้าทายต่อมนุษย์เสมอ การพิชิตห้วงอวกาศนอกจากจะเป็นการตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นและความท้าทายของมนุษย์แล้ว ทุกครั้งที่มนุษย์พยายามพิชิตธรรมชาติ จะเกิดการพัฒนาเทคโนโลยีระหว่างทางขึ้นมาเสมอ ทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ อีกมากมายเกินกว่าจะประเมินมูลค่าได้ ตัวอย่าง เช่น เตาอบไมโครเวฟ สัญญาณไวไฟ เตียงนอนเมมโมรีโฟม อาหารแช่แข็งแบบฟรีซดราย เครื่องช่วยฟัง กล้องดิจิตอล ฯลฯ ล้วนแล้วแต่มาจากเทคโนโลยีอวกาศทั้งสิ้น

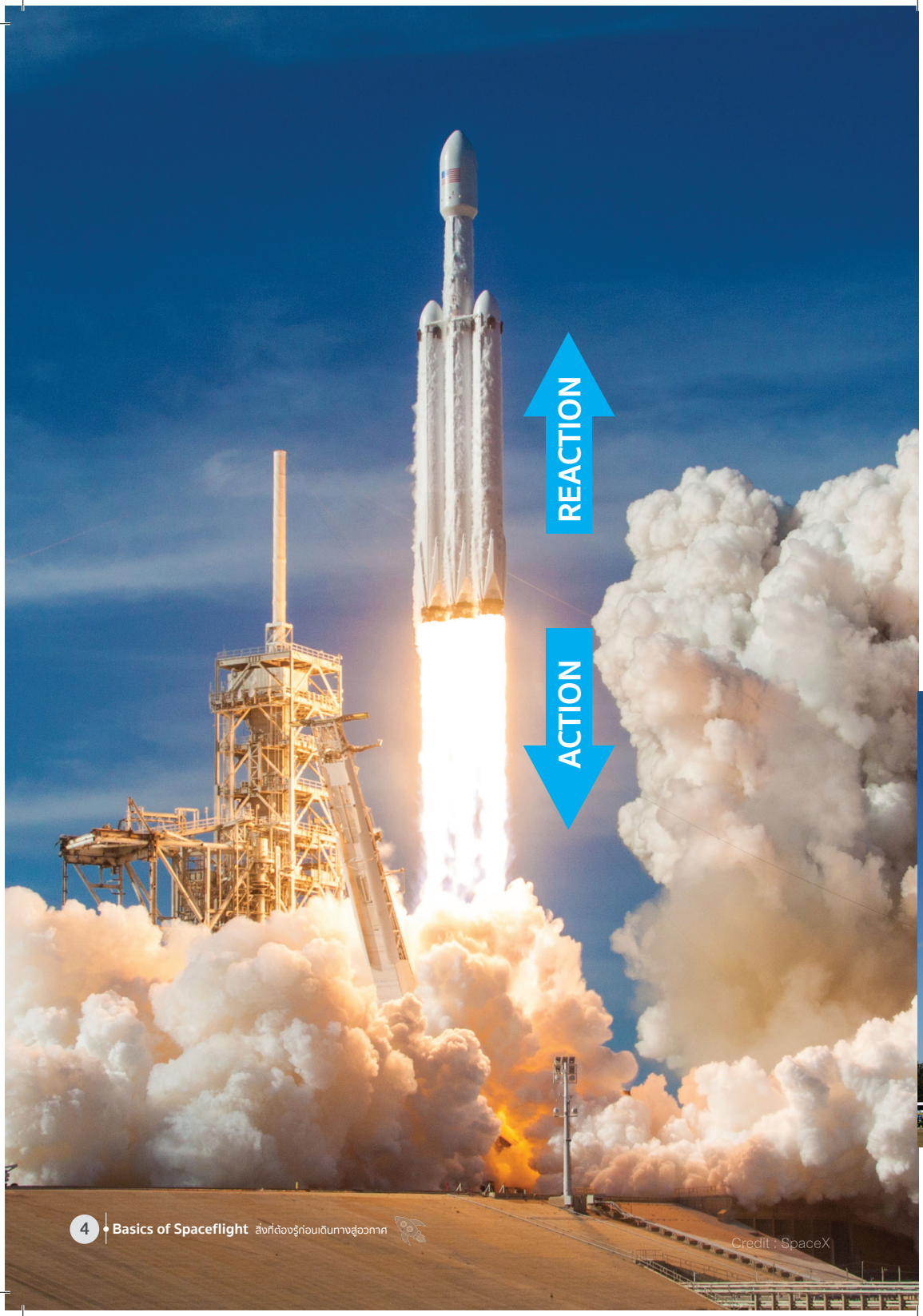
หากสหรัฐอเมริกาไม่พยายามส่งมนุษย์คนแรกขึ้นไปเหยียบดวงจันทร์เมื่อครึ่งศตวรรษที่แล้ว ปัจจุบันสหรัฐฯ ก็อาจไม่ใช่หนึ่งในประเทศผู้นำด้านเทคโนโลยีของโลก เฉกเช่นทุกวันนี้

ปัจจุบัน โจทย์ปัญหาทางอวกาศล้ำหน้าไปไกลกว่าแค่การส่งนักบินอวกาศไปยังดวงจันทร์ เรามองไปยังเป้าหมายที่ไกลกว่านั้น นั่นคือ “ดาวอังคาร” เป้าหมายถัดไปที่มนุษย์ตั้งใจจะไปเหยียบให้ได้ ซึ่งในครั้งนี้แตกต่างออกไปจากการไปเหยียบดวงจันทร์ครั้งแรกอย่างมาก ทั้งระยะห่างจากโลก ระยะเวลาภารกิจ หรือวิธีการที่จะเดินทางกลับมายังโลก

Credit : SpaceX

การสำรวจดาวอังคารจึงเป็นอีกหนึ่งโจทย์ปัญหาที่ท้าทายที่สุดสำหรับมนุษย์ในยุคปัจจุบันนี้ และหากในที่สุดมนุษย์สามารถพิชิตดาวอังคารได้สำเร็จ ดาวอังคารก็อาจกลายเป็นบ้านหลังถัดไปของมนุษย์ในวันที่โลกของเราอาจไม่เอื้อให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงอยู่ได้อีกต่อไป

สำหรับประเทศไทย เรายังห่างไกลจากการเป็นประเทศที่มีบทบาทสำคัญในด้านการสำรวจอวกาศ นั่นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่เราจะต้อง “เริ่ม” ออกเดินทาง ณ ตอนนี้ เพื่อที่วันหนึ่งข้างหน้าเราจะได้ตามประเทศอื่นได้ทัน และกลายมาเป็นตัวละครที่สำคัญตัวหนึ่งในเวทีการสำรวจอวกาศของโลก การพัฒนาโครงการอวกาศทั้งภาครัฐและเอกชน ไม่เพียงแต่จะต้องการ “เทคโนโลยี” เพียงเท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงการพัฒนา “บุคลากร” ที่มีประสบการณ์และศักยภาพในการดำเนินโครงการอวกาศอีกด้วย



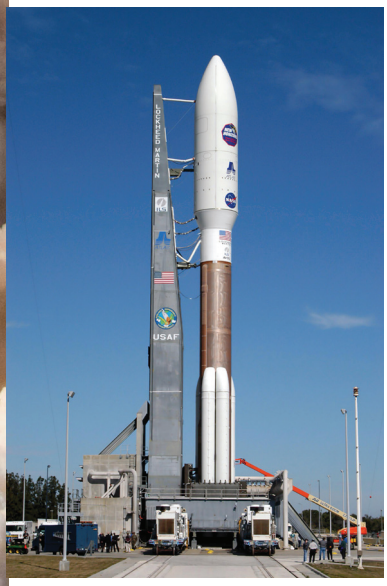
Credit : SpaceX

ไปอวกาศต้องมีอะไรบ้าง?

1. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

กฎของนิวตันเป็นหลักการสำคัญที่ใช้ในการส่งจรวด กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันกล่าวเอาไว้ว่า “ทุก ๆ แรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม” ซึ่งแปลง่าย ๆ ก็คือ ทุก ๆ วัตถุที่เรากำลังออกแรง “ผลัก” วัตถุนั้นก็จะผลักเรากลับมาเช่นกัน ไม่เพียงเท่านี้ เราจะพบว่าเราไม่สามารถถูกวัตถุใด ๆ “ผลัก” ได้ หากเราไม่ไปผลักมันเสียก่อน

ไม่ว่าเราจะรู้ตัวหรือไม่ก็ตาม แต่ในทุก ๆ วิธีการเคลื่อนที่ของเรานั้นกำลังใช้กฎของนิวตันด้วยกันทั้งสิ้น เราสามารถเดินไปข้างหน้าได้ด้วยการใช้เท้าของเราผลักพื้นดินไปด้านหลังและพื้นดินก็จะผลักเรากลับเพื่อขับเคลื่อนเราไปด้านหน้า ยางรถยนต์ออกแรงผลักพื้นถนนให้เลื่อนไปด้านหลังและพื้นถนนก็จะผลักรถไปข้างหน้า รถจึงสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ไม้พายที่ผลักมวลน้ำไปด้านหลังก็จะทำให้มวลน้ำผลักเรือไปด้านหน้าเช่นกัน แม้กระทั่งเครื่องบินเจ็ทที่ผลักอากาศไปด้านหลัง ก็ถูกขับเคลื่อนไปด้านหน้าด้วยกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันด้วยแรงจากมวลอากาศเช่นเดียวกัน



แต่ในอวกาศนั้น ไม่มีพื้นดิน น้ำ หรืออากาศให้ผลัก การเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจึงจำเป็นต้อง “ผลักตัวเองด้วยการทิ้งอะไรไปข้างหลัง” ดังนั้นยานพาหนะที่จะเคลื่อนที่ในอวกาศทั้งหมด จะต้องแบกมวลที่จะใช้ผลักไปด้านหลังขึ้นไปด้วย โดยแรงขับเคลื่อนจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับมวลที่เราทิ้งเอาไว้เบื้องหลัง เช่น หากเราลอยเคว้งอยู่ในอวกาศ เพียงแค่ถอดนาฬิกาข้อมือออกมา แล้วโยนออกไปข้างหน้า เราก็จะเคลื่อนที่ไปในทิศตรงข้ามกับสิ่งของที่เราโยนออกไป และเราจะยังคงเคลื่อนที่ไปในทิศทางนั้นต่อไปเรื่อย ๆ ด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

ดังนั้น การส่งจรวดจากพื้นโลกไปจนถึงห้วงอวกาศ ขณะที่จรวดอยู่ภายในชั้นบรรยากาศโลกนั้น มวลอากาศจะมีส่วนช่วยในการสร้างแรงผลักให้จรวดลอยขึ้นไปได้ แต่เมื่อออกสู่อวกาศแล้ว การขับเคลื่อนจะเกิดขึ้นได้โดยอาศัยการทิ้งมวลไปด้านหลังเพียงเท่านั้น

The World's Greatest Rockets

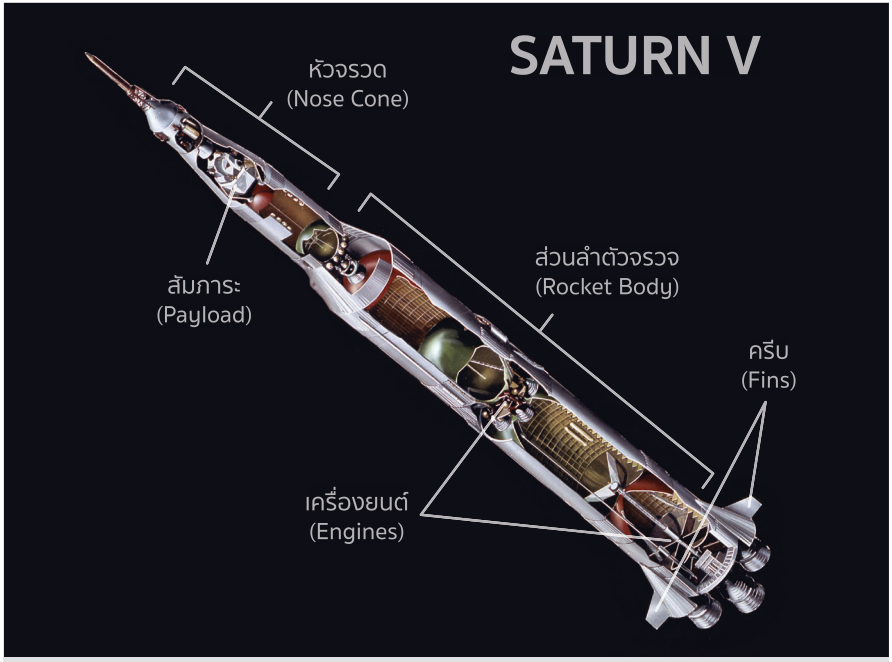
Converted by Kosmo92

CONVERTED BY KOSMO92

Created by Alex Brown

2. จรวด (Rocket)

จรวด คือ ยานพาหนะที่จะนำพายานอวกาศ มนุษย์อวกาศ ดาวเทียม หรือสัมภาระอื่น ๆ ขึ้นไปยังวงโคจรรอบโลก หรือออกไปนอกอวกาศเพื่อปฏิบัติภารกิจ จรวดนั้นแตกต่างจากยานพาหนะบนพื้นโลกตรงที่จรวดจะต้องแบกเชื้อเพลิงซึ่งจะทำหน้าที่เป็นทั้งตัวขับดันและมวลที่จะถูกผลักไปเบื้องหลังไปด้วย และไม่ว่ากลไกในการสร้างแรงขับดันของจรวดนั้นจะมาจากแหล่งพลังงานใด สิ่งสุดท้ายที่จะกำหนดแรงขับดันของจรวด ก็คือมวลและความเร็วของเชื้อเพลิงที่จรวดสามารถทิ้งไปเบื้องหลัง



แผนภาพอธิบายชิ้นส่วนหลักของจรวด (Credit : NASA)

▶ องค์ประกอบหลักของจรวด

1. **หัวจรวด** (Nose cone) มีลักษณะโค้งมนเพื่อลดแรงเสียดทานกับอากาศ ส่วนนี้จะเป็นที่ติดตั้งสัมภาระ (Payload) นักบินอวกาศ ระบบนำวิถี (Guidance system) และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ที่เป็นจุดประสงค์หลักของภารกิจ

2. **ส่วนลำตัวจรวด** (Rocket body) เป็นส่วนกักเก็บเชื้อเพลิงสำหรับการขับเคลื่อนจรวด

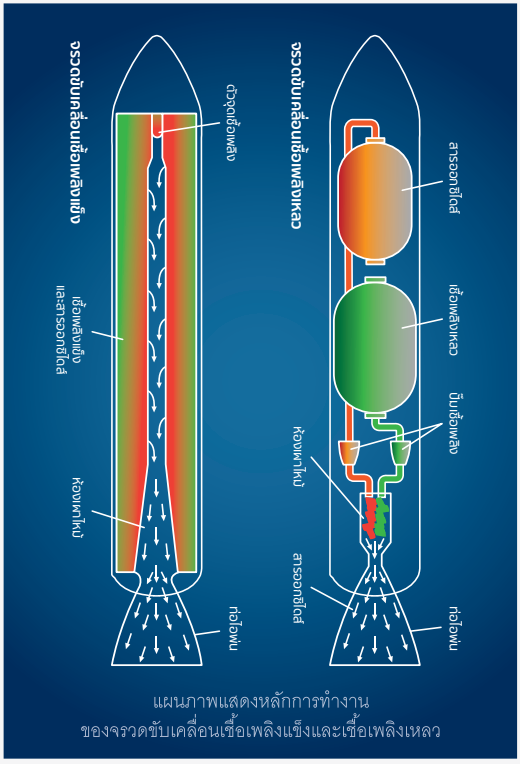
3. **ครีบ** (Fins) เปรียบได้กับปีกของเครื่องบิน เป็นส่วนที่คอยรักษาทิศทางของจรวด โดยเฉพาะในช่วงที่ยังอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก มักจะอยู่ในส่วนท้ายสุดของตัวจรวดเพื่อรักษาเสถียรภาพในการเคลื่อนที่

4. **เครื่องยนต์** (Engines) เป็นส่วนที่ทำให้เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้เพื่อเปลี่ยนเป็นแรงขับดัน บีบให้แก๊สพุ่งออกมา ผ่านบริเวณที่มีลักษณะคล้ายคอขวดเพื่อเพิ่มความเร็วของเชื้อเพลิงที่ขับออกมาจากไอพ่น

▶ ประเภทเครื่องยนต์จรวด

1. **จรวดขับเคลื่อนเชื้อเพลิงแข็ง** (Solid-propellant rocket) ประกอบไปด้วยเชื้อเพลิงและตัวออกซิไดส์ (สารที่ทำให้เชื้อเพลิงเกิดการระเบิดและสร้างแรงขับออกมา) ที่เป็นของแข็ง เมื่อจรวดชนิดนี้ถูกจุดขึ้นมาแล้ว เชื้อเพลิงจะเผาไหม้ต่อไปเรื่อย ๆ คล้ายกับพลุที่ไม่สามารถหยุดหรือควบคุมอัตราการเผาไหม้ได้อีกต่อไป แต่เนื่องจากโครงสร้างของจรวดที่ไม่ซับซ้อนจึงทำให้จรวดชนิดนี้สามารถสร้างแรงขับดันได้สูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำหนัก

2. **จรวดขับเคลื่อนเชื้อเพลิงเหลว** (Liquid-propellant rocket) เป็นจรวดที่มีโครงสร้างซับซ้อนกว่าชนิดแข็งมาก โดยจะเก็บสารออกซิไดส์และเชื้อเพลิงในรูปของเหลวแยกออกจากกัน เมื่อจรวดทำงานของเหลวทั้งสองจะถูกสูบมาผสมกันที่ห้องสันดาปเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ และเปลี่ยนไปเป็นแรงขับดัน จึงทำให้จรวดชนิดนี้สามารถหยุดหรือควบคุมอัตราการเผาไหม้ได้ตามต้องการ



แผนภาพแสดงหลักการทำงาน
ของจรวดขับเคลื่อนเชื้อเพลิงแข็งและเชื้อเพลิงเหลว

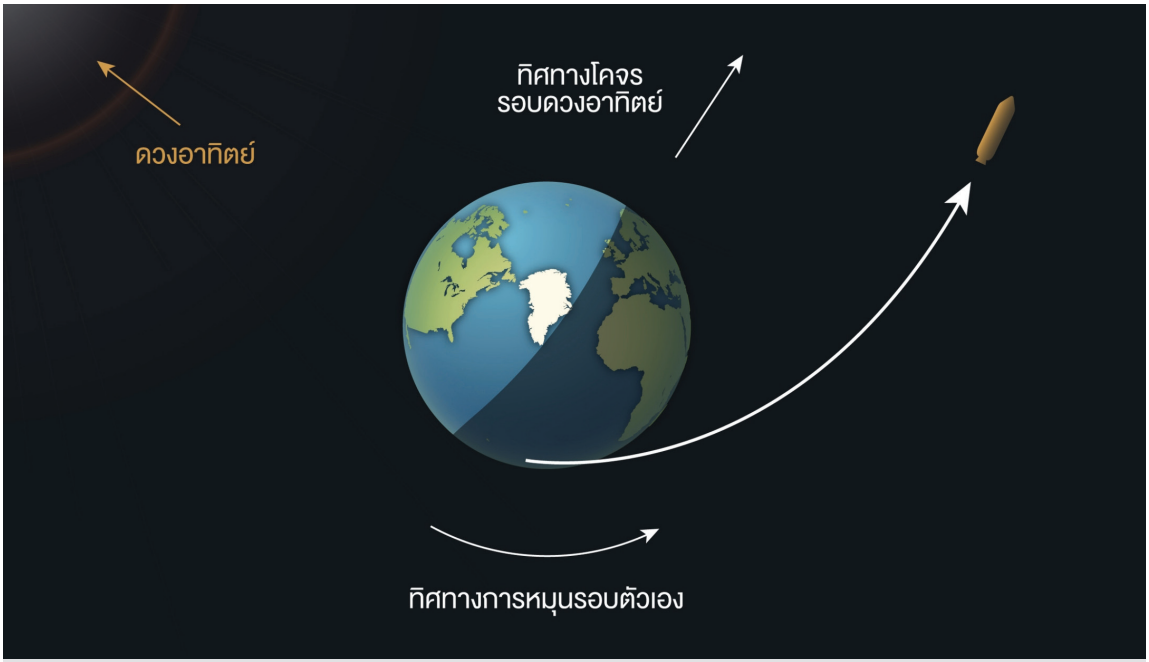
3. ฐานปล่อยจรวด (Launch Platform)

จรวด Atlas V ติดตั้งที่ฐานปล่อยจรวด ณ แหลมคานาเวอรัล (Credit : NASA)

เรือบังคับทางไกลของ SpaceX ที่ใช้เป็นฐานลงจอดจรวด Falcon 9 (Credit : SpaceX)

การปล่อยจรวดส่วนใหญ่จะทำการปล่อยออกจากฐานที่อยู่บนพื้นดิน แต่เรายังสามารถปล่อยจรวดจากเครื่องบินหรือเรือที่กำลังเคลื่อนที่ได้เช่นกัน ในการนำจรวดขึ้นสู่อวกาศนั้นนอกจากจะเป็นการเพิ่มระดับความสูงแล้ว ยังเป็นการเร่งให้จรวดมีความเร็วเพียงพอที่จะรักษาระดับความสูงในวงโคจรเหนือพื้นโลกได้ การอาศัยเครื่องบินบรรทุกจรวดขึ้นไปแทนการปล่อยจรวดจากฐาน จะช่วยเพิ่มความเร็วต้นและเพิ่มระดับความสูงได้ก่อนที่จรวดจะเริ่มทำงาน แต่จะมีข้อจำกัดเรื่องน้ำหนัก และมีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น การปล่อยจรวดที่มีน้ำหนักมากจะยังคงพึ่งฐานปล่อยจรวดที่ตั้งอยู่บนพื้นโลก

อย่างไรก็ตาม ฐานปล่อยจรวดที่ตั้งอยู่บนพื้นโลกก็กำลังเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กับโลกที่กำลังหมุนรอบตัวเองเช่นกัน โดยพื้นดินที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะหมุนไปในอัตราที่เร็วกว่าบริเวณละติจูดอื่น ซึ่งมีอัตราเร็วประมาณ 460 เมตรต่อวินาที หรือ 1,650 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เราสามารถใช้ประโยชน์จากอัตราเร็วตั้งต้นนี้ได้ โดยการตั้งฐานปล่อยจรวดใกล้เส้นศูนย์สูตร และหันจรวดไปทางทิศตะวันออกเพื่อเร่งความเร็วต่อจากความเร็วตั้งต้นนี้ ดังนั้น ฐานปล่อยจรวดที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะใช้เชื้อเพลิงจรวดน้อยกว่าฐานปล่อยจรวดที่อยู่ละติจูดสูง



แผนภาพแสดงการใช้แรงเหวี่ยงจากการหมุนรอบตัวเองของโลก เพื่อเพิ่มความเร็วให้กับจรวดในการเดินทางสู่อวกาศ

ต้องเร็วแค่ไหนถึงจะไปอวกาศได้ ?

ลองหยิบก้อนหินขึ้นมาก้อนหนึ่ง แล้วโยนขึ้นไปบนฟ้า ก้อนหินก้อนนี้จะใช้เวลาสักพักหนึ่งก่อนที่จะตกกลับลงมา ถ้าหากเราโยนก้อนหินนี้อีกครั้ง ด้วยความเร็วต้นที่มากขึ้น เราจะพบว่าก้อนหินก้อนนี้ลอยขึ้นไปสูงกว่าเดิม และใช้เวลานานขึ้นก่อนที่จะตกลงมาใหม่ และถ้าเราโยนก้อนหินให้เร็วขึ้นเรื่อย ๆ ก็จะใช้เวลานานขึ้นไปอีก จนกระทั่งถึงความเร็วค่าหนึ่ง ก้อนหินนี้ก็จะลอยออกไปและไม่ตกกลับลงมาอีกเลย เราเรียกความเร็วนี้ว่า “ความเร็วหลุดพ้น”

ภาพถ่ายจากท้ายจรวด Saturn V ขณะออกสู่อวกาศ (Credit : NASA)

สำหรับบนพื้นโลกนั้น ความเร็วหลุดพ้นอยู่ที่ 11.2 กิโลเมตรต่อวินาที เทียบเท่าถึง 40,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วเกินกว่ายานพาหนะใดที่มนุษย์เคยสร้างมาทั้งหมด ความเร็วหลุดพ้นนั้นเป็นเพียงขอบเขตทางทฤษฎีที่จะระบุว่าเราจะต้องมีความสามารถในการเร่งวัตถุได้เร็วถึงเท่าใด ก่อนที่เราจะสามารถนำมันออกไปจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ แต่ในการส่งจรวดนั้นเราไม่จำเป็นต้องเร่งจรวดให้ถึงความเร็วหลุดพ้นด้วยเหตุผลสองประการด้วยกัน

อันดับแรกการทำความเร็วต้นให้เท่ากับความเร็วหลุดพ้น ใช้สำหรับวัตถุที่จะไม่มีการเร่งความเร็วอีกตลอดการเดินทางไปยังเป้าหมาย เช่น หากจะยิงกระสุนปืนใหญ่ออกไปนอกโลก จะต้องยิงด้วยความเร็ว 11.2 กิโลเมตรต่อวินาที กระสุนจึงจะไม่ตกกลับมายังพื้นโลกอีก แต่ในการส่งจรวดนั้นเราสามารถบรรทุกเครื่องยนต์ที่จะคอยเร่งความเร็วของจรวดไปตลอดการเดินทางได้ จึงไม่จำเป็นต้องเริ่มด้วยความเร็วต้นที่สูงมาก

นอกจากนี้ความเร็วหลุดพ้นนั้นไม่ได้คำนึงถึงแรงต้านของอากาศ หากเราเริ่มออกเดินทางด้วยความเร็วหลุดพ้น ยานพาหนะของเราจะต้องพบกับแรงต้านอากาศที่สูงมาก และจะช้าลงอย่างรวดเร็ว พร้อมกับความร้อนที่เกิดจากการต้านกับชั้นบรรยากาศโลก

ภาพถ่ายจรวด Falcon 9 ของบริษัท SpaceX (Credit : SpaceX)

เพื่อลดแรงต้านอากาศ ยานพาหนะจำเป็นต้องมีพื้นที่หน้าตัดที่เล็ก (เป็นเหตุผลที่ทำไมจรวดจึงเป็นทรงกระบอกยาว) มีรูปทรงที่มีแรงต้านอากาศน้อยที่สุด (หัวจรวดจึงมักเป็นรูปทรงกรวย) และใช้อัตราเร็วที่พอเหมาะ ไม่เร็วเกินไปจนสูญเสียพลังงานไปกับแรงต้านอากาศ และไม่ช้าเกินไปจนสูญเสียพลังงานไปกับการลอยตัว

ด้วยเหตุนี้จรวดจึงออกจากฐานด้วยความเร่งที่ไม่สูงมาก และค่อย ๆ เพิ่มอัตราเร็วขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อจรวดขึ้นไปอยู่ในชั้นบรรยากาศที่สูงขึ้นไป อากาศยิ่งเบาบางลง แรงต้านอากาศก็จะเป็นปัญหาน้อยลง จรวดจึงสามารถเร่งความเร็วได้สูงขึ้นในช่วงสุดท้ายเพื่อไปถึงอวกาศให้เร็วที่สุด

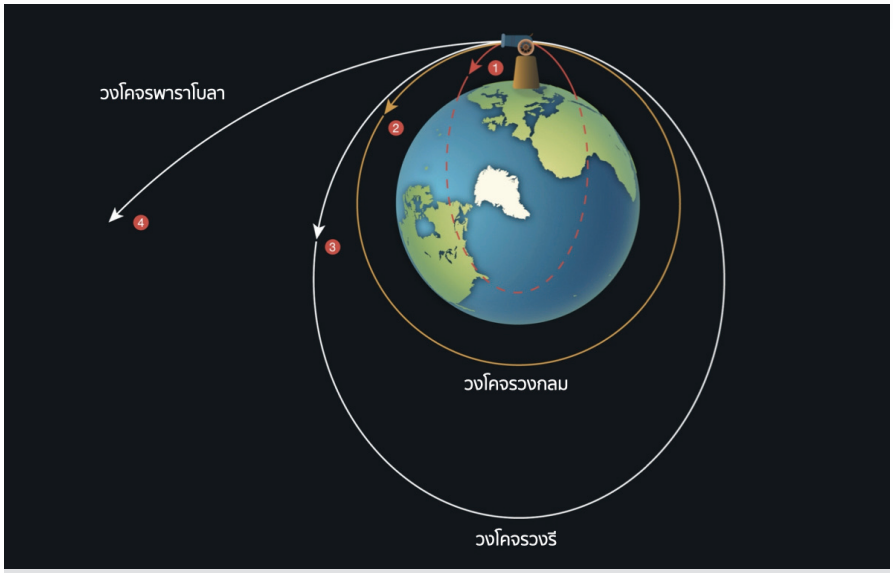
ถึงแม้ว่าตัวเลขความเร็วหลุดพ้น 11.2 กิโลเมตรต่อวินาที นั้นจะเป็นตัวเลขในอุดมคติ แต่เราจะพบว่าในการส่งจรวดให้หลุดออกจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้นั้น พลังงานขั้นต่ำที่เราต้องใช้จะเท่ากับพลังงานในการเร่งความเร็วจรวดให้ถึง 11.2 กิโลเมตรต่อวินาทีพอดี หรือพูดอีกอย่างหนึ่งก็คือ หากเรามีเชื้อเพลิงไม่พอที่จะเร่งจรวดให้มีความเร็วถึง 11.2 กิโลเมตรต่อวินาที เราก็จะไม่สามารถส่งจรวดออกจากโลกได้

ภาพจำลองจรวด SLS ของนาซาขณะกำลังขึ้นสู่อวกาศ (Credit : Boeing)

วงโคจรคืออะไร?

ถ้าเราขว้างก้อนหินสักก้อนหนึ่งไปข้างหน้า ก้อนหินก้อนนี้จะลอยสูงขึ้น ก่อนที่จะเริ่มตกลงในแบบที่เราเรียกกันว่า “โพรเจกไทล์” แต่หากเราโยนก้อนหินให้สูงและเร็วขึ้น เราจะพบว่าก้อนหินจะตกไกลกว่าเดิม และหากเราขว้างก้อนหินให้เร็วได้มากพอ ก้อนหินจะอ้อมไปยังอีกฟากหนึ่งของโลก ก่อนที่จะเริ่มตกลงมา จนวนกลับมายังที่เดิมอีกรอบหนึ่ง เป็นรูปวงรี เราเรียกแนวเส้นทางนี้ว่า “วงโคจร”

วัตถุทุกอย่างที่ “ลอย” อยู่ในอวกาศล้วนแล้วแต่อยู่ใน “วงโคจร” ด้วยกันทั้งสิ้น ทันทีที่วัตถุนั้นถูกปล่อยให้ตกลงภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ทั้งความเร็ว ตำแหน่ง และทิศทางในการเคลื่อนที่ของมันก็จะค่อย ๆ ถูกเปลี่ยนแปลงไปด้วยแรงโน้มถ่วง ในลักษณะการเคลื่อนที่ที่เป็นวงโคจรของมัน (แม้กระทั่งก้อนหินบนพื้นโลกที่ตกลงอย่างโพรเจกไทล์นั้นก็กำลังพยายามจะอยู่ในวงโคจร ถ้าไม่ชนกับพื้นโลกเสียก่อน) ซึ่งนั่นรวมไปถึงดาวเทียม สถานีอวกาศ ขยะอวกาศ ดาวเคราะห์น้อย หรือแม้กระทั่งดวงจันทร์ก็กำลังตกลงอยู่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก



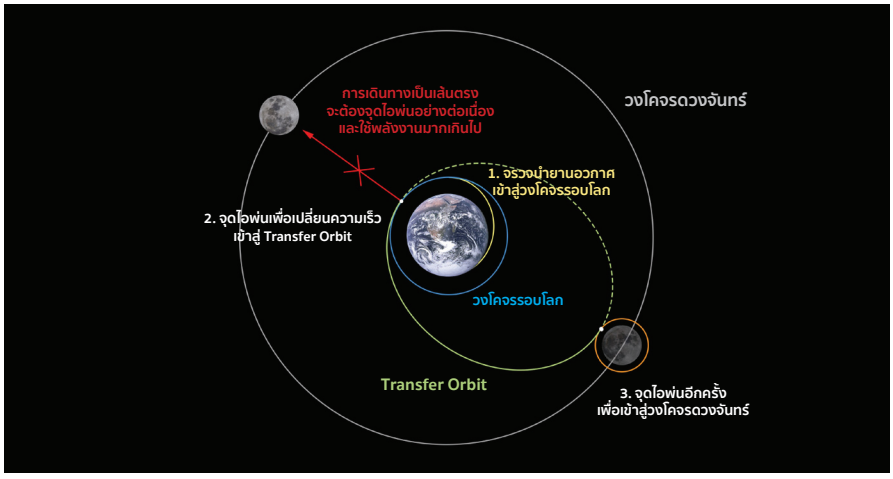
แผนภาพอธิบายวงโคจรรูปแบบต่าง ๆ

วงโคจรของวัตถุอาจจะแตกต่างกันออกไป วงโคจรอาจจะเป็นวงรี พาราโบลา ไฮเพอร์โบลา หรือวงกลม ดาวเทียมที่กำลังโคจรเป็นวงกลมรอบๆ โลกนั้น แท้จริงแล้วก็เป็นเพียงแค่วัตถุที่กำลังตกลงอยู่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ในอัตราที่การตกนั้นเท่า ๆ กับอัตราการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพอดี จึงทำให้ระยะห่างจากพื้นโลกนั้นคงที่ตลอดการเคลื่อนที่

เนื่องจากวัตถุที่อยู่ในวงโคจรนั้นกำลังตกลงอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เราเพียงจำเป็นต้องทราบตำแหน่ง และความเร็วของวัตถุ ณ ขณะใดขณะหนึ่ง เราก็จะสามารถทราบวงโคจรของมันได้ เช่น วัตถุที่มีความสูงจากพื้นโลก 400 กม. และโคจรไปด้วยอัตราเร็ว 28,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในแนวขนานกับพื้นโลก จะมีวงโคจรเป็นวงกลมไปรอบ ๆ โลก เช่นเดียวกับสถานีอวกาศนานาชาตินั่นเอง

ดังนั้น การเดินทางจากวัตถุหนึ่งในอวกาศ ไปยังอีกวัตถุหนึ่ง แท้จริงแล้วก็เป็นเพียงการเปลี่ยน “วงโคจร” จากวงโคจรหนึ่งไปยังอีกวงโคจรหนึ่งนั่นเอง

บนพื้นโลกนั้น หากเราต้องการเดินทางจากจุด A ไปยังจุด B เราเพียงแค่ต้องหันทิศทางของพาหนะเราไปยังเป้าหมาย จากนั้นก็เหยียบคันเร่ง เราก็จะถึงที่หมาย แต่ในอวกาศนั้น แม้ว่าเราจะสามารถเร่งความเร็วของยานอวกาศเราจนไปถึงวัตถุเป้าหมายได้แล้ว แต่ความเร็วของเรา ณ จุดเป้าหมายก็จะสูงเกินไป และจะไม่อยู่ในวงโคจรเดียวกันกับเป้าหมาย หรือพูดง่าย ๆ ก็คือเราอาจจะไปถึงเป้าหมายได้ แต่เรากลับมีความเร็วสูงเกินไป และการที่จะเปลี่ยนความเร็วให้อยู่ในวงโคจรเดียวกันกับเป้าหมายนั้นก็หมายถึงปริมาณเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น การเดินทางในอวกาศจึงไม่ใช่เรื่องของการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงจากจุด A เป็น จุด B เสมอไป

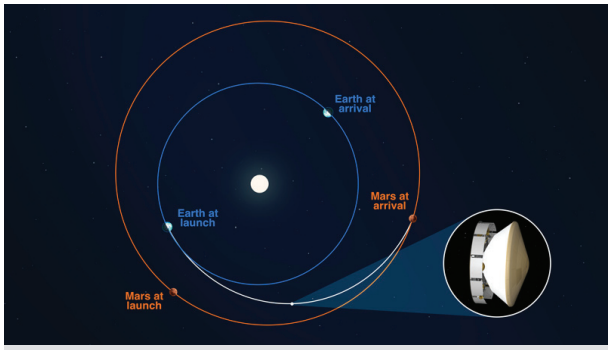


วิธีหนึ่งที่เราสามารถทำได้ ก็คือการใช้ “วงโคจรถ่ายโอน” ที่มีส่วนหนึ่งของวงโคจรสัมผัสกับวงโคจรเริ่มต้น และอีกส่วนหนึ่งของวงโคจรสัมผัสกับวงโคจรสุดท้ายที่เราต้องการจะไปถึง เราเรียกวงโคจรนี้ว่า “วงโคจรถ่ายโอนของโฮห์มันน์” (Hohmann Transfer Orbit)

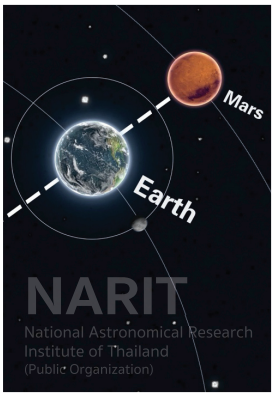
เช่น หากเราต้องการขับเคลื่อนยานอวกาศจากวงโคจรใกล้โลก (Near Earth Orbit - NEO) ไปยังวงโคจรของดวงจันทร์ วงโคจรถ่ายโอนของโฮห์มันน์ของเราจะมีลักษณะเป็นวงรี ที่มีจุดใกล้โลกที่สุดอยู่ที่ความสูงของวงโคจร NEO และจุดไกลสุดของวงรีอยู่ที่วงโคจรของดวงจันทร์ การจะเดินทางไปยังดวงจันทร์ด้วยวิธีนี้สามารถทำได้โดยการเริ่มจากการส่งจรวดไปยังวงโคจรรอบโลกที่ NEO จากนั้นทำการจุดจรวดครั้งหนึ่งเพื่อเปลี่ยนความเร็วให้ไปอยู่ในวงโคจรถ่ายโอนของโฮห์มันน์ จากนั้นเมื่อจรวดไปถึงจุดไกลสุดของวงโคจรถ่ายโอนแล้ว จึงทำการเพิ่มความเร็วอีกครั้งหนึ่งจนกระทั่งมีความเร็วเพียงพอที่จะไปอยู่ในวงโคจรของดวงจันทร์ เป็นการสิ้นสุดการถ่ายโอน

การเคลื่อนที่โดยใช้วิธีการถ่ายโอนของโฮห์มันน์นี้มีข้อดีตรงที่ว่าเป็นใช้พลังงานเพียงการเปลี่ยนวงโคจรเพียงสองครั้ง แต่ตลอดการเคลื่อนที่ที่เหลือนั้นเป็นไปตามการตกลงภายใต้แรงโน้มถ่วง ที่ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงเพิ่มเติมอีกต่อไป จึงเป็นการเคลื่อนที่จากวงโคจรหนึ่งไปยังอีกวงโคจรหนึ่งที่ประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุด

อย่างไรก็ดี การจะส่งยานอวกาศด้วยวิธีนี้เราอาจจะต้องรอให้โลกและวัตถุเป้าหมาย เช่น ดาวอังคาร เรียงตัวอยู่ในตำแหน่งที่พอเหมาะที่วงโคจรนี้จะตัดกับตำแหน่งของดาวเคราะห์ทั้งสองดวง เรียกว่า “Launch Window” ซึ่งเป็นสาเหตุว่าทำไมยานอวกาศที่ส่งไปดาวอังคารจากหลาย ๆ ประเทศจึงมักส่งขึ้นสู่อวกาศ รวมถึงเดินทางถึงดาวอังคารในเวลาไล่เลี่ยกัน โดย Launch Window ของดาวอังคารจะเกิดขึ้นทุก ๆ 780 วัน หรือประมาณ 2 ปี 2 เดือน



แผนภาพอธิบาย Launch Window ของดาวอังคาร (Credit : NASA)



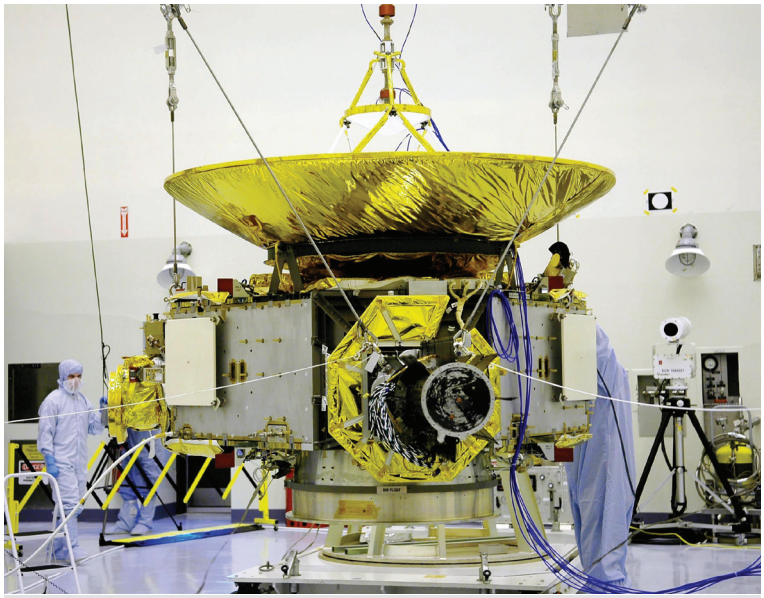
ปัญหาที่ต้องเจอในอวกาศ

เมื่อยานอวกาศสามารถออกจากชั้นบรรยากาศโลกไปได้แล้ว ยานจะต้องเผชิญกับความท้าทายต่อสภาพแวดล้อมของอวกาศ (The Space Environment) ที่สุดขั้ว ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิ สภาพสุญญากาศ อนุภาคมีประจุ หรือขยะอวกาศ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในอวกาศยังมีแรงต้านอากาศอยู่

เราไม่สามารถระบุขอบเขตที่ชัดเจนของชั้นบรรยากาศโลกได้ เราทราบเพียงว่ายิ่งสูงขึ้นไปจากพื้นโลกมากเท่าใด แก๊สของชั้นบรรยากาศก็จะยิ่งเบาบางลงเรื่อย ๆ แม้กระทั่งระดับความสูงที่เราเรียกว่า “อวกาศ” นั้นก็ไม่ได้เป็นสุญญากาศอย่างแท้จริง ด้วยเหตุนี้ดาวเทียมเกือบทุกดวงจะต้องเคลื่อนที่ปะทะกับโมเลกุลของชั้นบรรยากาศโลกอยู่เสมอ โดยเฉพาะดาวเทียมที่มีวงโคจรต่ำกว่า 600 กิโลเมตร ยิ่งดาวเทียมมีวงโคจรต่ำมากเท่าใด จะยิ่งพบกับแรงต้านอากาศที่คอยชะลอความเร็วมากขึ้นเท่านั้น ดาวเทียมวงโคจรต่ำจึงต้องมีเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์จรวดที่คอยปรับชดเชยวงโคจรอยู่เสมอ

อุณหภูมิที่แตกต่างกันสุดขั้ว

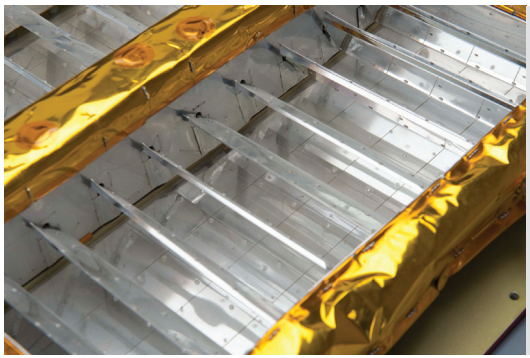


ยาน New Horizons ที่ถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุสีทองป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Credit : NASA)

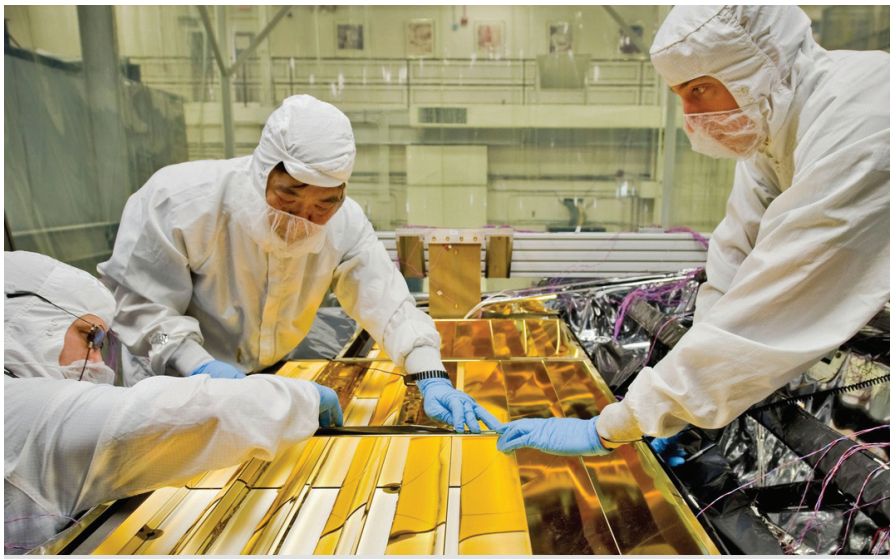
ชั้นบรรยากาศของโลกมีส่วนช่วยรักษาอุณหภูมิของโลกเอาไว้ให้คงที่อยู่เสมอในเวลากลางวัน ชั้นบรรยากาศจะช่วยกรองรังสีจากดวงอาทิตย์ให้ไม่ต้องรับรังสีโดยตรง ส่วนในเวลากลางคืนนั้น ชั้นบรรยากาศจะคอยกักการแผ่รังสีความร้อนไม่ให้ออกไป ทำให้อุณหภูมิไม่เย็นลงโดยทันที แต่ในอวกาศนั้นไม่มีชั้นบรรยากาศจึงได้รับและสูญเสียความร้อนอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิของยานอวกาศด้านที่รับแสงและด้านเงาจึงมีอุณหภูมิที่สุดขั้วเป็นอย่างมาก เช่น พื้นผิวของสถานีอวกาศนานาชาติ (ISS) ด้านที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงได้ถึง 121 องศาเซลเซียส ในขณะที่ด้านที่อยู่ในเงามืดอาจมีอุณหภูมิต่ำได้ถึง -157 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ ยานอวกาศที่ไปสำรวจระบบสุริยะชั้นในหรือสังเกตการณ์ใกล้กับดวงอาทิตย์ จะต้องพบกับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในปริมาณที่สูงกว่ายานทั่ว ๆ ไป จึงจำเป็นต้องมีฉนวนกันความร้อน (วัสดุสีทองที่ใช้ห่อหุ้มยานอวกาศ) และ

อุปกรณ์ระบายความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิให้เสถียรเอาไว้ แต่การระบายความร้อนในอวกาศนั้นไม่สามารถทำได้ง่ายเหมือนบนโลก เนื่องจากในอวกาศไม่มีอากาศคอยพาความร้อนออกไป การระบายความร้อนในอวกาศจึงต้องอาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดเป็นหลัก เช่น ยาน Rosetta ที่จะต้องผ่านความร้อนของระบบสุริยะชั้นในก่อนที่จะไปเจอกับความเยือกแข็งของระบบสุริยะชั้นนอก ยานจึงมีอุปกรณ์คล้ายบานเกล็ดติดตั้งไว้เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิเอาไว้ โดยเมื่อยานเดินทางในระบบสุริยะชั้นในบานเกล็ดจะถูกเปิดเพื่อระบายความร้อนส่วนเกินออกไป และเมื่อยานเดินทางไปยังระบบสุริยชั้นนอกบานเกล็ดจะถูกปิดเพื่อกักเก็บความร้อนไว้ภายใน

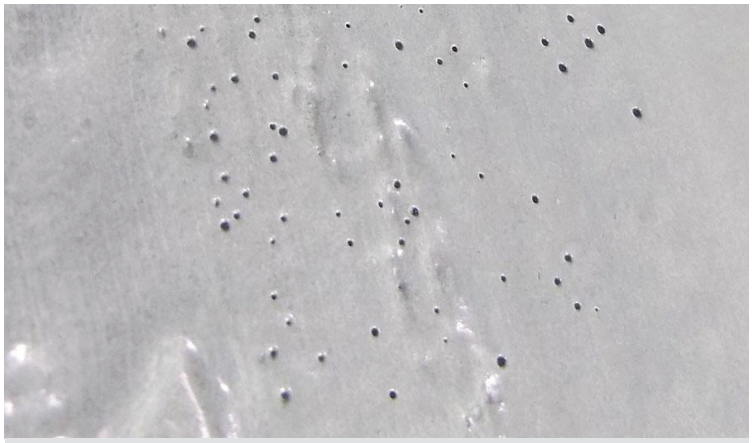


ภาพบานเกล็ดที่ติดตั้งบนยาน Rosetta ใช้ในการระบายความร้อนขณะอยู่ในอวกาศ (Credit : ESA)



ภาพบานเกล็ดที่หุ้มด้วยวัสดุกันความร้อนสีทองของกล้องโทรทรรศน์อวกาศเจมมส์เวบบ์ (Credit : JWST)

การปลดปล่อยแก๊สจากวัสดุของยานอวกาศ



ภาพพื้นผิววัสดุที่เกิดการปลดปล่อยแก๊สหลังจากถูกส่งขึ้นไปสู่อวกาศ

ที่ความสูงระดับน้ำทะเล ทุก ๆ หนึ่งตารางเซนติเมตรบนผิวหนังของเรากำลังถูกกดทับด้วยมวลของชั้นบรรยากาศกว่าหนึ่งกิโลกรัม ความกดอากาศระดับนี้จะทำให้แก๊สบางชนิดในชั้นบรรยากาศแทรกตัวเข้าไปในพื้นผิวของวัสดุ และหากเรานำวัสดุชิ้นเดียวกันนี้ไปไว้ในสภาวะสุญญากาศ กล่าวคือ อยู่ในสภาวะที่ไม่มีแรงกดอากาศอยู่เลย แก๊สบางส่วนที่เคยแทรกซึมอยู่ภายในเนื้อวัสดุจะถูกปลดปล่อยออกมา เรียกกระบวนการนี้ว่า “Outgassing” ซึ่งคล้ายกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำอัดลม เมื่อเราเปิดกระป๋องจะเกิดเป็นฟองแก๊สขึ้น การปลดปล่อยแก๊สนี้ทำให้วัสดุของยานอวกาศเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ส่งผลกระทบอย่างมากโดยเฉพาะวัสดุผสม เช่น แกรไฟต์ หรืออีพ็อกซี หรือแม้กระทั่งโลหะก็สามารถปล่อยแก๊สออกมาตามรอยแตกขนาดเล็กได้เช่นกัน

นอกจากนี้ แก๊สที่ถูกปลดปล่อยออกมาอาจจะไปควบแน่นอยู่บนอุปกรณ์อื่น เช่น เซนเซอร์ หรือเลนส์ ซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์เก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ มีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น จึงจำเป็นจะต้องคัดเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติการปลดปล่อยแก๊สในปริมาณที่ต่ำ และอาจจะต้องนำมาผ่านการอบเพื่อไล่แก๊สที่อาจแทรกตัวอยู่ในเนื้อวัสดุทิ้งไปเสียก่อน

โลหะสามารถเชื่อมติดกันได้เองในอวกาศ

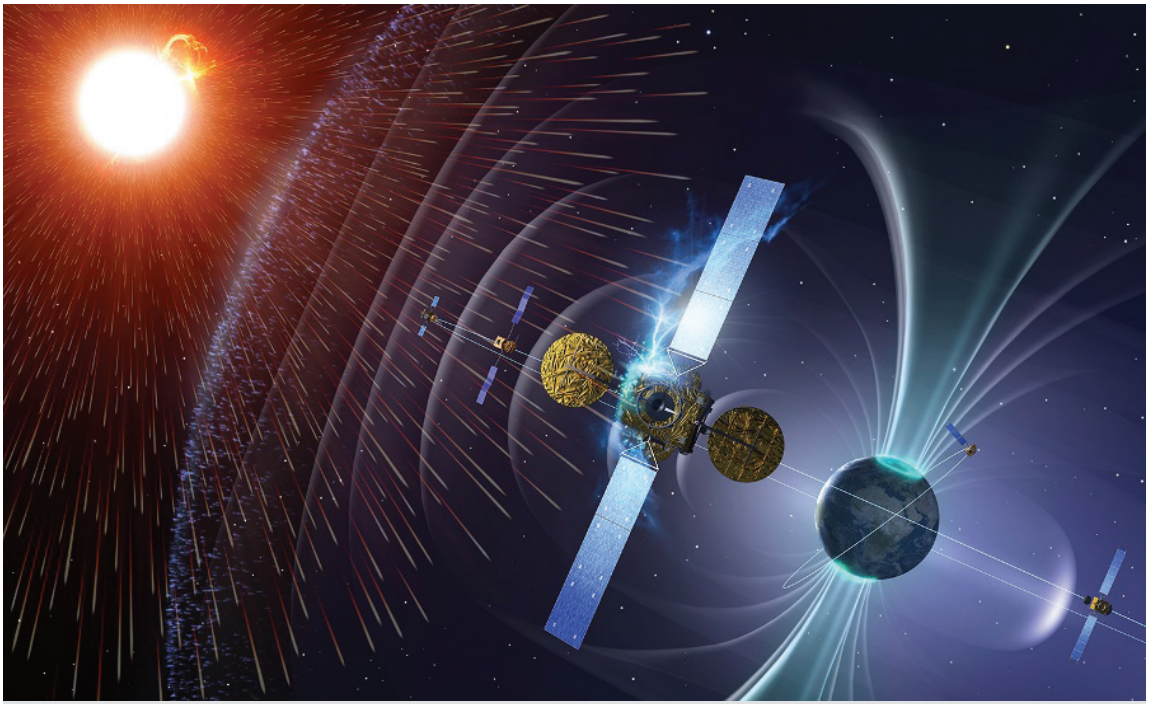
ภาพวัสดุโลหะที่เชื่อมติดกันได้เองโดยไม่ต้องใช้ความร้อน
(Credit : Arhan Shetty / Science by Xanth)

เมื่ออยู่บนโลก วัสดุประเภทโลหะจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ เกิดเป็นชั้นออกไซด์บาง ๆ เคลือบผิวโลหะเอาไว้ ทำให้โลหะไม่เชื่อมติดกันจะต้องใช้ความร้อนเพื่อหลอมละลายเนื้อโลหะเชื่อมติดกันก่อน จึงจะเชื่อมติดกันได้

อย่างไรก็ตาม ในสุญญากาศนั้นไม่มีออกซิเจน โลหะจึงไม่มีชั้นออกไซด์เคลือบอยู่ เมื่อเรานำโลหะสองชิ้นมาสัมผัสกัน โลหะทั้งสองจะเชื่อมติดกันจนแน่นราวกับถูกเชื่อมเอาไว้ด้วยเครื่องเชื่อม เรียกกระบวนการเชื่อมแบบนี้ว่า “การเชื่อมแบบเย็น (Cold Welding)”

การเชื่อมแบบเย็นนี้ เป็นสาเหตุให้ภารกิจอวกาศเกิดความเสียหาย ตัวอย่างเช่น ยานกาลิเลโอ (Galileo) เมื่อเดินทางไปถึงดาวพฤหัสบดีในปี ค.ศ. 1991 จานส่งสัญญาณที่ควรจะกางออกคล้ายกับร่มกลับไม่สามารถกางได้ สันนิษฐานว่าเกิดจากก้านของจานส่งสัญญาณบางส่วนเชื่อมติดกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณลดลงไป เหลือเพียง 0.01% ตลอดภารกิจที่เหลือทั้งหมด

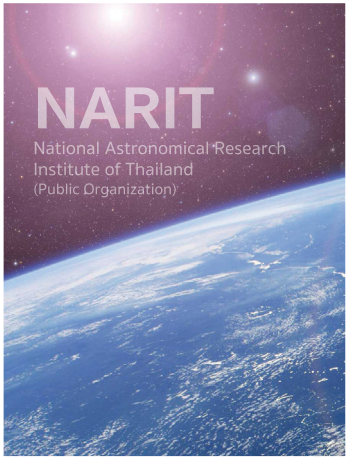
อันตรายจากอนุภาคในอวกาศ



ภาพจำลองแสดงถึงอนุภาคที่มีประจุจากดวงอาทิตย์ที่อาจทำอันตรายต่อยานอวกาศได้ (Credit : ESA)

ในอวกาศเต็มไปด้วยอนุภาคที่มีประจุพลังงานสูงเป็นจำนวนมาก เช่น โปรตอน อิเล็กตรอน อนุภาคเหล่านี้ส่วนหนึ่งติดอยู่ในสนามแม่เหล็กของโลก เรียกว่า “แถบรังสี Van Allen” หรือลมสุริยะจากดวงอาทิตย์ รวมไปถึงรังสีคอสมิกที่มาจากนอกระบบสุริยะ ซึ่งแม้จะมีปริมาณที่ต่ำกว่า แต่ประกอบขึ้นด้วยอนุภาคที่มีพลังงานและอำนาจทะลุทะลวงที่สูง

อนุภาคมีประจุเหล่านี้หากกระทบเข้ากับแผงวงจรที่มีชิปประมวลผล จะส่งผลให้การประมวลผลข้อมูลผิดพลาดได้ ดังนั้น แผงวงจรของดาวเทียมหรือยานอวกาศจะต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันอนุภาคเหล่านี้ โดยนำไปผ่านกระบวนการ “ชุบแข็งด้วยรังสี (Radiation Hardening)”



ขยะอวกาศมหาศาลที่โคจรอยู่รอบโลก

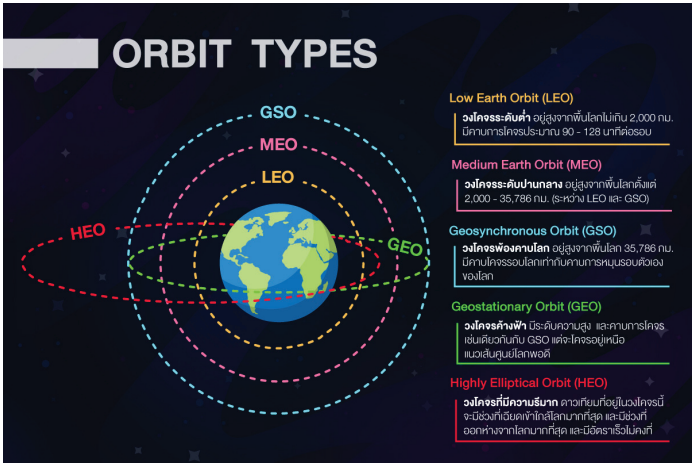
ภาพจำลองแสดงปริมาณขยะอวกาศที่โคจรอยู่รอบโลก (Credit : Science Photo Library)

พื้นที่อวกาศรอบโลกของเราไม่ได้ว่างเปล่า แต่เต็มไปด้วยเศษฝุ่น สะเก็ดดาวเคราะห์น้อย และดาวหาง มีมวลรวมมากกว่า 20,000 ตัน นอกจากนี้ยังมีขยะอวกาศที่เกิดจากมนุษย์อย่างยานอวกาศที่พังแล้ว ชิ้นส่วนของท่อนส่งจรวดเก่า หรือแม้แต่ถุงมือของนักบินอวกาศ เศษซากจากมนุษย์เหล่านี้หลงเหลืออยู่ในอวกาศรวมแล้วประมาณเกือบ 2,200 ตัน ปัญหานี้ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อยานอวกาศและนักบินอวกาศเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะยานอวกาศวงโคจรต่ำ เนื่องจากมีโอกาสชนชิ้นส่วนขยะมากกว่าเศษฝุ่นในธรรมชาติ โดยชิ้นส่วนเล็ก ๆ เหล่านี้เคลื่อนที่เร็วยิ่งกว่ากระสุนปืน หากพุ่งชนอาจจนก่อให้เกิดความเสียหายแก่ยานอวกาศได้

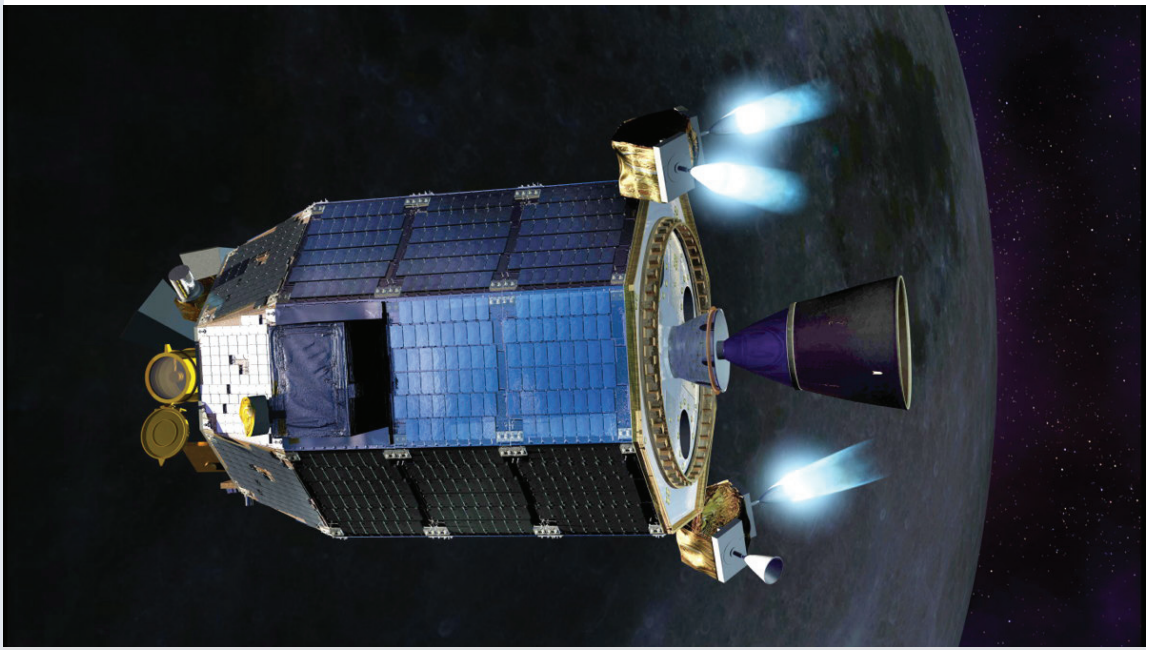
ภาพจำลองสถานการณ์ Kessler Syndrome (Credit : huang Frank / ArtStation)

ยิ่งไปกว่านั้น หากขยะอวกาศชนเข้ากับดาวเทียมสักดวง ความเร็วที่มากกว่ากระสุนปืนนี้ไม่เพียงทำให้ดาวเทียมเกิดความเสียหาย แต่ยังทำให้ดาวเทียมแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ อีกหลายร้อยหรือหลายพันชิ้น และพุ่งชนเข้ากับดาวเทียมดวงอื่น เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ จนกระทั่งทำให้วงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) มีขยะอวกาศมากจนตกอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่สามารถส่งดาวเทียมดวงใหม่ขึ้นไปได้อีกต่อไป สถานการณ์จำลองนี้เรียกว่า “Kessler Syndrome”

ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน เราแทบไม่มีวิธีกำจัดขยะอวกาศเหล่านี้ได้เลย จึงเกิดข้อตกลงระหว่างประเทศที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดอัตราการสะสมขยะอวกาศ ทั้งนี้ สำนักงานคณะกรรมการร่วมมือด้านขยะอวกาศ (Agency Space Debris Coordination Committee หรือ IADC) ได้กำหนดให้ดาวเทียมในวงโคจรต่ำ ต้องออกแบบให้ตกกลับสู่โลก และเผาไหม้หมดในบรรยากาศภายใน 25 ปี หลังเลิกใช้งาน ส่วนดาวเทียมในวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Orbit) ซึ่งโคจรอยู่ที่ความสูง 35,786 กิโลเมตร ก่อนหมดอายุการใช้งานจะต้องเหลือเชื้อเพลิงไว้สำหรับบังคับให้ดาวเทียมลอยสูงขึ้นไปอีก 300 กิโลเมตร เข้าไปอยู่ในวงโคจรสุสาน (Graveyard Orbit)



การควบคุมทิศทางในอวกาศ

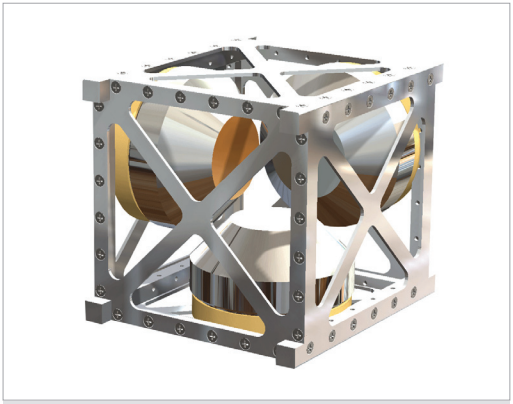


ภาพจำลองยานสำรวจดวงจันทร์ LADEE ขณะกำลังใช้เครื่องยนต์ขับดันปรับวงโคจร (Credit : Dana Berry / NASA)

การควบคุมทิศทางในอวกาศ

เมื่อยานอวกาศหรือดาวเทียมไปอยู่ในอวกาศแล้ว จะต้องมีการปรับตำแหน่งและวงโคจรอยู่เสมอตลอดภารกิจ เราสามารถแบ่งการควบคุมการเคลื่อนที่ของยานอวกาศได้เป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ระบบควบคุมการทรงตัวของยาน (Attitude control system) เป็นระบบที่ใช้ควบคุมให้ยานหรือดาวเทียมหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยอาศัยอุปกรณ์ที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงมุม เรียกว่า “Reaction Wheel” ที่มีลักษณะเป็นวงล้อหมุนได้ ติดตั้งไว้ทั้งหมด 3 แกน ภายในตัวยาน หากปรับให้วงล้อหมุนเร็วขึ้น ช้าลง หรือเปลี่ยนทิศทางการหมุน จะทำให้ยานหมุนไปยังตำแหน่งที่เราต้องการได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นระบบหัวใจหลักของกล้องโทรทรรศน์อวกาศแทบทุกชนิด

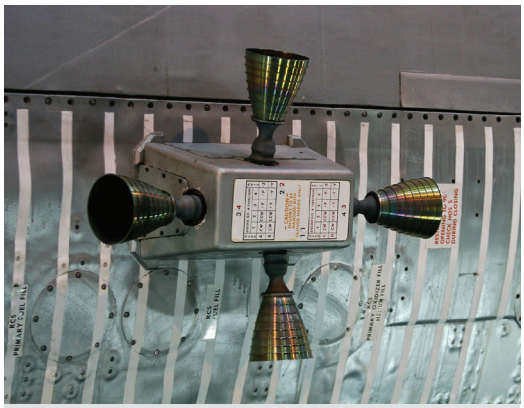


ภาพตัวอย่าง Reaction Wheel ที่ใช้ในยานอวกาศและดาวเทียม
(Credit : Aerospace Valley)

สำหรับดาวเทียมที่โคจรรอบโลก จะสามารถนำสนามแม่เหล็กของโลกมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมการหมุนของดาวเทียมได้ โดยดาวเทียมจะติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถสร้างสนามแม่เหล็กบนดาวเทียมได้ เมื่อดาวเทียมนี้เคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กโลก จึงเกิดแรงบิด (Torque) ขึ้น ในลักษณะเดียวกับที่เข็มทิศชี้ไปยังทิศเหนือภายใต้สนามแม่เหล็กของโลก วิธีนี้จะประหยัดพลังงานมากกว่า แต่จะมีความแม่นยำน้อยกว่าการใช้ Reaction Wheel

นอกจากระบบควบคุมการทรงตัวของยานที่ใช้ Reaction Wheel หรือสนามแม่เหล็กแล้ว เรายังสามารถใช้เครื่องยนต์จรวดเล็ก ๆ ในการควบคุมการหมุนของยานได้อีก โดยการปล่อยเชื้อเพลิงจรวดผ่านเครื่องยนต์เพื่อสร้างการหมุน วิธีนี้จะสามารถสร้างแรงบิดได้สูงกว่าสองวิธีแรกแต่ต้องแลกกับการสูญเสียเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถทดแทนได้อีก ระบบทั้งสองนี้จึงมักจะทำงานร่วมกัน เรียกว่า Reaction Control System (RCS)

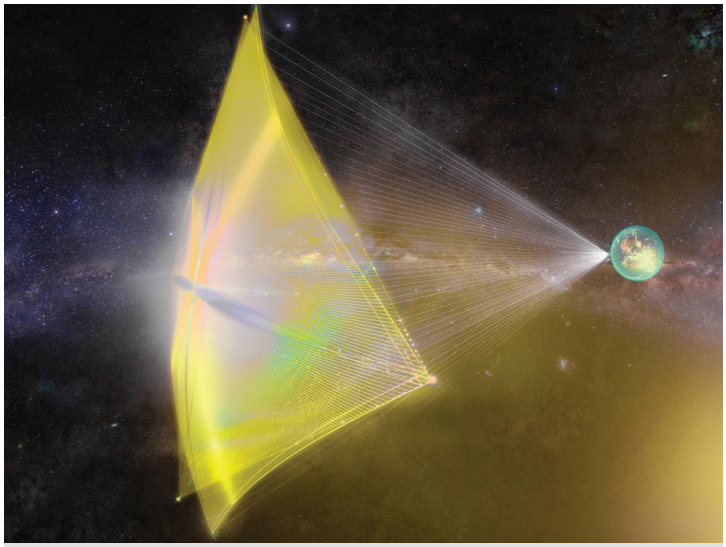
2. ส่วนขับดันยานอวกาศ (Spacecraft Propulsion) การปรับความเร็วในการโคจรของยานอวกาศสามารถนำระบบ Reaction Control System ที่ใช้ในการหมุนมาประยุกต์ได้ โดยใช้เครื่องยนต์จรวดเล็ก ๆ ที่ติดอยู่รอบยานปล่อยเชื้อเพลิงไปในทิศทางเดียวกันและสมมาตรอยู่รอบ ๆ ศูนย์กลางมวลของยาน เชื้อเพลิงที่ถูกทิ้งไปด้านหลังนี้จะขับดันให้ยานอวกาศเคลื่อนที่ไปด้านหน้า



ภาพถ่าย R-4D เครื่องยนต์ขับดันเคมีที่ใช้ในภารกิจ Apollo
(Credit : Adam Kaningher / flickr)

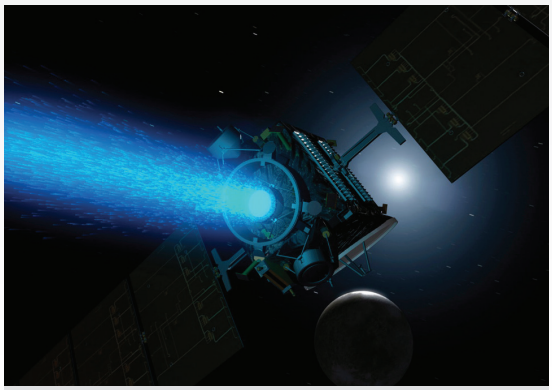
สำหรับดาวเทียมในวงโคจรระดับต่ำที่ต้องเผชิญกับแรงเสียดทานจากชั้นบรรยากาศอยู่ตลอดเวลา เชื้อเพลิงที่เหลืออยู่จึงเป็นขีดจำกัดสำคัญว่าเราจะสามารถคงดาวเทียมเอาไว้ในวงโคจรต่อไปได้อีกนานเพียงใด ทุกครั้งที่มีการขับเคลื่อนดาวเทียมเพื่อหลีกเลี่ยงขยะอวกาศ ย่อมหมายถึงเชื้อเพลิงที่ลดน้อยลง และนอกจากนี้ยังจะต้องสำรองเชื้อเพลิงบางส่วนเอาไว้เพื่อนำดาวเทียมออกจากวงโคจร (Deorbit) ภายหลังจากปลดประจำการอีกด้วย ปริมาณเชื้อเพลิงจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอายุขัยของดาวเทียม

นอกจากนี้ ยังมีการวางแผนระบบขับเคลื่อนที่ใช้โครงสร้างคล้ายร่มชูชีพขนาดใหญ่ เรียกว่า Light Sail ทำหน้าที่เป็นแผงสะท้อนแสงอาทิตย์ คล้ายกับใบเรือที่ขับเคลื่อนยานอวกาศไปด้วยอนุภาคจากดวงอาทิตย์ วิธีนี้แม้จะได้อัตราเร่งที่ค่อนข้างต่ำ แต่ข้อดีคือไม่ต้องสูญเสียมวลเชื้อเพลิงไประหว่างทาง และสามารถสร้างความเร่งได้เป็นระยะเวลานาน อาจจะเป็นวิธีในการส่งยานสำรวจออกไปยังนอกระบบสุริยะในอนาคต รวมถึงมีแนวคิดที่จะยิงแสงเลเซอร์จากภาคพื้นโลกไปสะท้อนยัง Light Sail เพื่อสร้างแรงขับเคลื่อน ในโครงการสำรวจดาวฤกษ์ใกล้เคียง “Breakthrough Starshot” ที่ริเริ่มแนวคิดโดย Yuri Milner, Stephen Hawking, และ Mark Zuckerberg ในปี ค.ศ. 2016



ภาพจำลองโครงการ Breakthrough Starshot (Credit : Breakthrough Initiatives)

หากต้องการส่งยานอวกาศไปให้ไกลที่สุด โดยใช้ปริมาณเชื้อเพลิงน้อยที่สุดต้องทำอย่างไร ?



ภาพจำลองยานอวกาศ Dawn ที่ใช้เครื่องยนต์ไอออน
ในการเดินทางสู่ดาวเคราะห์น้อยเซเรส (Credit : NASA)

หนึ่งในวิธีที่จะสามารถทำได้ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบัน คือ การใช้ “เครื่องยนต์ไอออน” (Ion Engine) ที่ใช้สนามไฟฟ้าในการเร่งประจุของแก๊สให้ไอออนพุ่งออกไปทางด้านหลังด้วยความเร็วสูงถึง 20-50 กิโลเมตรต่อวินาที ในขณะที่เครื่องยนต์จรวดประเภทปฏิกิริยาเคมีจะส่งแก๊สร้อนออกไปด้วยความเร็วเพียง 2.5 กิโลเมตรต่อวินาที นั่นหมายความว่า หากใช้เชื้อเพลิงปริมาณเท่ากัน เครื่องยนต์ไอออนจะสามารถสร้างแรงขับดันให้กับยานอวกาศได้มากกว่าเครื่องยนต์จรวดถึง 10 เท่า นอกจากนี้เครื่องยนต์ไอออนยังอาศัยเพียงไฟฟ้าในการเร่งอนุภาค ซึ่งหากยานอวกาศมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (เช่น แผงโซลาร์เซลล์) ก็ไม่จำเป็นต้องบรรทุกแหล่งกำเนิดพลังงานไปมากกว่านี้แล้ว

ปัจจุบัน เทคโนโลยีเครื่องยนต์ไอออนไม่ได้เป็นเพียงนิยายวิทยาศาสตร์อีกต่อไป เนื่องจากในปี ค.ศ. 2018 ทีมวิศวกรจากสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology, MIT) ได้ประดิษฐ์เครื่องบินพลังงานไอออนขึ้น ซึ่งนับเป็นเครื่องบินลำแรกของโลกที่สามารถบินได้ด้วยตัวเอง นอกจากนี้ยังมียานอวกาศอีกมากที่อาศัยเครื่องยนต์ไอออนในการขับเคลื่อนไปยังจุดหมาย เช่น ยาน Hayabusa และยาน Dawn ฯลฯ

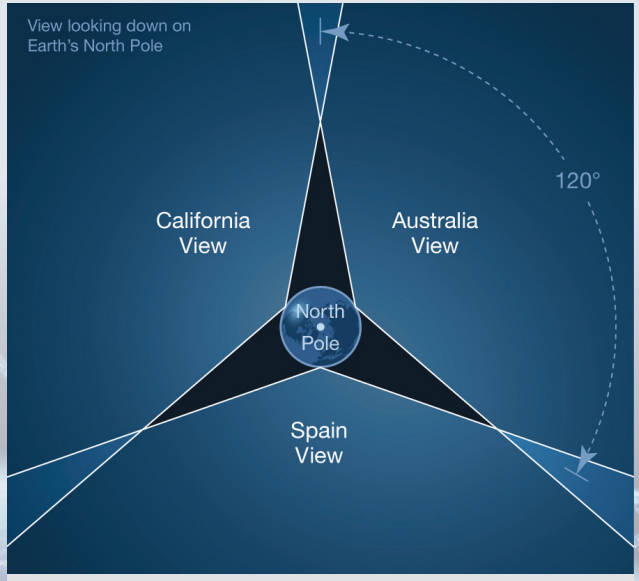
อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์ไอออนก็มีขีดจำกัดเช่นเดียวกัน แม้ว่าจะมีเทคโนโลยีที่สามารถส่งไอออนออกไปด้วยความเร็วที่สูงมาก แต่ก็ยังไม่มีเทคโนโลยีที่จะสามารถส่งไอออนออกไปพร้อมกันในปริมาณที่มากได้ ดังนั้นถึงแม้ว่าพลังงานเชื้อเพลิงต่อกรัมที่ได้จากเครื่องยนต์ไอออนจะสามารถสร้างแรงขับดันได้มากกว่า แต่กลับส่งออกไปได้ในปริมาณที่น้อยกว่าเครื่องยนต์เคมี การที่จะสร้างแรงขับดันในระดับเดียวกันกับเครื่องยนต์เคมีนั้น เครื่องยนต์ไอออนต้องใช้เวลาที่

นานกว่ามาก หากเปรียบเทียบง่าย ๆ ก็คงจะเปรียบเชื้อเพลิงเคมีได้กับระเบิดลูกใหญ่ ๆ ที่แม้จะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง แต่ก็สามารถสร้างแรงระเบิดอันรุนแรงภายในครั้งเดียวได้ ในขณะที่เครื่องยนต์ไอออนนั้นเปรียบได้กับเปลวเทียนดวงเล็ก ๆ ที่สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า แต่ต้องใช้เวลานานกว่าถึงจะได้พลังงานในระดับเดียวกัน

ด้วยเหตุนี้ เครื่องยนต์ไอออนจึงเหมาะกับภารกิจที่ใช้เวลานาน และมีขีดจำกัดทางด้านน้ำหนัก

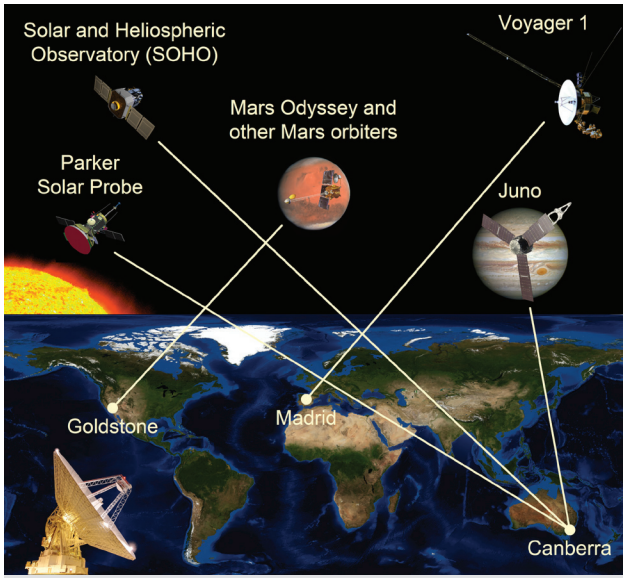
เราติดต่อสื่อสารกับยานอวกาศได้อย่างไร ?

การรับส่งสัญญาณระหว่างยานอวกาศกับสถานีภาคพื้นดิน จำเป็นต้องมีอุปกรณ์รับส่งสัญญาณวิทยุขนาดใหญ่ กระจายตัวอยู่ทั่วโลก เพื่อจะมั่นใจได้ว่าจะสามารถติดต่อสื่อสารกับยานอวกาศได้ตลอดเวลา

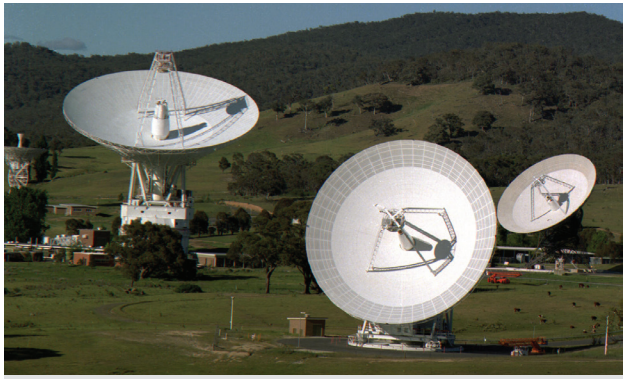


แผนภาพแสดงเครือข่ายจานรับ-ส่งสัญญาณ Deep Space Network ของนาซา ที่กระจายครอบคลุมทุกพื้นที่บนท้องฟ้า สามารถติดตามยานอวกาศได้ตลอด 24 ชั่วโมง Credit : NASA

ยานอวกาศจะส่งภาพถ่าย วิดีโอ และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ มายังอุปกรณ์รับสัญญาณวิทยุขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ ณ สถานีภาคพื้นดิน ทำให้ทราบสถานะของยานอวกาศ รวมถึงใช้ระบุตำแหน่งของยานอวกาศอีกด้วย ขณะเดียวกันนักวิทยาศาสตร์ก็จะใช้อุปกรณ์ดังกล่าวในการส่งชุดข้อมูลคำสั่งไปยังยานอวกาศได้เช่นกัน



แผนภาพแสดงจานรับสัญญาณที่ควบคุมยานอวกาศแต่ละลำ



ภาพจานรับ-ส่งสัญญาณขนาดใหญ่ ณ แคนเบอร์รา ออสเตรเลีย เป็นหนึ่งในเครือข่าย DSN ของนาซา Credit : NASA

NARIT
National Astronomical Research Institute of Thailand
(Public Organization)

ยานอวกาศแต่ละลำมีภารกิจที่ต้องทำมากมาย อุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่ติดตั้งไปกับยานอวกาศ จึงจำเป็นต้องมีขนาดกระทัดรัด น้ำหนักเบา ไม่ใช้พื้นที่มาก และสามารถส่งสัญญาณวิทยุกลับมายังโลกได้ ด้วยเหตุนี้ยานอวกาศจึงถูกจำกัดความสามารถในการส่งสัญญาณกลับมายังโลก

ดังนั้น ในการรับสัญญาณจากยานอวกาศที่อยู่ห่างออกไปหลายล้านกิโลเมตร จำเป็นจะต้องสร้างจานรับสัญญาณที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ยิ่งยานอวกาศอยู่ห่างออกไปเท่าใด ตัวรับสัญญาณที่อยู่บนพื้นโลกก็จะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นตามไปด้วย เพื่อที่จะสามารถรวบรวมสัญญาณวิทยุอ่อน ๆ เหล่านั้นให้ครบถ้วน เช่น จานรับ-ส่งสัญญาณวิทยุของนาซา ในเครือข่าย Deep Space Network มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 34 ไปจนถึง 70 เมตร รวมถึงกล้องโทรทรรศน์วิทยุบางแห่งก็สามารถนำมาใช้รับ-ส่งสัญญาณได้เช่นกัน เช่น กล้องโทรทรรศน์วิทยุ Parkes ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 64 เมตร ที่เป็นส่วนสำคัญในการรับสัญญาณจากภารกิจ Apollo 11 เพื่อถ่ายทอดช่วงเวลาประวัติศาสตร์ของการส่งมนุษย์คนแรกไปยังดวงจันทร์

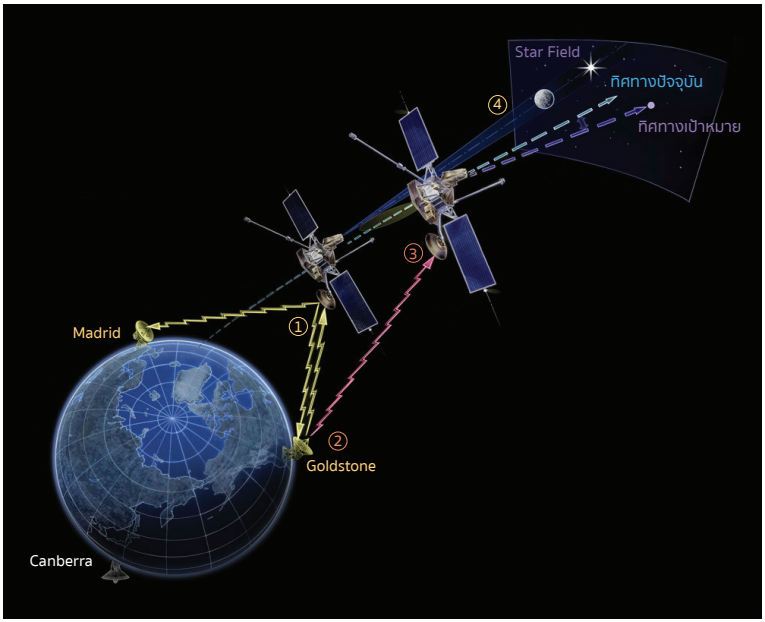
ภาพถ่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุ Parkes ประเทศออสเตรเลีย
(Credit : CSIRO)

นอกจากนี้ คลื่นวิทยุกับแสงที่ตามองเห็นต่างก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกัน ซึ่งมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ในสุญญากาศเท่ากันคือ ประมาณ 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที ดังนั้น ทุก ๆ 300,000 กิโลเมตร สัญญาณจะใช้ระยะเวลาในการเดินทางเพิ่มขึ้น 1 วินาที ตัวอย่างเช่น ยานสำรวจดาวอังคารที่อยู่ห่างออกไปจากโลกประมาณ 200 ล้านกิโลเมตร สัญญาณวิทยุที่ส่งจากโลกจะต้องใช้เวลาเดินทางประมาณ 11 นาที และยานจะส่งสัญญาณตอบสนองกลับมาที่โลกใช้เวลาอีก 11 นาที

ปัจจุบัน ยานอวกาศที่อยู่ไกลออกไปจากโลกของเรามากที่สุดและยังสามารถติดต่อสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดินได้ คือ ยานวอยเอเจอร์ 1 (Voyager-1) ที่ปล่อยออกไปเมื่อปี ค.ศ. 1977 เพื่อศึกษาดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส ดาวเนปจูน และดาวพลูโต และขณะนี้ยานวอยเอเจอร์ 1 อยู่ห่างไกลออกไปจากโลกประมาณ 23,000 ล้านกิโลเมตร ซึ่งสัญญาณคำสั่งที่ส่งไปยังวอยเอเจอร์ 1 จะต้องใช้เวลาเดินทางกว่า 20 ชั่วโมง ยานจึงจะเริ่มตอบสนอง

ภาพถ่ายห้องควบคุมภารกิจสำรวจดาวอังคารที่ NASA JPL สหรัฐอเมริกา (Credit : NASA)

เรารู้ทิศทางของยานอวกาศได้อย่างไร ?



1. สำหรับดาวเทียมที่มีวงโคจรต่ำ จะสามารถใช้ GPS ที่มีวงโคจรสูงกว่าระบุตำแหน่งได้

2. สำหรับยานอวกาศที่กำลังมุ่งหน้าสู่ห้วงอวกาศไกล จะใช้การส่งสัญญาณวิทยุจากจานดาวเทียมบนพื้นโลก และจับเวลาจนกระทั่งได้รับสัญญาณอีกครั้ง เวลาที่ต่างกันที่จานวิทยุแต่ละจานได้รับ จะบอกได้ถึงตำแหน่งของยานอวกาศ

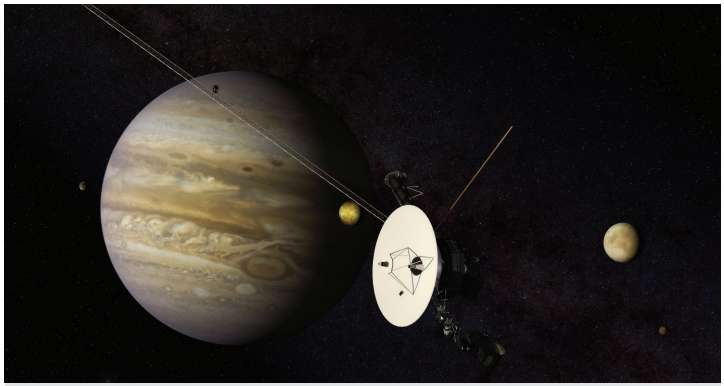
3. นอกจากนี้ จานวิทยุสามารถเทียบตำแหน่งสัญญาณที่ได้รับ เทียบกับตำแหน่งดาวพื้นหลัง และยืนยันกับภาพที่ถ่ายจากยานสำรวจ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่งได้

4. หากตำแหน่งที่คำนวณได้ ไม่เป็นไปตามเส้นทางที่ควรจะเป็น ทีมควบคุมก็จะส่งคำสั่งไปยังยานอวกาศเพื่อปรับทิศทาง

ประเภทของยานอวกาศ

1. ยานบินเฉียด (Flyby)

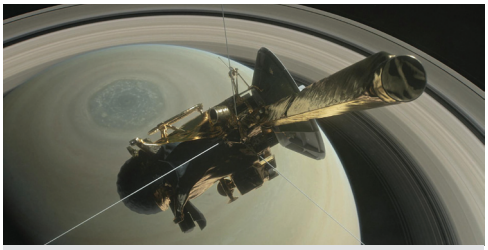
เป็นยานรุ่นแรก ๆ ที่ใช้สำรวจดวงจันทร์หรือดาวเคราะห์ดวงอื่น เช่น ยานลูนา 1 (Luna 1) เฉียดผ่านดวงจันทร์ ยานมารีเนอร์ 4 (Mariner 4) เฉียดผ่านดาวอังคาร ยานไพโอเนียร์ 10 (Pioneer 10) เฉียดผ่านดาวพฤหัสบดี ยานวอยเอเจอร์ 2 (Voyager 2) เฉียดผ่านดาวยูเรนัสและดาวเนปจูน เป็นต้น ยานประเภทนี้จะบินเฉียดใกล้วัตถุเป้าหมายเป็นเวลาสั้น ๆ เพื่อสำรวจวัตถุดังกล่าว แล้วมุ่งหน้าไปยังอวกาศต่อไป หรือเป็นการบินเฉียดเพื่ออาศัยแรงโน้มถ่วงของวัตถุนั้นช่วยเหวี่ยงให้ยานเปลี่ยนวิถีการเดินทางได้



ภาพจำลองยานวอยเอเจอร์ 2 ขณะบินเฉียดดาวพฤหัสบดี (Credit : INHABITAT)

2. ยานโคจรรอบดาว (Orbiter)

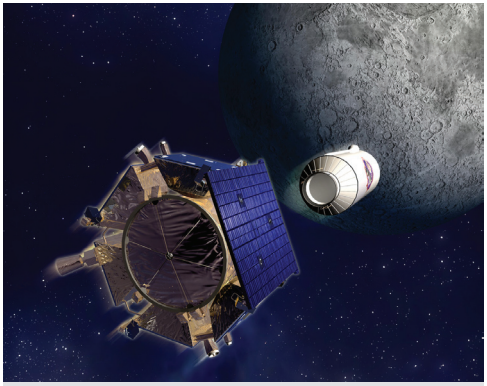
เป็นยานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งไปโคจรรอบวัตถุเป้าหมาย ตัวอย่างเช่น ยานลูนาร์ออร์บิเตอร์ (Lunar Orbiter) ยานกาลิเลโอ (Galileo) ยานแคสสินี (Cassini) ยานจูโน (Juno) เป็นต้น ซึ่งยานประเภทนี้อาจบรรทุกยานลำลูกไปด้วย เพื่อส่งลงสู่พื้นผิวดาวเคราะห์ เช่น ยานไวกิง และยานเทียนเวิ่น-1



ภาพจำลองขณะที่ยานแคสสินีโคจรอยู่เหนือขั้วเหนือของดาวเสาร์ (Credit : NASA)

3. ยานพุ่งชน (Impactor)

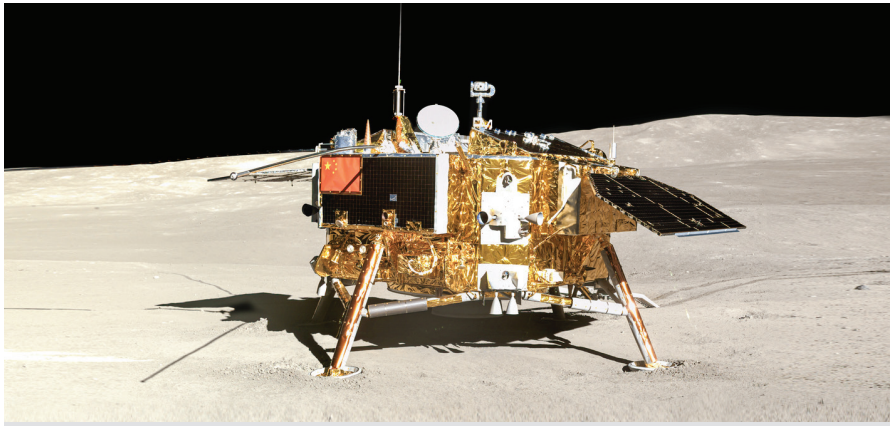
เป็นยานที่มีภารกิจสำหรับพุ่งชนวัตถุเป้าหมายโดยเฉพาะ เพื่อถ่ายภาพพื้นผิววัตถุจากระยะใกล้ในจังหวะก่อนชน เช่น ยานเรนเจอร์ (Ranger) หรือเพื่อทำให้พื้นผิวดาวสาดกระเด็นขึ้นสู่อวกาศ เพื่อศึกษาพื้นผิวชั้นที่อยู่ลึกลงไปของวัตถุเป้าหมาย เช่น ท่อนจรวดเซนทอร์ร่วมกับยาน LCROSS รวมไปถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังเกิดการพุ่งชน เช่น ยานดีปอิมแพกต์ (Deep Impact)



ภาพจำลองยาน LCROSS ปล่อยท่อนจรวดลงพุ่งชนดวงจันทร์ (Credit : NASA)

4.ยานลงจอด (Lander)

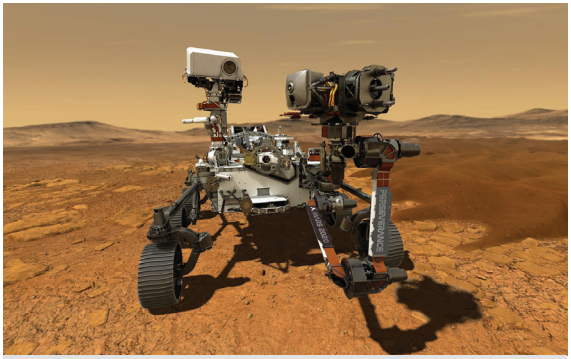
เป็นยานที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ มีภารกิจเพื่อสำรวจพื้นผิวดาว เช่น การถ่ายภาพ สำรวจสภาพอากาศ เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดินและหิน เช่น ยานฟีนิกซ์ (Phoenix) ยานอินไซต์ (InSight) เป็นต้น บางครั้งก็ใช้เป็นฐานปล่อยรถสำรวจลงสู่พื้นผิว เช่น ยานไวกิง (Viking) ยานมาร์สพาทไฟน์เดอร์ (Mars Pathfinder) หรือฉางเอ๋อ (Chang'e) เป็นต้น



ภาพยานฉางเอ๋อ-4 ลงจอดบนพื้นผิวดวงจันทร์ (CSNA/Siyu Zhang/Kevin M. Gill)

5. ยานเคลื่อนที่ได้ (Rover)

เป็นยานสำรวจที่สามารถเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวดาวได้ มีภารกิจเพื่อสำรวจพื้นผิวดาว บริเวณต่าง ๆ เพื่อถ่ายภาพหรือสำรวจธรณีวิทยา ตัวอย่างเช่น คิวรีออซิตี (Curiosity) เพอร์เซเวียแรนส์ (Perseverance) ยวี่ทู่ (Yutu) จู้หรง (Zhurong) เป็นต้น



ภาพจำลองรถสำรวจเพอร์เซเวียแรนส์บนดาวอังคาร (Credit : NASA)

6. ยานสำรวจประเภทอื่น ๆ

อินเจนูอิตี (Ingenuity) เป็นเฮลิคอปเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้สำรวจพื้นที่สามารถออกสำรวจพื้นผิวดาวอังคารเป็นระยะไกลได้

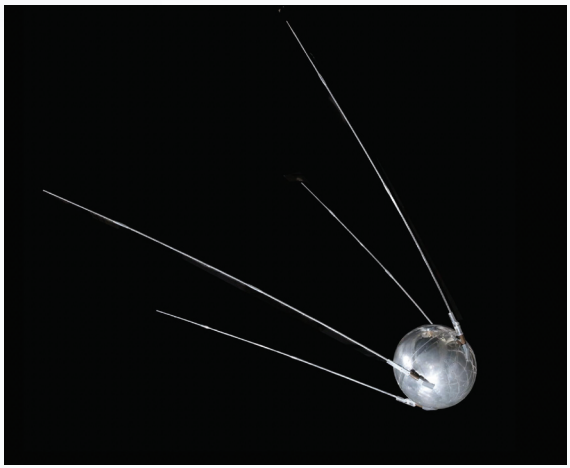
ภาพจำลองอินเจนูอิตีกำลังบินขึ้นจากพื้นผิวดาวอังคาร โดยมีรถสำรวจเพอร์เซเวียแรนส์อยู่ไกลออกไป (Credit : NASA)

บอลลูนของยานเวกา (Vega) ใช้ลอยอยู่ภายในชั้นบรรยากาศของดาวศุกร์เพื่อศึกษาสภาพอากาศในชั้นบรรยากาศระดับสูง

ภาพบอลลูนของยานเวกา ที่อยู่ในห้องทดลองบนโลก Credit : Geoffrey A. Landis

10 เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับการสำรวจอวกาศ (Quick Facts About Space Exploration)

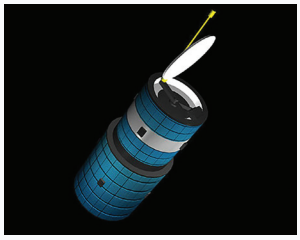
ดาวเทียมดวงแรกของโลก

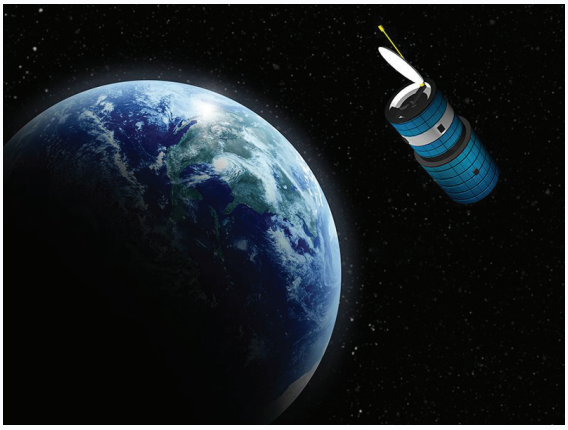


สปุตนิก-1 (Sputnik-1) ดาวเทียมดวงแรกที่ส่งไปโคจรรอบโลกได้สำเร็จในปี ค.ศ. 1957 ของสหภาพโซเวียตหรือประเทศรัสเซีย

ดาวเทียมดวงแรกของไทย

ไทยคม 1 (Thaicom 1) ส่งขึ้นสู่วงโคจรรอบโลกในปี ค.ศ. 1993 มีอายุการใช้งานถึงปี ค.ศ. 2008

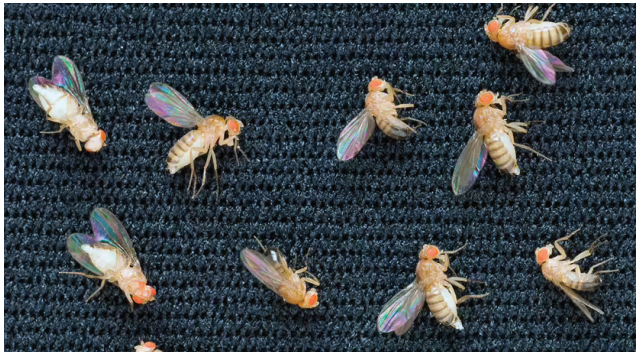




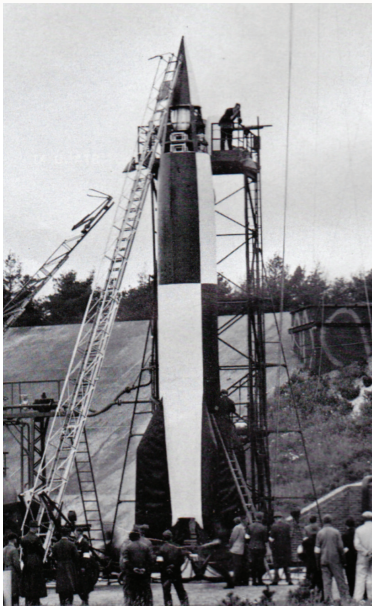
มนุษย์คนแรกที่ออกไปยังอวกาศ

ยูริ กาการิน (Yuri Gagarin) นักบินอวกาศชาวรัสเซีย เป็นมนุษย์คนแรกของโลกที่เดินทางไปถึงอวกาศและกลับมายังโลกได้สำเร็จ ในปี ค.ศ. 1961

สัตว์ชนิดแรกที่ส่งไปยังอวกาศ



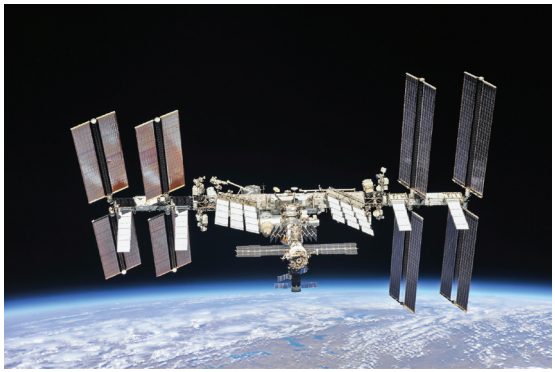
แมลงวันผลไม้ เป็นสัตว์ชนิดแรกที่ถูกส่งไปอวกาศด้วยจรวด V-2 ในปี ค.ศ. 1947 เพื่อทดสอบผลกระทบของรังสีคอสมิก และสภาพแรงโน้มถ่วงน้อย เตรียมพร้อมในการส่งมนุษย์ไปยังอวกาศ



จรวดที่ทรงพลังมากที่สุด

แซทเทิร์น 5 (Saturn V) เป็นจรวดที่ทรงพลังที่สุด มีน้ำหนักรวมเชื้อเพลิง 2.8 ล้านกิโลกรัม และมีความสูง 110 เมตร หรือเทียบเท่ากับตึกสูง 30 ชั้น ใช้งานครั้งแรกในปี ค.ศ. 1967 ในโครงการ Apollo

ยานอวกาศที่ใหญ่และมีน้ำหนักมากที่สุด



สถานีอวกาศนานาชาติ (International Space Station) หรือ ISS ส่งขึ้นไปโคจรรอบโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 มีขนาดประมาณ 130 x 70 เมตร หรือเทียบเท่ากับสนามฟุตบอล และมีมวลรวมประมาณ 420,000 กิโลกรัม ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อทำการทดลองในสภาพแรงโน้มถ่วงน้อย ปัจจุบันมีการทดลองเกิดขึ้นบนสถานีอวกาศนานาชาติแล้วกว่า 3,000 การทดลอง

ยานอวกาศที่เดินทางไปไกลมากที่สุด

วอยเอเจอร์ 1 (Voyager 1) ส่งขึ้นสู่อวกาศตั้งแต่ปี ค.ศ. 1977 อยู่ห่างออกไปจากโลกเป็นระยะทางกว่า 23,000 ล้าน กิโลเมตร (ข้อมูลปี ค.ศ. 2021)

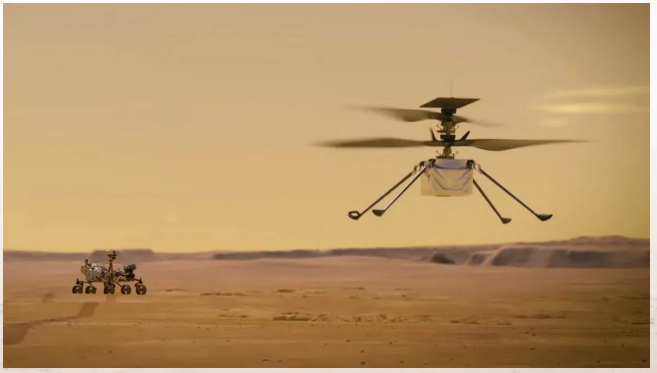
ยานอวกาศที่เคลื่อนที่เร็วที่สุด

พาร์กเกอร์ โซลาร์ โพรบ (Parker Solar Probe) ยานสำรวจดวงอาทิตย์ ส่งขึ้นสู่อวกาศในปี ค.ศ. 2018 ช่วงที่โคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์จะมีอัตราเร็วสูงสุดถึง 192 กิโลเมตรต่อวินาที หรือประมาณ 690,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ยานสำรวจดาวเคราะห์ที่มีแผงโซลาร์เซลล์ใหญ่ที่สุด

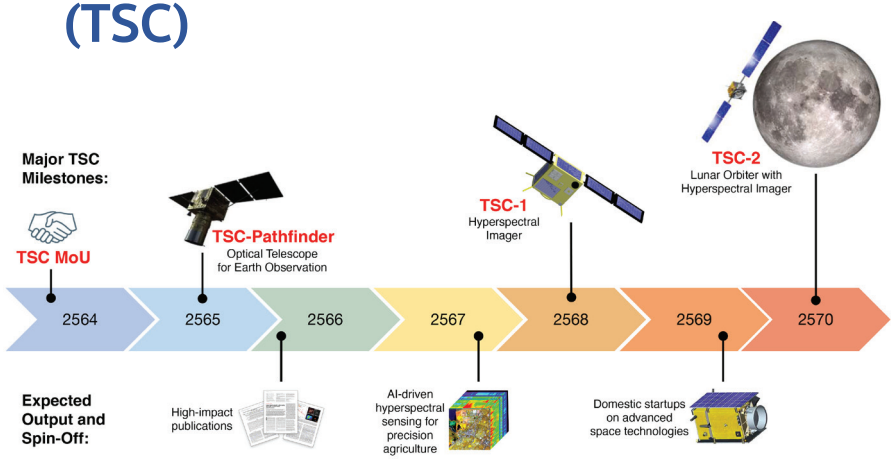
จูโน (Juno) ยานสำรวจดาวพฤหัสบดีส่งขึ้นสู่อวกาศในปี ค.ศ. 2011 มีแผงโซลาร์เซลล์ขนาดใหญ่ จำนวน 3 แผง แต่ละแผงมีขนาด 2.7 x 8.9 เมตร

เฮลิคอปเตอร์ลำแรกบนดาวเคราะห์ดวงอื่น



อินเจนูอิตี (Ingenuity) เฮลิคอปเตอร์ขนาดเล็กที่ส่งไปสำรวจดาวอังคารพร้อมกับรถสำรวจเพอร์เซเวียแรนส์ (Perseverance) ลงจอดดาวอังคารเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2021

โครงการ Thai Space Consortium (TSC)



ภาคีความร่วมมืออวกาศไทย (Thai Space Consortium) หรือ TSC คือ การผนึกกำลังของหน่วยงานวิทยาศาสตร์ชั้นนำ และสถาบันอุดมศึกษา 12 หน่วยงาน ภายใต้กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยมี NARIT เป็นผู้ประสานงานหลัก เพื่อสร้างดาวเทียมวิจัยวิทยาศาสตร์ ด้วยกำลังคนและเทคโนโลยีในประเทศ

ดาวเทียมดวงแรกที่ภาคีฯ จะสร้างขึ้น คือ TSC-1 จะใช้สำรวจพื้นโลกตลอดช่วงคลื่นที่ตามองเห็นด้วยเทคนิค Hyperspectral Imaging ที่บันทึกทั้งภาพและสเปกตรัมของผิวโลกไปพร้อม ๆ กัน เพื่อการวิเคราะห์ทางภูมิศาสตร์ในหลากหลายมิติ และถัดมาอีกหนึ่งหมุดหมายสำคัญของภาคีฯ คือ ดาวเทียม TSC-2 ที่มีอุปกรณ์วิจัยหลักคือ Hyperspectral Imager เช่นเดียวกับ TSC-1 แต่เพิ่มระบบขับดันให้ดาวเทียมเดินทางออกจากวงโคจรของโลกเพื่อไปโคจรรอบดวงจันทร์ได้ ทั้ง TSC-1 และ TSC-2 จะส่งขึ้นสู่อวกาศโดยใช้บริการกับหน่วยงานต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันมีหลากหลายประเทศที่มีความสามารถในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศได้อย่างปลอดภัย

ปัจจุบัน ทีมผู้พัฒนาดาวเทียม TSC กำลังคิดค้นและพัฒนาอุปกรณ์โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญในประเทศ เพื่อให้ดาวเทียม TSC สามารถขึ้นสู่วงโคจรโลกได้อย่างปลอดภัย และสามารถปฏิบัติภารกิจตามวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น ระบบระบุวิถีวงโคจรและควบคุมทิศทาง (ADCS) ระบบผลิตและจัดการไฟฟ้า ระบบสื่อสารกับศูนย์ควบคุมบนโลกและประมวลผลข้อมูล เป็นต้น และวางเป้าหมายไว้ว่าภายในปี พ.ศ. 2565 ดาวเทียม TSC-Pathfinder ซึ่งเป็นดาวเทียม

ต้นแบบจะสำเร็จลุล่วง และสามารถส่งขึ้นสู่อวกาศได้สำเร็จ เป็นการนำร่องไปสู่ดาวเทียม TSC-1 ที่คาดว่าจะส่งขึ้นสู่อวกาศได้สำเร็จภายในปี พ.ศ. 2568 และดาวเทียม TSC-2 จะสามารถส่งขึ้นสู่อวกาศและมุ่งหน้าไปโคจรรอบดวงจันทร์ได้สำเร็จภายในปี พ.ศ. 2570

นอกจากนี้ NARIT ยังมีอีกหนึ่งโครงสร้างพื้นฐานสำคัญ นั่นคือ หอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติ ที่มีกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร ตั้งอยู่ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ที่นอกจากจะใช้ในการศึกษาวัตถุทางดาราศาสตร์แล้วยังใช้เป็นระบบรับ-ส่งสัญญาณภาคพื้นเพื่อติดต่อสื่อสารกับยานอวกาศที่อยู่ห่างไกลออกไปมาก ๆ ได้ ซึ่งจะรองรับการติดต่อสื่อสารกับดาวเทียม TSC-2 ในระหว่างเดินทางไปโคจรรอบดวงจันทร์

การสร้างดาวเทียมเองในประเทศ เป็นการยกระดับศักยภาพการแข่งขันของชาติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ที่สามารถเทียบวัดกับชาติอื่น ๆ ได้ชัดเจน ในรูปแบบดาวเทียมและอวกาศยานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นโดยลำดับ ผลักดันให้เกิดการสร้างกำลังคนที่มีทักษะความเชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ภาคเอกชน สร้างงานวิศวกรรมขั้นสูงในประเทศ การลงทุนด้านอวกาศของประเทศโดยภาครัฐจะเหนี่ยวนำให้เกิดห่วงโซ่อุปทานใหม่ในประเทศ เป็นการบ่มเพาะระบบนิเวศเทคโนโลยีอวกาศไทย ที่เมื่อเติบโตขึ้นอย่างมั่นคง จะก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มพลอยได้เป็นผลกระทบวงกว้างสู่ภาคอุตสาหกรรมอื่น ๆ นอกเหนือจากอุตสาหกรรมอวกาศ

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization)

สำนักงานใหญ่ : อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร
เลขที่ 260 หมู่ 4 ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180
โทรศัพท์ : 0-5312-1268-9 โทรสาร : 0-5312-1250

สำนักงานประสานงาน กรุงเทพฯ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
ชั้น 2 เลขที่ 75/47 กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ซอยโยธี ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ : 0-2354-6652 โทรสาร : 0-2354-7013

หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา
เลขที่ 999 หมู่ 3 ต.วังเย็น อ.แปลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา 24190
โทรศัพท์ : 0-3858-9395 โทรสาร : 0-3858-9396 มือถือ : 084-0882264

หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา
เลขที่ 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ : 0-4421-6254 โทรสาร : 0-4421-6255

หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา
เลขที่ 79/4 หมู่ 4 ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000
โทรศัพท์ : 0-7430-0868 โทรสาร : 0-7430-0867

NATIONAL ASTRONOMICAL RESEARCH
INSTITUTE OF THAILAND
(PUBLIC ORGANIZATION)

E-mail : info@narit.or.th • www.NARIT.or.th