

บีพจน์ ทรายเพชร
ผู้เชี่ยวชาญด้านดาราศาสตร์ของ สสวท.
ราชบัณฑิต

แรงโน้มถ่วง

แรงธรรมชาติ

แรงโน้มถ่วง เป็นแรงธรรมชาติชนิดหนึ่งซึ่งเป็นแรงระยะยาว หมายความว่าแม้ระยะระหว่างกันจะยาวมากเช่น โลกกับดวงอาทิตย์ก็ยังมีแรงนี้อยู่ ส่วนแรงธรรมชาติอีก 2 แรง เป็นแรงระยะสั้น มีอยู่ภายในนิวเคลียสของธาตุ (ส่วนที่เป็นแก่นกลางของอะตอม) ได้แก่ แรงนิวเคลียร์อย่างเข้ม (strong nuclear force) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับนิวตรอนภายในนิวเคลียสของอะตอม หรือแรงดึงดูดระหว่างควาร์กภายในโปรตอน หรือภายในนิวตรอน และแรงนิวเคลียร์อย่างอ่อน (weak nuclear force) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี ส่วนแรงแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นแรงระยะไกลที่เกิดระหว่างประจุไฟฟ้าหรือขั้วแม่เหล็กเป็นทั้งแรงดึงดูด (ระหว่างประจุต่างกัน หรือต่างขั้วกัน) และแรงผลัก (ระหว่างประจุไฟฟ้าที่เหมือนกัน หรือขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกัน) เช่น แรงระหว่างนิวเคลียสประจุบวกกับอิเล็กตรอนประจุลบ เป็นแรงไฟฟ้าที่ทำให้อิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียสกลายเป็นอะตอมของธาตุ



Sir Isaac Newton ผู้ค้นพบกฎแรงโน้มถ่วง

มาจากรูป: <http://www.aerospaceweb.org/question/history/newton/newton.jpg>

ISS นิวเคลียร์อย่างเข้มและแรงแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเป็นแรงที่มีอยู่ภายในอะตอมของธาตุ ซึ่งเล็กมากเกินกว่าจะมองเห็นด้วยตาเปล่า แต่แรงโน้มถ่วงเป็นแรงดึงดูดที่สำคัญที่ทำให้โลกกลม ทำให้วัตถุไม่หลุดออกจากโลก ทำให้เกิดเป็นระบบดวงดาว เช่นเกิดระบบโลก-ดวงจันทร์ เกิดระบบของดาวพฤหัสบดีและบริวาร เกิดระบบสุริยะ เกิดระบบดาวแฝด เกิดระบบของดาวฤกษ์จำนวนมากที่เรียกว่า กาแล็กซี เกิดกระจุกของกาแล็กซี นอกจากนี้แรงโน้มถ่วงยังทำให้อวกาศโค้งบิดเบี้ยวจนแสงที่ผ่านใกล้เดินทางเป็นเส้นโค้ง เสมือนเกิดเลนส์นูนแรงโน้มถ่วง ทำให้เนบิวลากลายเป็นดาวฤกษ์ และทำให้ดาวชนกัน นักดาราศาสตร์พบว่าวัตถุที่มีแรงโน้มถ่วงสูงยิ่งในธรรมชาติ คือ หลุมดำ ซึ่งไม่มีสิ่งใดหลุดลอดออกจากหลุมดำได้แม้แต่แสงสว่าง ปรากฏการณ์แรงโน้มถ่วงจึงเป็นปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้ และเกี่ยวข้องกับสิ่งที่อยู่ห่างไกลกันมากจนต้องใช้กล้องโทรทรรศน์ในการส่องสำรวจ

ผู้ค้นพบกฎแรงโน้มถ่วง

มีเรื่องเล่าว่า ขณะที่ไอแซก นิวตัน (พ.ศ. 2185 - 2270) นั่งคิดอยู่ใต้ต้นแอปเปิลหลังบ้านที่ วูลสโทรพ ลินคอล์นไชร์ (Woolsthorpe, Lincolnshire) กรุงลอนดอน แอปเปิลลูกหนึ่ง หล่นจากต้นเฉียดศีรษะนิวตัน ซึ่งขณะนั้นอายุ 23 ปี เขาจึงสรุปว่าต้องมีแรงมาทำให้แอปเปิลหล่นลงสู่พื้นดินแน่ ๆ และแรงนั้นเรียกว่า แรงโน้มถ่วง เขาสรุปกฎแรงโน้มถ่วงด้วยความกล้าหาญว่าแรงโน้มถ่วงเป็นแรงดึงดูด ระหว่างวัตถุมวลสาร m กับ มวลสาร M ซึ่งอยู่ห่างกัน r จะมีค่าเท่ากับ GmM / r^2 เมื่อ G เป็นค่าคงที่สากลของแรงโน้มถ่วง ($G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$ เมื่อสัญลักษณ์ของหน่วยมีความหมายดังนี้

- N เป็นหน่วยของแรงเรียกว่า นิวตัน
- m เป็นหน่วยของความยาวหรือระยะทางเรียกว่า เมตร
- kg เป็นหน่วยของมวลเรียกว่า กิโลกรัม

การค้นพบกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดพัฒนาการด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี นำไปสู่การก่อสร้างจรวดที่พาดาวเทียมออกไปโคจรรอบโลกได้เป็นต้น



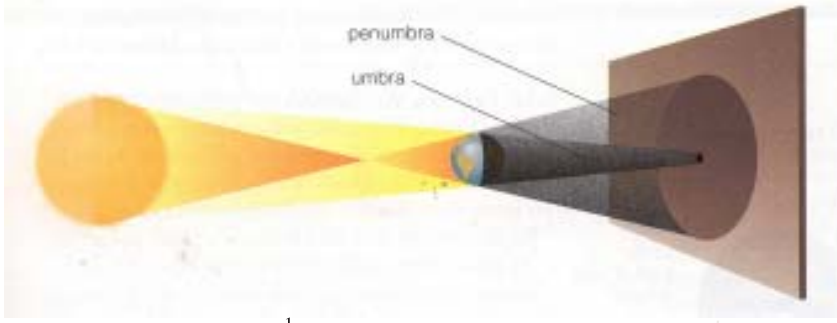
พอลูกโคจรเมื่อดูจากสถานีอวกาศนานาชาติ



โลกเมื่อมองจากดวงจันทร์

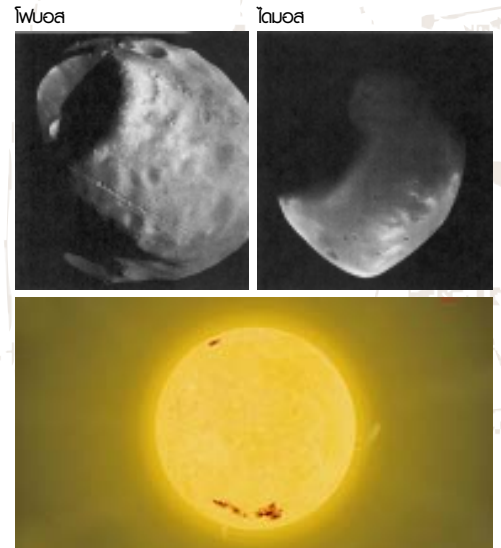
แรงโน้มถ่วงทำให้โลกกลมและทำให้สรรพสิ่งบนโลกไม่หลุดลอยออกไปจากโลก

โลกมีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับตัวเรา ดังนั้นเมื่ออยู่บนพื้นโลกจึงเห็นว่าโลกแบน แต่เมื่อขึ้นไปสูง ๆ ไกลจากผิวโลกขึ้นไปเป็นร้อยกิโลเมตรจะเห็นว่าผิวโลกโค้งลง และเมื่อไปอยู่ในสถานอวกาศนานาชาติ ซึ่งโคจรอยู่สูงประมาณ 500 กิโลเมตรจะเห็นผิวโลกโค้งมากขึ้นและเราจะเห็นโลกกลม เมื่อเราอยู่ไกลจากโลกมากกว่านี้ เช่น อยู่บนดวงจันทร์ ซึ่งอยู่ห่างโลกประมาณ 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก มนุษย์อวกาศที่ไปสำรวจดวงจันทร์ได้เห็นโลกกลมดังภาพเพราะโลกมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวโดยเฉลี่ย 12,742 กิโลเมตร เราจึงต้องออกไปไกลจากโลกหลายเท่าของระยะนี้จึงจะเห็นโลกกลมได้

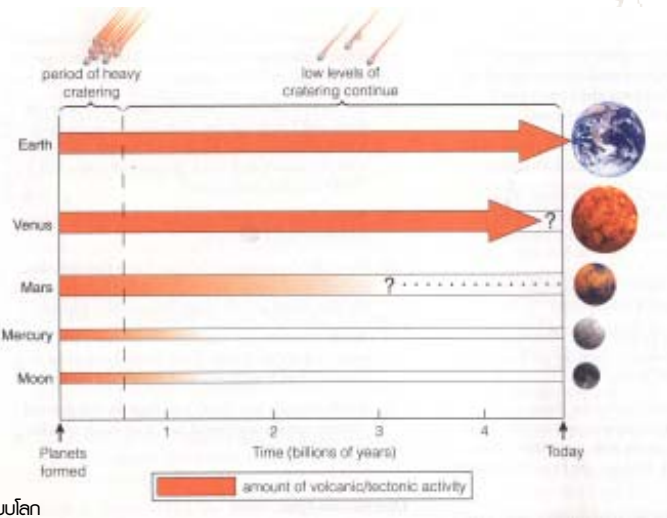


ดวงจันทร์สลับผ่านศูนย์กลางประมาณ $\frac{1}{4}$ ของโลก

โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งที่มีขนาดกลาง ๆ คือมีดาวเคราะห์ที่ใหญ่กว่าโลก 4 ดวง และเล็กกว่าโลก 4 ดวง แต่ละดวงมีลักษณะกลม แม้ดวงเล็กที่สุด คือ **ดาวพลูโต** ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 2,309 กิโลเมตรก็กลม บริวารของดาวพลูโตชื่อ **คารอน** มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,190 กิโลเมตร ก็มีลักษณะกลม บริวารขนาดใหญ่ของดาวเคราะห์ เช่น ดวงจันทร์ของโลก (เส้นผ่านศูนย์กลาง 3,475 กิโลเมตร) ดวงจันทร์บริวารขนาดใหญ่ของดาวพฤหัสบดีมี 4 ดวง คือ ไอโอ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 3,643 กิโลเมตร) ยูโรปา (เส้นผ่านศูนย์กลาง 3,122 กิโลเมตร) แกนีมีด (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5,262 กิโลเมตร) และคัลลิสโต (เส้นผ่านศูนย์กลาง 4,820 กิโลเมตร) ส่วน ไททัน (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5,550 กิโลเมตร) ซึ่งเป็นดวงจันทร์ของดาวเสาร์ ก็มีลักษณะกลม แต่บริวารขนาดเล็ก เช่น โฟบอส (เส้นผ่านศูนย์กลาง 22 กิโลเมตร) และ ไดมอส (เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 กิโลเมตร) ของดาวอังคารมีลักษณะไม่กลม สำหรับใจกลางห้วงดาวหางมักมีรูปร่างไม่กลม เช่น ใจกลางห้วงดาวหางฮัลเลย์มีรูปร่างคล้ายมันฝรั่งยาว 15 กิโลเมตร กว้าง 8 กิโลเมตร เป็นต้น



ดวงอาทิตย์



ดาวเคราะห์แบบโลก



ดาวเคราะห์ยักษ์

ดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ เป็นก้อนแก๊สร้อนขนาดมหึมาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 109 เท่าของโลก ก็มีลักษณะกลม สิ่งที่มีมวลไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่ล้วนมีแรงโน้มถ่วงทั้งสิ้น วัตถุมวลมากมีแรงโน้มถ่วงมากกว่าวัตถุมวลน้อย วัตถุมวลมากจึงมีแรงโน้มถ่วงมุ่งสู่ศูนย์กลางทำให้วัตถุกลม แต่วัตถุนี้จะต้องใหญ่พอสมควรโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณอย่างน้อย 400 กิโลเมตร แรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดสรรพสิ่งบนโลกรวมทั้งบรรยากาศเข้าสู่ศูนย์กลาง ทำให้สิ่งเหล่านี้ไม่หลุดออกไปจากโลก ขณะโลกหมุนรอบตัวเองและเคลื่อนรอบดวงอาทิตย์ทุกสิ่งทุกอย่างที่โลกดึงไว้บนโลก แม้บรรยากาศก็เคลื่อนที่ไปด้วย แต่วัตถุที่ไหลได้ เช่น น้ำและบรรยากาศ อาจเปลี่ยนตำแหน่งได้เมื่อเทียบกับพื้นดินในขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง เช่นเดียวกับสิ่งอื่นๆ ซึ่งเคลื่อนที่บนพื้นดินหรือในบรรยากาศ เครื่องบินไอพ่นที่บินด้วยความเร็วสูงยังบินอยู่ในโลก ต้องลงจอดที่สนามบินแห่งใดแห่งหนึ่ง จรวดข้ามทวีปมีความเร็วสูงกว่าเครื่องบินไอพ่นก็ยังคงตกสู่พื้นดิน แต่**จรวดแอดลัส** ที่มีดาวเทียมติดอยู่บริเวณหัวจรวดเวลาพุ่งขึ้นด้วยความเร็ว 29,160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 8.10 กิโลเมตรต่อวินาที จะสามารถพาดาวเทียมขึ้นไปได้สูง

322 กิโลเมตรเหนือผิวโลก ก็ยังมีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำอยู่ ดาวเทียมจึงตกอย่างอิสระ ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกนี้ ซึ่งน้อยกว่าแรงโน้มถ่วงที่ผิวโลก ทั้งนี้เพราะดาวเทียมมวล m เวลาอยู่ห่างจุดศูนย์กลางของโลกเป็นระยะทาง $R + h$ (เมื่อ R เป็นรัศมีของโลกและ h เป็นความสูงของดาวเทียม) ทำให้แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อดาวเทียมเป็น $GMm / (R+h)^2$ ซึ่งน้อยกว่า GMm / R^2

ถ้า v เป็นความเร็วของดาวเทียมขณะโคจรรอบโลก ที่ความสูง h ความเร็วของดาวเทียมเข้าสู่ศูนย์กลางของโลกจะเป็น $v^2 / (R+h)$ เมื่อเอามวล m คูณ ก็จะเป็นแรง $mv^2 / (R+h)$ เท่ากับ แรงที่โลกดึงด้วยแรงโน้มถ่วงข้างต้น

ดังนั้นอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ เราจึงหาได้ว่า

$$GMm / (R+h)^2 = mv^2 / (R+h) \quad \text{เมื่อ} \quad M = 5.974 \times 10^{24} \text{ กิโลกรัม}$$

$$R = 6371 \text{ กิโลเมตร}$$

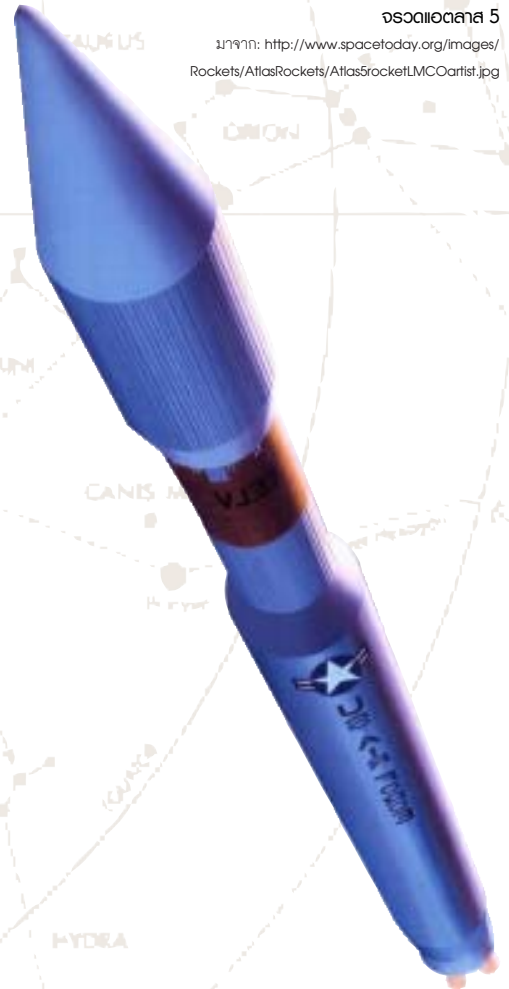
$$h = 322 \text{ กิโลเมตร}$$

$$v = 7.72 \text{ กิโลเมตร / วินาที}$$

เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงไปจะได้

และนี่คือความเร็วของดาวเทียมที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบโลกที่ระดับสูง 322 กิโลเมตร ด้วยความเร็วนี้ดาวเทียมจึงเคลื่อนรอบโลกรอบละ 1 ชั่วโมง 30.8 นาที (ทั้งนี้เพราะดาวเทียมเคลื่อนด้วยความเร็ว 7.72 กิโลเมตร/วินาที รอบโลกเป็นระยะทาง $2\pi(R + h)$ หรือ 42,053.3 กิโลเมตรต่อ 1 รอบ $42,053.3 / 7.72 = 5,447.32$ วินาที $= 1$ ชั่วโมง 30.8 นาที

โปรดสังเกตว่า ความเร็วของจรวดที่พุ่งขึ้นจากผิวโลกเพื่อนำดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจร กับความเร็วขณะเคลื่อนที่ในวงโคจรไม่ใช่ความเร็วเดียวกัน ความเร็วของจรวดที่พุ่งขึ้นจากผิวโลกจะต้องมากขึ้นเวลาต้องส่งดาวเทียมสูงขึ้น แต่ความเร็วในวงโคจรจะลดลงตามความสูง เช่น ถ้าต้องส่งดาวเทียมสื่อสารขึ้นจากผิวโลกจะต้องใช้จรวดที่มีความเร็วสูงถึง 10.8 กิโลเมตรต่อวินาที หรือ 38,880 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำให้ดาวเทียมขึ้นไปได้สูง 35,880 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก และดาวเทียมโคจรรอบโลกด้วยความเร็วเพียง 3.07 กิโลเมตรต่อวินาที จึงวนรอบโลกโดยใช้เวลารอบละ 24 ชั่วโมง ซึ่งเร็วเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลกและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน ดาวเทียมสื่อสารจึงปรากฏอยู่เหนือที่เดิมของโลกตลอดเวลา ทำให้สะดวกต่อการรับสัญญาณดาวเทียมจากสถานีบนพื้นโลกโดยปรับสายอากาศเพียงเล็กน้อย



จรวดเอตลัส 5

มาจาก: <http://www.spacefoday.org/images/Rockets/AtlasRockets/Atlas5rocketLMCOartist.jpg>



ดาวเทียมไทยคม

มาจาก: <http://www.thaicom.net/social/museum/images/IPSTAR2.jpg>