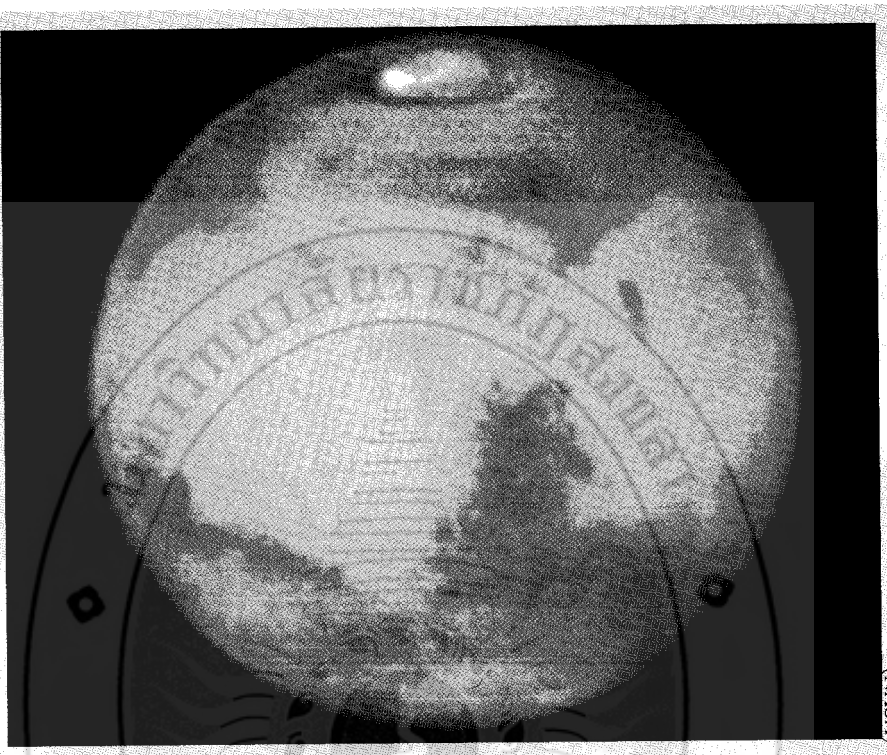
เมื่อดาวอังคารใกล้โลก

เฉลิมชนม์ วรรณทอง*

ดาวอังคารกับความเชื่อ ชาวกรีกสมัยโบราณได้สังเกตเห็นดาวอังคารเป็นดาวสีแดง จึงมีความเชื่อว่าสีแดงของดาวอังคาร คือเลือดของนักรบชาวกรีกที่เสียชีวิตในสงครามและได้ขึ้นไปจุติบนท้องฟ้า จึงเรียกดาวอังคารว่า *เทพเจ้าแห่งสงคราม* หรือ *MARS* หรือ *RED PLANET*

สำหรับคนไทยซึ่งรับวัฒนธรรมความเชื่อทางด้านดาราศาสตร์และโหราศาสตร์ มาจากลัทธิพราหมณ์ของอินเดีย ดังนั้นจึงพบว่าชื่อของดาวเคราะห์ทุกดวง มีรากศัพท์มาจากภาษาบาลีสันสกฤต คำว่า *อังคาร* เพี้ยนมาจากคำว่า *มงกาล* (Mangala) หรือ *มงคล* เป็นเทพแห่งสงคราม (ความเชื่อตรงกับกรีกโบราณ) โดยพระอิศวรเป็นผู้สร้างขึ้นจากกระบือ 8 ตัว โดยร่ายพระเวทให้กระบือ 8 ตัวละเอียดเป็นผง แล้วห่อด้วยผ้าสีแดงหลัว จากนั้นประพรมด้วยน้ำอมฤตบังเกิดเป็น *พระอังคาร*

*อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาฟิสิกส์ สถาบันราชภัฏสงขลา



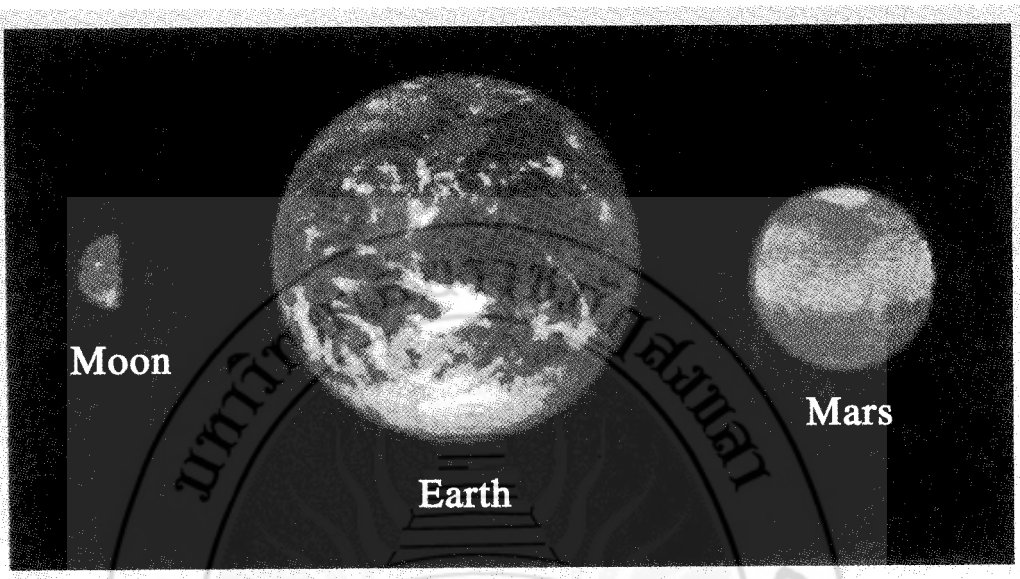
(NASA)

รูปดาวอังคารที่ถ่ายโดยกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล (CNN.com)

ข้อมูลจำเพาะทางวิทยาศาสตร์ของดาวอังคาร ดาวอังคารเป็นดาวเคราะห์ลำดับที่ 4 ในระบบสุริยะถัดจากโลก (โลกเป็นดาวเคราะห์ลำดับที่ 3) สีแดงของดาวอังคารที่เราเห็นนั้นเนื่องจากพื้นผิวของดาวอังคารประกอบด้วยอ๊อกไซด์ของเหล็ก (สนิมเหล็ก) จำนวนมหาศาล ลักษณะพื้นผิวของดาวอังคารจัดเป็นของแข็ง มีเครเตอร์ (หลุมอุกาบาต) มากมายเหมือนกับพื้นผิวดวงจันทร์ของโลก ดาวอังคารมีดาวบริวาร 2 ดวง คือ ***Deimos*** แปลว่า *"ความวิตก"* กับ ***Phobos*** แปลว่า *"ความกลัว"* ดาวทั้งสองดวงถูกค้นพบในปี พ.ศ.2420 โดย ***Asaph Hall*** แห่งหอดูดาวสหรัฐนาวี

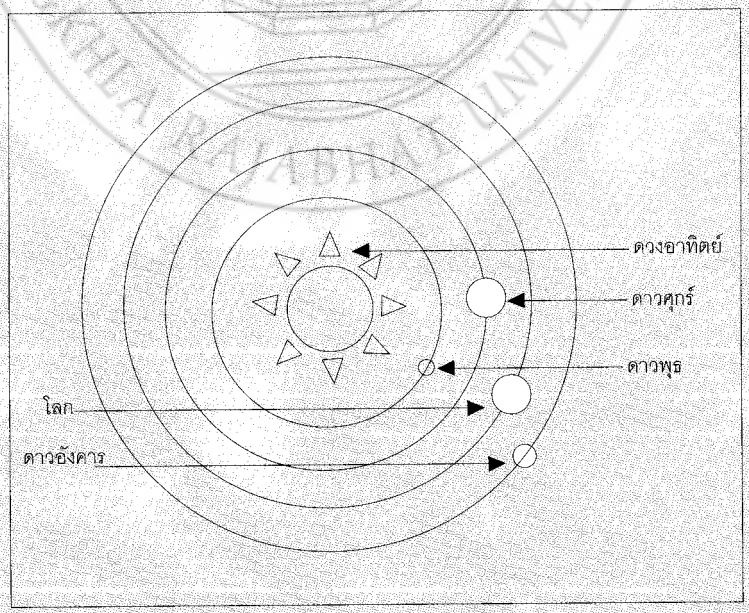
ตารางแสดงข้อมูลจำเพาะของดาวอังคาร

ระยะห่างจากดวงอาทิตย์	**ใกล้สุด 206.7 ล้านกิโลเมตร** **ไกลสุด 249.1 ล้านกิโลเมตร** **โดยเฉลี่ย 227.94 ล้านกิโลเมตร**
คาบการหมุนรอบตัวเอง	24 ชั่วโมง 37 นาที 22.6 วินาที
คาบการหมุนรอบดวงอาทิตย์	686.98 วันบนโลก
ความเร็วในการโคจร	24.1 กิโลเมตรต่อวินาที
แกนเอียงเทียบกับระนาบโคจร	23.59 องศา
มวล	6.421 x 10^{23} กิโลกรัม (0.107 เท่าของโลก)
เส้นผ่านศูนย์กลาง	6,794 กิโลเมตร (โลก = 12,756 กม. ที่เส้นศูนย์สูตร)
แรงโน้มถ่วง	0.38 เท่าของโลก
อุณหภูมิที่ผิวดาว(บริเวณเส้นศูนย์สูตร)	กลางวันประมาณ 30 องศาเซลเซียส กลางคืนประมาณ −75 องศาเซลเซียส เฉลี่ยทั้งดวง −23 องศาเซลเซียส
ส่วนประกอบของชั้นบรรยากาศดาวอังคาร(สำรวจโดยยานไวกิ้ง)	กาซคาร์บอนไดออกไซด์ 95 % กาซไนโตรเจน 2−3 % กาซอาร์กอน 1−2 % กาซออกซิเจน 0.1−0.4 % ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ 0.01−0.1 %



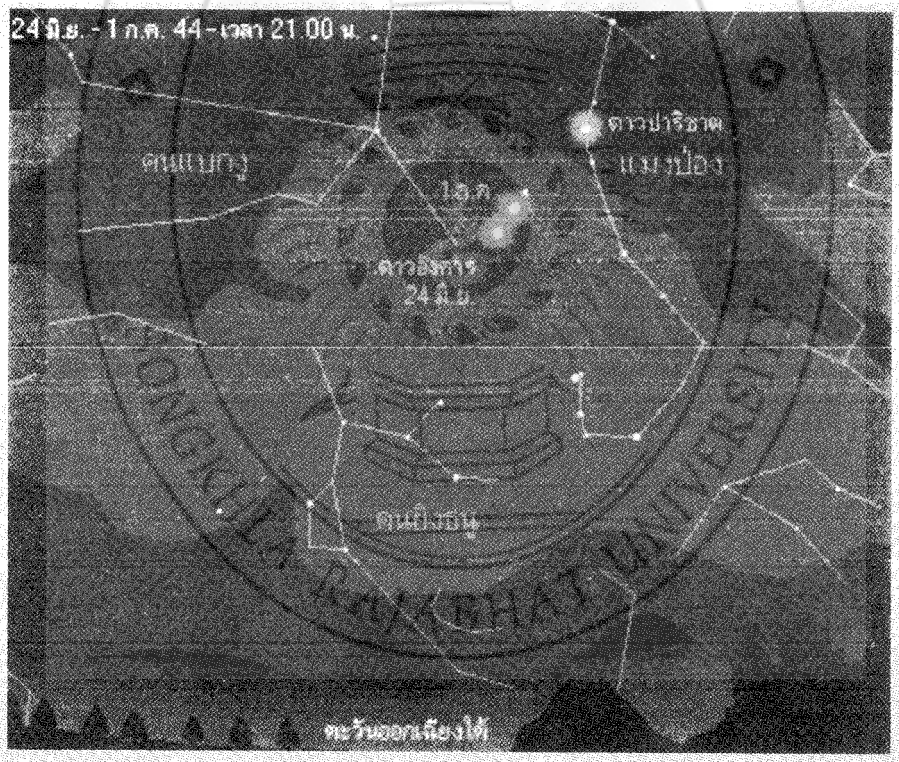
รูปแสดงขนาดของดาวอังคารเมื่อเทียบกับโลกและดวงจันทร์ (Space.com)

สำหรับดาวอังคารขณะนี้กำลังเคลื่อนที่โคจรเข้ามาใกล้โลกมากที่สุดในรอบ 13 ปี ซึ่งดาวอังคารเคยโคจรเข้ามาใกล้โลกมาก ครั้งล่าสุด คือ ปี พ.ศ.2531 ที่ระยะห่างใกล้สุด 59 ล้านกิโลเมตร และในครั้งนี้ วันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ.2544 ดาวอังคารโคจรเข้ามาใกล้โลกที่ระยะห่างใกล้สุด 67.3 ล้านกิโลเมตร และยังจะเคลื่อนที่โคจรเข้าใกล้โลกเรื่อย ๆ จนกระทั่ง *วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ.2546 ดาวอังคารและโลกจะโคจรเข้าใกล้กันมากที่สุดในรอบ 5,000 ปี โดยจะมีระยะห่างใกล้ที่สุด 55.7 ล้านกิโลเมตร*



รูปจำลองแสดงตำแหน่งของดาวอังคารเมื่อโคจรเข้าใกล้โลก (Darasart.com)

การสังเกตดาวอังคาร ดาวอังคารอยู่ในท้องฟ้าตรงกึ่งกลางระหว่างกลุ่มดาวแมงป่องและคนยิงธนู สามารถมองเห็นได้ในท้องฟ้าทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่เวลาประมาณ 19.00 น. หลังดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า มีความสว่างสว่างมากที่สุด แมกนิจูด −2.4 ในวันที่ 14 มิถุนายน เพราะดาวอังคารอยู่ในตำแหน่งตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ ดาวอังคารมีขนาดปรากฏที่ดูด้วยกล้องโทรทรรศน์ค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 20–21 พิลิปดา โดยจะใกล้โลกมากที่สุดในวันที่ 21 มิถุนายน ดาวอังคารจะอยู่สูงสุดบนท้องฟ้าโดยปรากฏสูงอยู่ทางทิศใต้ในเวลาประมาณเที่ยงคืนเศษ และจะคล้อยต่ำลงไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเวลาเช้ามืดของวันใหม่ และขณะนี้ดาวอังคารอยู่ไม่ห่างจากดาวปาริชาต (Antares) ในกลุ่มดาวแมงป่อง หลังจากนี้จะสังเกตดาวอังคารได้ในเวลาหัวค่ำ ซึ่งดาวอังคารจะเคลื่อนที่เข้าสู่กลุ่มดาวคนยิงธนูและแพะทะเล และยังพบว่า ในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึง ต้นเดือนธันวาคมจะสังเกตเห็นดาวอังคาร ได้ประมาณเวลาเที่ยงคืน



รูปแสดงตำแหน่งของดาวอังคารบนท้องฟ้า (ภาพจากสมาคมดาราศาสตร์ไทย)

จากคำถามที่ว่า ในเมื่อดาวอังคารโคจรเข้ามาใกล้โลกมากดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น จะเกิดผลกระทบใดบ้างขึ้นกับโลกของเรา ก็ตอบได้เลยครับว่าไม่มีผลกระทบใด ๆ กับโลกของเราแน่นอน ถึงจะมีก็น้อยมาก ๆ แต่ถ้าจะตอบให้ชัดเจนกว่านี้ก็ขอยกเอางานศึกษาวิจัยอิสระของนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาฟิสิกส์ (ค.บ.ฟิสิกส์) สังกัดโปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสงขลา ที่ได้ทำการศึกษาไว้ในหัวข้อ *"การศึกษาผลของแรงไทดัลที่ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะส่งมากระทำต่อโลกเทียบกับดวงจันทร์และดวงอาทิตย์"* ซึ่ง

เป็นงานวิจัยเอกสารเชิงคำนวณเปรียบเทียบ กับผลงานการศึกษาวิจัยที่ได้เคยทำไว้ ณ ที่ต่างๆ ทั่วโลกและผลการวิจัยเหล่านั้นได้ถูกนำเสนอบนอินเตอร์เน็ต

ต่อไปนี้เป็นรายละเอียดงานการศึกษาวิจัยอิสระ เรื่อง *"การศึกษาผลของแรงไทดัลที่ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะส่งมากระทำต่อโลกเทียบกับดวงจันทร์และดวงอาทิตย์"*

คณะนักศึกษาผู้ทำการศึกษาวิจัยอิสระ

1. น.ส.มัฑทนา	ย้อยดำ	รหัสประจำตัว 414147004	สาขาวิชาฟิสิกส์
2. นายสยมภู	เทพมณีไชย	รหัสประจำตัว 414147014	สาขาวิชาฟิสิกส์
3. น.ส.ณัฐิญา	คาโส	รหัสประจำตัว 414147018	สาขาวิชาฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยอิสระ

อาจารย์เฉลิมชนม์ วรรณทอง

กศ.บ.วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์, วท.ม.การสอนฟิสิกส์ (ASTROPHYSICS)

CERTIFICATE; International School for Young Astronomer 25Th (IAU UNESCO)

1. บทนำ

แรงไทดัลหรือแรงน้ำขึ้น-น้ำลง เป็นสิ่งที่เกิดกับโลกมาช้านานแล้วโดยโลกได้รับอิทธิพลจากดวงจันทร์ แต่เมื่อเราศึกษาต่อไปพบว่า ทั้งดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะได้ส่งแรงไทดัลมากระทำต่อโลกด้วยเช่นกัน จึงเป็นที่น่าสนใจว่าแรงไทดัลจากดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ผลกระทบของแรงไทดัลจากดวงดาวดวงไหนที่จะส่งผลต่อโลกมากที่สุด

ในการศึกษาวิจัยอิสระนี้ได้ทำการศึกษาและคำนวณเปรียบเทียบกับผลงานการวิจัยในต่างประเทศที่ได้ตีพิมพ์งานวิจัยในเรื่องเกี่ยวกับแรงไทดัล ซึ่งได้ทำมาแล้วในที่ต่างๆ และเผยแพร่บนอินเตอร์เน็ต ซึ่งพบว่าแต่ละเล่ม จะได้ผลการคำนวณที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นคณะผู้ทำการวิจัยอิสระจึงได้รวบรวม ศึกษาและคำนวณเปรียบเทียบผลของแรงไทดัลที่ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะส่งมากระทำต่อโลกเทียบกับดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ โดยใช้ข้อมูลที่หาได้จาก หนังสือ วารสาร สิ่งพิมพ์ต่างๆ และที่สำคัญคือทางอินเตอร์เน็ตซึ่งมีข้อมูลต่างๆ มากมายทั้งข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลที่วิเคราะห์แล้ว ข้อมูลที่ได้มานั้นล้วนเป็นข้อมูลมีความละเอียดสูง บางข้อมูลเป็นข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์จากสถาบันที่ทำการศึกษาและวิจัยทางดาราศาสตร์ของต่างประเทศ บางข้อมูลก็เป็นการตอบคำถามในเรื่องนี้โดยตรง จะเห็นว่าการศึกษาข้อมูลจากเอกสารเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยาก ประหยัดเวลาและเงินทุน

ข้อมูลที่ได้รวบรวมมาได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานของดวงดาว ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ ข้อมูลรูปภาพ และข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว

2. ทฤษฎี

ข้อมูลที่นำมาศึกษาแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

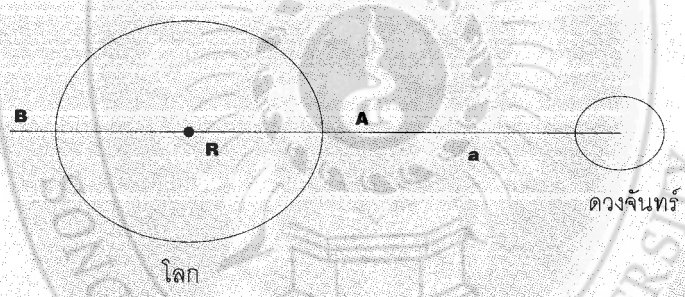
2.1 ข้อมูลพื้นฐาน

2.2 ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์

2.1 ข้อมูลพื้นฐาน

2.1.1 แรงไทดัล ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงเกิดจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อโลก จากกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตันเราสามารถคำนวณได้ว่าแรงโน้มถ่วงที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อโลกมีค่ามากกว่าแรงโน้มถ่วงที่ดวงจันทร์กระทำต่อโลก แต่แรงโน้มถ่วงที่คำนวณได้นี้ไม่ได้ส่งผลโดยตรงต่อน้ำขึ้น-น้ำลงบนโลก เราจะเรียกแรงที่ดวงจันทร์หรือดวงอาทิตย์ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลงบนโลกว่า *"แรงน้ำขึ้น-น้ำลง"* หรือ *"แรงไทดัล"*

พิจารณาแรงน้ำขึ้น-น้ำลงจากดวงจันทร์เกิดจากผลต่างของแรง 2 แรง ที่ดวงจันทร์กระทำต่อจุด A และจุด B บนผิวโลก



รูปที่ 1 ผลต่างของแรง 2 แรงที่ดวงจันทร์กระทำต่อจุด A และจุด B บนผิวโลก

สมมติว่า F_A เป็นแรงที่มวลสาร M_M กระทำต่อโลกมวลสาร M_E ตรงจุด A

$$F_A = GM_EM_M / (a-R)^2 \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ

G คือ ค่าคงที่สากล

M_M คือ มวลของดวงจันทร์

M_E คือ มวลของโลก

a คือ ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของโลกกับดวงจันทร์

R คือ รัศมีของโลก

F_B คือแรงที่ดวงจันทร์กระทำต่อโลกตรงจุด B

$$F_B = GM_EM_M / (a+R)^2 \quad \text{.....(2)}$$

(1)-(2) จะได้ $F_A - F_B$ ซึ่งเรียกว่า *แรงน้ำขึ้น-น้ำลง*

$$F_A - F_B = \frac{GM_EM_M}{(a-R)^2} - \frac{GM_EM_M}{(a+R)^2}$$

$$= GM_EM_M\left[\frac{1}{(a-R)^2} - \frac{1}{(a+R)^2}\right]$$

$$= GM_EM_M\left[\frac{a^2 + 2aR + R^2 - a^2 + 2aR - R^2}{(a^2 - 2aR + R^2)(a^2 + 2aR + R^2)}\right]$$

$$= GM_EM_M\left[\frac{4aR}{a^4 + 2a^3R + a^2R^2 - 2a^3R - 4a^2R^2 - 2aR^3 + R^2a^2 + 2aR^3 + R^4}\right]$$

$$= GM_EM_M\left[\frac{4aR}{a^4 - 2a^2R^2 + R^4}\right]$$

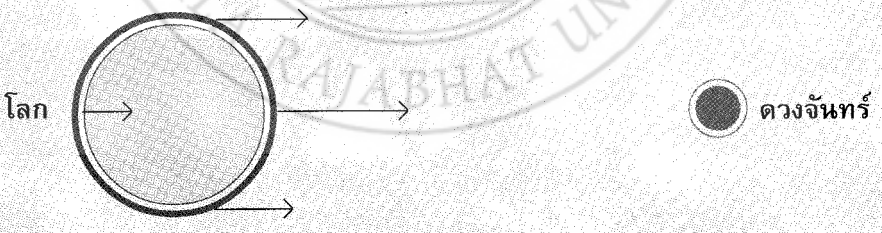
เมื่อ $-2a^2R^2+R^4$ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เมื่อเทียบกับ a จะได้

$$= GM_EM_M\left[\frac{4aR}{a^4}\right]$$

$$F_A - F_B = \frac{4GM_EM_MR}{a^3}$$

นั้นคือ แรงน้ำขึ้น-น้ำลงบนโลกที่เกิดจากดวงจันทร์ เป็นปฏิภาคโดยตรงกับเนื้อสารของดวงจันทร์ และเป็นปฏิภาคกลับกับกำลังสามของระยะทาง

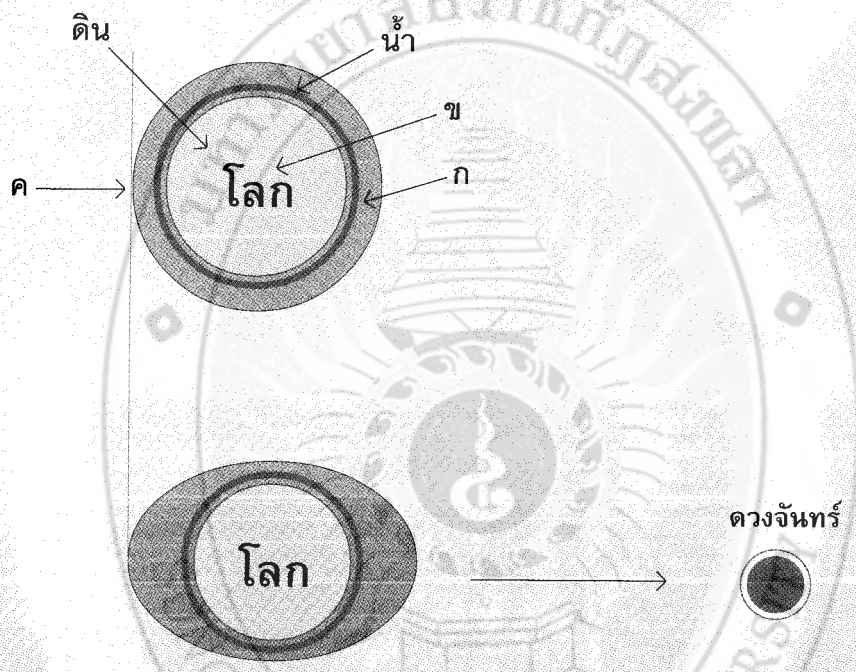
2.1.2 แรงน้ำขึ้น-น้ำลงอุดมคติ



รูปที่ 2 แรงดึงดูดของดวงจันทร์ที่แตกต่างกันกระทำต่อส่วนต่างๆ ของโลก

เทห์ฟากฟ้าทุกชนิดที่อยู่ในระบบสุริยะของเรารวมตัวได้เป็นรูปร่างได้ด้วยแรงโน้มถ่วงและแรงดึงดูดซึ่งกันและกันแรงโน้มถ่วงที่สำคัญที่มีผลกับโลกมากที่สุดคือ แรงโน้มถ่วงจากดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ รูปที่ 2 แสดงถึงแรงดึงดูดของดวงจันทร์ที่กระทำต่อโลก แรงเหล่านี้แตกต่างกัน

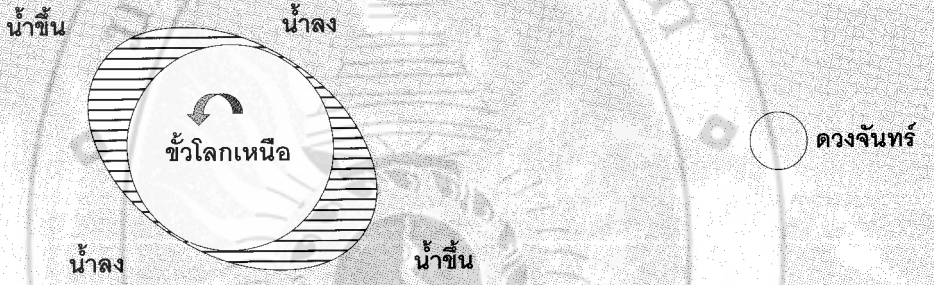
เล็กน้อยบนพื้นผิวโลก เนื่องจากโลกมีขนาดขอบเขตจำกัด และทุกๆ ส่วนบนโลกอยู่ห่างจากดวงจันทร์ไม่เท่ากัน แรงเหล่านี้มีทิศทางต่างกันด้วย ส่วนของโลกที่อยู่ใกล้ดวงจันทร์มากที่สุดจะถูกแรงดึงดูดจากดวงจันทร์มากที่สุด แต่เนื่องจากโลกเป็นของแข็งปกคลุมด้วยน้ำ (ผิวโลกประกอบด้วยน้ำ 3 ส่วน พื้นดิน 1 ส่วน) จากรูปที่ 3



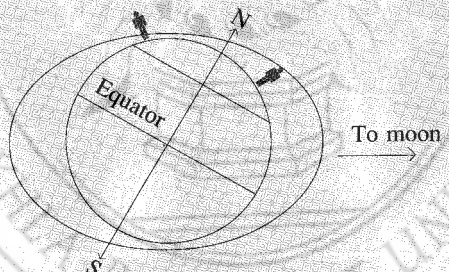
รูปที่ 3 แรงดึงดูดของดวงจันทร์ทำให้เกิดน้ำขึ้น–น้ำลงพร้อมกันสองแห่งบนพื้นผิวโลก

สมมติว่าโลกและดวงจันทร์อยู่นิ่ง บริเวณของโลกที่อยู่ใกล้ดวงจันทร์มากที่สุดคือ บริเวณ (ก) ทำให้น้ำบริเวณ (ก) ถูกแรงดึงดูดจากดวงจันทร์มาก ดังนั้นพื้นน้ำบริเวณ (ก) จึงเคลื่อนที่เข้าหาดวงจันทร์มากกว่าน้ำบริเวณอื่นๆ ของโลก ทำให้เกิดน้ำขึ้นบริเวณ (ก) ส่วนตัวโลก (ข) เป็นของแข็ง เมื่อดวงจันทร์ส่งแรงดึงดูดกระทำต่อโลก จะทำให้โลก (หรือบริเวณ (ข)) เคลื่อนที่เข้าหาดวงจันทร์ทั้งก้อนแต่เนื่องจากบริเวณ (ก) เป็นน้ำซึ่งเป็นของเหลวและอยู่ใกล้ดวงจันทร์มากกว่าบริเวณ (ข) ดังนั้นบริเวณ (ข) จึงเคลื่อนที่เข้าหาดวงจันทร์น้อยกว่าบริเวณ (ก) ส่วนบริเวณ (ค) (ที่อยู่ตรงข้ามกับดวงจันทร์) จะถูกแรงดึงดูดจากดวงจันทร์น้อยที่สุด นั่นคือ น้ำบริเวณ (ค) เคลื่อนเข้าหาดวงจันทร์เล็กน้อย แต่เนื่องจากบริเวณ (ข) เคลื่อนที่เข้าหาดวงจันทร์มากกว่าบริเวณ (ค) จึงทำให้เราเห็นว่าน้ำบริเวณ (ค) เกิดโป่งออก นั้นคือแรงดึงดูดจากดวงจันทร์ทำให้เกิดน้ำขึ้นสองแห่งพร้อมกัน คือ บริเวณทะเลหรือมหาสมุทรบนโลกที่อยู่ใกล้ดวงจันทร์ และบริเวณทะเลหรือมหาสมุทรบนโลกที่อยู่ตรงข้ามกับดวงจันทร์ จากการที่เกิดน้ำขึ้นบริเวณ (ก) และ (ค) จะทำให้น้ำที่อยู่ด้านบนและด้านล่างของบริเวณ (ข) เป็นน้ำลง แต่เนื่องจากโลกมีการหมุนรอบตัวเอง จึงทำให้น้ำขึ้นช้ากว่าที่ควรจะเป็น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4(ก) และ 4(ข)

รูปที่ 4 (ก) ลักษณะการเกิดน้ำขึ้น-น้ำลงบริเวณเส้นศูนย์สูตรของโลกโดยกำหนดให้โลกหยุดนิ่ง



รูปที่ 4(ข) โลกหมุนรอบตัวเองทำให้ตำแหน่งน้ำขึ้น-น้ำลงไม่ตรงกับดวงจันทร์



รูปที่ 5 ระดับน้ำขึ้น-น้ำลงสูงไม่เท่ากันในแต่ละวัน

ในแต่ละวันน้ำขึ้น-น้ำลงสองครั้ง ความสูงของระดับน้ำทั้งสองครั้งไม่จำเป็นต้องเท่ากัน เนื่องจากแกนหมุนของโลกเอียงจากแนวดิ่ง 23.5 องศา ดังแสดงในรูปที่ 5 ผู้สังเกตอยู่ทางซีกโลกเหนือ จะสังเกตเห็นความสูงของระดับน้ำทางด้านของโลกที่หันเข้าสู่ดวงจันทร์ สูงกว่าความสูงของระดับน้ำขึ้น ในอีกครึ่งวันต่อมาสำหรับผู้สังเกตทางซีกโลกใต้ จะเห็นปรากฏการณ์ตรงข้ามกับซีกโลกเหนือ นั่นคือ *น้ำขึ้นสูงสุดหนึ่งครั้งในหนึ่งวัน*

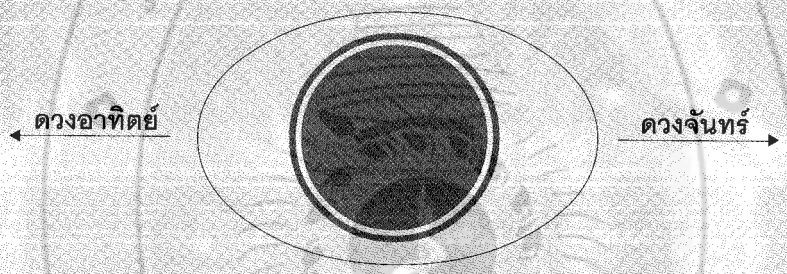
แรงดึงดูดที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อโลกมีค่าประมาณ 180 เท่า ซึ่งมากกว่าแรงดึงดูดที่ดวงจันทร์กระทำต่อโลก เนื่องจากโลกอยู่ห่างไกลจากดวงอาทิตย์มากจนกระทั่งแรงดึงดูดที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อทุก ๆ ส่วนบนพื้นผิวโลกเท่ากันหมด แต่โลกอยู่ใกล้กับดวงจันทร์มาก ดังนั้นแรงดึงดูดของดวงจันทร์ที่กระทำต่อส่วนต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกจึงไม่เท่ากัน ถ้าไม่มีดวงจันทร์น้ำขึ้น-น้ำลงบนโลกจะน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำขึ้น-น้ำลงในปัจจุบัน นั่นคือ *ดวงจันทร์มีอิทธิพลต่อน้ำขึ้น-น้ำลงบนพื้นผิวโลกมากที่สุด* สำหรับอิทธิพลของดวงอาทิตย์ช่วยเสริมให้น้ำขึ้นน้ำลงมากขึ้นเท่านั้น

2.1.3 ลักษณะน้ำขึ้น-น้ำลง

1) น้ำขึ้น-น้ำลงแบบสพริง (Spring Tides)
2) น้ำขึ้น-น้ำลงแบบนีพ (Neap Tides)

น้ำขึ้น-น้ำลงแบบสพริง (Spring Tides)

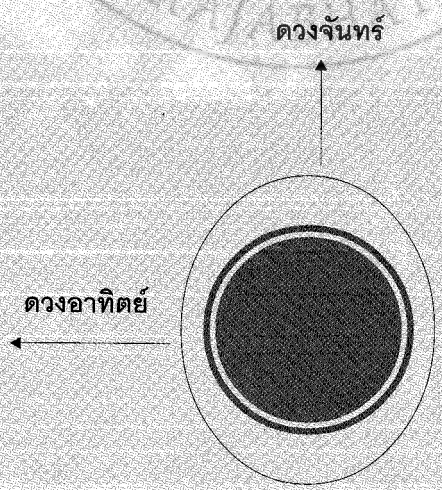
เกิดในวันเพ็ญเต็มดวง และในวันเดือนมืด (ขึ้น 15 ค่ำ และแรม 15 ค่ำ) ดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์ อยู่ในแนวเดียวกัน แรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์และแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์ เสริมให้แรงไทดัลมากขึ้น ระดับน้ำทะเลจึงมีการเปลี่ยนแปลงมากกล่าวคือ น้ำขึ้นสูงมากและน้ำลงต่ำกว่าปกติมาก เราเรียกว่า *"น้ำเป็น"* (Spring Tides) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 น้ำขึ้น-น้ำลงแบบสพริง (Spring Tides)

น้ำขึ้น-น้ำลงแบบนีพ (Neap Tides)

ส่วนในวันที่เห็นดวงจันทร์ครึ่งดวง (ขึ้น 8 ค่ำ และ แรม 8 ค่ำ) ดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์ อยู่ในแนวตั้งฉากกัน แรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์และแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์รบกวนกัน ทำให้ระดับน้ำทะเลเปลี่ยนแปลงน้อย เราเรียกว่า *"น้ำตาย"* (Neap Tides) ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 น้ำขึ้น-น้ำลงแบบนีพ (Neap Tides)

2.1.4 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ

ชื่อ	มวล (kg)	รัศมีตามแนวศูนย์สูตร(m)	ระยะทางเฉลี่ยถึงโลก (m)
ดวงอาทิตย์	1.99×10^{30}	6.96×10^{5}	1.49×10^{11}
ดาวจันทร์	7.35×10^{22}	1.74×10^{3}	3.84×10^{8}
ดาวพุธ	3.59×10^{23}	2.44×10^{3}	9.10×10^{10}
ดาวศุกร์	4.90×10^{24}	6.05×10^{3}	4.10×10^{10}
โลก	5.98×10^{24}	6.38×10^{3}	-
ดาวอังคาร	6.58×10^{23}	3.40×10^{3}	7.80×10^{10}
ดาวพฤหัสบดี	1.90×10^{27}	7.15×10^{4}	6.26×10^{11}
ดาวเสาร์	5.69×10^{26}	6.03×10^{4}	1.27×10^{12}
ดาวยูเรนัส	8.67×10^{25}	2.56×10^{4}	2.71×10^{12}
ดาวเนปจูน	1.02×10^{26}	2.53×10^{4}	4.33×10^{12}
ดาวพลูโต	1.798×10^{22}	1.16×10^{3}	5.74×10^{12}

http://thaiastro.nectec.or.th/library/planets.html

2.2 ข้อมูลมาตรฐานอ้างอิงจากอินเตอร์เน็ตที่นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลที่คำนวณได้

ตารางที่ 2 แสดงค่าของแรงไทดัลเมื่อกำหนดให้แรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ 1

Planet	Mass(10^22 kg)	Distance	Gravity (Moon=1)	Tides (Moon=1)
Mercury	33	92	0.00008	0.0000003
Venus	490	42	0.006	0.00005
Mars	64	80	0.0002	0.000001
Jupiter	200,000	630	0.01	0.000006
Saturn	57,000	1280	0.0007	0.0000002
Uranus	8,700	2720	0.00002	0.000000003
Neptune	10,000	4354	0.00001	0.000000001
Pluto	~1	5764	0.0000000006	0.00000000000004
Moon	7.4	0.384	1.0	1.0

ที่มา : http://www.badastronomy.com/bad/misc/planets.html

ตารางที่ 3 แสดงค่าของแรงไทดัลเมื่อกำหนดให้แรงไทดัลของดาวพฤหัสบดีเท่ากับ 1

Table 1 : Forces on the Earth due to the Sun, Moon and Planets		
Body	Relative Gravitational Force	Relative Tidal Force
Sun	19,000	78,000
Moon	96	150,000
Mercury	0.008	0.056
Venus	0.60	9.0
Earth	-	-
Mars	0.022	0.17
Jupiter	1	1
Saturn	0.072	0.035
Uranus	0.0025	0.00057
Neptune	0.0011	0.00016
Pluto	0.00000009	0.00000001
Assuming all planets at their average distance from the Sun and in a line		

ที่มา : http://www.atnf.csiro.au/asa_www/info_sheets/alignment.html

ตารางที่ 4 แสดงค่าของแรงไทดัลเมื่อกำหนดให้แรงไทดัลของดวงอาทิตย์เท่ากับ 1

Tidal Forces of the Sun, Moon, and Planets on the Earth (The sun's tidal force equals 1.00)	
Moon	2.1
Sun	1.00
Mercury	0.0000007
Venus	0.000113
Mar	0.0000023
Jupiter	0.0000131
Saturn	0.0000005
Uranus	0.000000001
Neptune	0.000000002
Pluto	0.0000000000001

ที่มา : ref: Thompson, 1981

3. การคำนวณหาแรงไทดัลของ ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ

จาก $F_A - F_B = 4GM_1M_2R/a^3$

เมื่อ G คือ ค่าคงที่สากล มีค่าเท่ากับ $6.672X10^{-11} N.m^2/kg^2$

a คือ ระยะเฉลี่ยระหว่างจุดศูนย์กลางของโลกกับดวงดาวต่าง ๆ ที่พิจารณา (ตารางที่ 1)

R คือ รัศมีของโลก มีค่าเท่ากับ $6.378 X 10^3$ m

M_1, M_2 คือ มวลของดวงดาวที่พิจารณา (ตารางที่ 1)

3.1 โลกกับดวงอาทิตย์

จาก $F_A - F_B = 4GM_EM_SR/a^3$

เมื่อ M_E คือ มวลของโลก มีค่าเท่ากับ $5.98 X 10^{24}$ kg

M_S คือ มวลของดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ $1.99 X 10^{30}$ kg

a มีค่าเท่ากับ $1.49 X 10^{11}$ m

จะได้ $$F_A - F_B = \frac{4(6.672X10^{-11}N.m^2/kg^2)(5.98X10^{24}kg)(1.99X10^{30}kg)(6.378X10^3m)}{(1.49X10^{11}m)^3}$$

$$= 6.12X10^{15} N$$

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *$6.12X10^{15}$ นิวตัน*

3.2 โลกกับดวงจันทร์

จาก $F_A - F_B = 4GM_EM_MR/a^3$

เมื่อ M_M คือ มวลของดวงจันทร์ มีค่าเท่ากับ $7.349 X 10^{22}$ kg

a มีค่าเท่ากับ $3.844 X 10^8$ m

จะได้ $$F_A - F_B = \frac{4(6.672X10^{-11}N.m^2/kg^2)(5.98X10^{24}kg)(7.35X10^{22}kg)(6.378X10^3m)}{(3.844X10^8m)^3}$$

$$= 1.32 X 10^{16} N$$

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดวงจันทร์กระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *$1.32 X 10^{16}$ นิวตัน*

3.3 โลกกับดาวพุธ

จาก $F_A - F_B = 4GM_EM_{ER}R/a^3$

เมื่อ M_{ER} คือ มวลของดาวพุธ มีค่าเท่ากับ $3.588X10^{23}$ kg

a มีค่าเท่ากับ $9.1 X 10^{10}$ m

จะได้ $$F_A - F_B = \frac{4(6.672X10^{-11}N.m^2/kg^2)(5.98X10^{24}kg)(3.588X10^{23}kg)(6.378X10^3m)}{(9.1X10^{10}m)^3}$$

$$= 4.85 X 10^9 N$$

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดาวพุธกระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *$4.85 X 10^9$ นิวตัน*

3.4 โลกกับดาวศุกร์

จาก $F_A - F_B = 4GM_EM_VR/a^3$

เมื่อ M_V คือ มวลของดาวศุกร์ มีค่าเท่ากับ 4.90×10^{24} kg

a มีค่าเท่ากับ 4.1×10^{10} m

จะได้ $F_A - F_B = \dfrac{4(6.672 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2)(5.98 \times 10^{24} kg)(4.90 \times 10^{24} kg)(6.378 \times 10^{3} m)}{(4.1 \times 10^{10} m)^3}$

$= 7.24 \times 10^{17}$ N

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดาวศุกร์กระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *7.24 X 10^{17} นิวตัน*

3.5 โลกกับดาวอังคาร

จาก $F_A - F_B = 4GM_E M_{Ma} R/a^3$

เมื่อ M_{Ma} คือ มวลของดาวอังคาร มีค่าเท่ากับ 6.578×10^{23} kg

a มีค่าเท่ากับ 7.8×10^{10} m

จะได้ $F_A - F_B = \dfrac{4(6.672 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2)(5.98 \times 10^{24} kg)(6.578 \times 10^{23} kg)(6.378 \times 10^{3} m)}{(7.8 \times 10^{10} m)^3}$

$= 1.41 \times 10^{10}$ N

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดาวอังคารกระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *1.41 X 10^{10} นิวตัน*

3.6 โลกกับดาวพฤหัสบดี

จาก $F_A - F_B = 4GM_E M_J R/a^3$

เมื่อ M_J คือ มวลของดาวพฤหัสบดี มีค่าเท่ากับ 1.9×10^{27} kg

a มีค่าเท่ากับ 6.26×10^{11} m

จะได้ $F_A - F_B = \dfrac{4(6.672 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2)(5.98 \times 10^{24} kg)(1.9 \times 10^{27} kg)(6.378 \times 10^{3} m)}{(6.26 \times 10^{11} m)^3}$

$= 7.88 \times 10^{10}$ N

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดาวพฤหัสบดีกระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *7.88 X 10^{10} นิวตัน*

3.7 โลกกับดาวเสาร์

จาก $F_A - F_B = 4GM_E M_{St} R/a^3$

เมื่อ M_{St} คือ มวลของดาวเสาร์ มีค่าเท่ากับ 5.69×10^{26} kg

a มีค่าเท่ากับ 1.27×10^{12} m

จะได้ $F_A - F_B = \dfrac{4(6.672 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2)(5.98 \times 10^{24} kg)(5.69 \times 10^{26} kg)(6.378 \times 10^{3} m)}{(1.27 \times 10^{12} m)^3}$

$= 2.83 \times 10^{9}$ N

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดาวเสาร์กระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *2.825 X 10^{9} นิวตัน*

3.8 โลกกับดาวยูเรนัส

จาก $F_A - F_B = 4GM_E M_U R/a^3$

เมื่อ M_U คือ มวลของดาวยูเรนัส มีค่าเท่ากับ 8.67×10^{25} kg

a มีค่าเท่ากับ 2.71×10^{12} m

จะได้ $F_A - F_B = \frac{4(6.672\times10^{-11}\,N.m^2/kg^2)(5.98\times10^{24}\,kg)(8.67\times10^{25}\,kg)(6.378\times10^{3}\,m)}{(2.71\times10^{12}\,m)^3}$

$= 4.43 \times 10^{7}\ N$

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดาวยูเรนัสกระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *4.43 X 10⁷ นิวตัน*

3.9 โลกกับดาวเนปจูน

จาก $F_A - F_B = 4GM_E M_N R/a^3$

เมื่อ M_N คือ มวลของดาวเนปจูน มีค่าเท่ากับ 1.02×10^{26} kg

a มีค่าเท่ากับ 4.33×10^{12} m

จะได้ $F_A - F_B = \frac{4(6.672\times10^{-11}\,N.m^2/kg^2)(5.98\times10^{24}\,kg)(1.02\times10^{26}\,kg)(6.378\times10^{3}\,m)}{(4.33\times10^{12}\,m)^3}$

$= 1.28 \times 10^{7}\ N$

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดาวเนปจูนกระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *1.28 X 10⁷ นิวตัน*

3.10 โลกกับดาวพลูโต

จาก $F_A - F_B = 4GM_E M_P R/a^3$

เมื่อ M_P คือ มวลของดาวพลูโต มีค่าเท่ากับ 1.798×10^{22} kg

a มีค่าเท่ากับ 5.74×10^{12} m

จะได้ $F_A - F_B = \frac{4(6.672\times10^{-11}\,N.m^2/kg^2)(5.98\times10^{24}\,kg)(1.798\times10^{22}\,kg)(6.378\times10^{3}\,m)}{(5.74\times10^{12}\,m)}$

$= 9.677 \times 10^{2}\ N$

เพราะฉะนั้นแรงไทดัลที่ดาวพลูโตกระทำต่อโลกมีค่าเท่ากับ *9.677 X 10² นิวตัน*

3.11 ผลการคำนวณ

ตารางที่ 5 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณ

ชื่อ	ขนาดของแรงไทดัลที่ส่งมากระทำต่อโลก (N)
ดวงอาทิตย์	6.12×10^{15}
ดวงจันทร์	1.32×10^{16}
ดาวพุธ	4.85×10^{9}
ดาวศุกร์	7.24×10^{11}
ดาวอังคาร	1.41×10^{10}
ดาวพฤหัสบดี	7.88×10^{10}
ดาวเสาร์	2.83×10^{9}
ดาวยูเรนัส	4.43×10^{7}
ดาวเนปจูน	1.28×10^{7}
ดาวพลูโต	9.68×10^{2}

4. นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณมาแปลงค่าและทำการวิเคราะห์

ตัวอย่างการคำนวณ กำหนดให้แรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ 1

พิจารณาดวงอาทิตย์

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ $6.12X10^{15}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{6.12X10^{15}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดวงอาทิตย์มีแรงไทดัลเท่ากับ 0.46

พิจารณาดาวพุธ

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดาวพุธมีค่าเท่ากับ $4.85X10^{9}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{4.85 \times 10^{9}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดาวพุธมีแรงไทดัลเท่ากับ $3.67X10^{-7}$

พิจารณาดาวศุกร์

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดาวศุกร์มีค่าเท่ากับ $7.24X10^{11}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{7.24 \times 10^{11}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดาวศุกร์มีแรงไทดัลเท่ากับ $5.48X10^{-5}$

พิจารณาดาวอังคาร

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดาวอังคารมีค่าเท่ากับ $1.41X10^{10}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{1.41 \times 10^{10}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดาวศุกร์มีแรงไทดัลเท่ากับ $1.07X10^{-6}$

พิจารณาดาวพฤหัสบดี

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดาวพฤหัสบดีมีค่าเท่ากับ $7.88X10^{11}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{7.88 \times 10^{11}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดาวพฤหัสบดีมีแรงไทดัลเท่ากับ $5.97X10^{-5}$

พิจารณาดาวเสาร์

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดาวเสาร์มีค่าเท่ากับ $2.83X10^{9}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{2.83 \times 10^{9}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดาวเสาร์มีแรงไทดัลเท่ากับ $2.14X10^{-7}$

พิจารณาดาวยูเรนัส

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดาวยูเรนัสมีค่าเท่ากับ $4.43X10^{7}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{4.43 \times 10^{7}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดาวศุกร์มีแรงไทดัลเท่ากับ $3.36X10^{-9}$

พิจารณาดาวเนปจูน

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดาวเนปจูนมีค่าเท่ากับ $1.28X10^{7}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{1.28 \times 10^{7}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดาวเนปจูนมีแรงไทดัลเท่ากับ $9.70X10^{-10}$

พิจารณาดาวพลูโต

เมื่อแรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ $1.32X10^{16}$ N มีค่าเท่ากับ 1

และแรงไทดัลของดาวพลูโตมีค่าเท่ากับ $9.68X10^{2}$ N มีค่าเท่ากับ $\frac{9.68 \times 10^{2}\ N \times 1}{1.32 \times 10^{16}\ N}$

เพราะฉะนั้นดาวพลูโตมีแรงไทดัลเท่ากับ $7.33X10^{-14}$

ผลที่ได้จากการแปลงค่า

ตารางที่ 6 แสดงผลที่ได้จากการแปลงค่าแรงไทดัลเมื่อกำหนดให้แรงไทดัลของดวงจันทร์

ชื่อ	แรงไทดัล
ดวงจันทร์	1
ดวงอาทิตย์	0.46
ดาวพุธ	$3.67X10^{-7}$
ดาวศุกร์	$5.48X10^{-5}$
ดาวอังคาร	$1.07X10^{-6}$
ดาวพฤหัสบดี	$5.97X10^{-6}$
ดาวเสาร์	$2.14X10^{-7}$
ดาวยูเรนัส	$3.36X10^{-9}$
ดาวเนปจูน	$9.70X10^{-10}$
ดาวพลูโต	$7.33X10^{-14}$

ตารางที่ 7 แสดงผลที่ได้จากการแปลงค่าแรงไทดัลเมื่อกำหนดให้แรงไทดัลของดวงอาทิตย์เท่ากับ 1

ชื่อ	แรงไทดัล
ดวงอาทิตย์	1
ดวงจันทร์	2.16
ดาวพุธ	7.92×10^{-7}
ดาวศุกร์	1.18×10^{-4}
ดาวอังคาร	2.30×10^{-5}
ดาวพฤหัสบดี	1.29×10^{-5}
ดาวเสาร์	4.62×10^{-7}
ดาวยูเรนัส	7.24×10^{-9}
ดาวเนปจูน	2.09×10^{-9}
ดาวพลูโต	1.58×10^{-13}

ตารางที่ 8 แสดงผลการแปลงค่าแรงไทดัลเมื่อกำหนดให้แรงไทดัลของดาวพฤหัสบดีเท่ากับ 1

ชื่อ	แรงไทดัล
ดาวพฤหัสบดี	1
ดวงจันทร์	1.67×10^{5}
ดวงอาทิตย์	7.80×10^{4}
ดาวพุธ	6.15×10^{-2}
ดาวศุกร์	9.19
ดาวอังคาร	0.18
ดาวเสาร์	3.58×10^{-2}
ดาวยูเรนัส	5.62×10^{-4}
ดาวเนปจูน	1.62×10^{-4}
ดาวพลูโต	1.23×10^{-8}

5.เปรียบเทียบผลที่ได้จากการแปลงค่าข้อมูลการคำนวณกับข้อมูลที่ได้จากอินเตอร์เน็ต

ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงไทดัลเมื่อกำหนดให้แรงไทดัลของดวงจันทร์มีค่าเท่ากับ 1

ชื่อ	จากอินเตอร์เน็ต	จากการคำนวณ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต
ดวงจันทร์	1	1	0
ดวงอาทิตย์	–	0.46	–
ดาวพุธ	$3.00X10^{-7}$	$3.67X10^{-7}$	$-6.70X10^{-8}$
ดาวศุกร์	$5.00X10^{-5}$	$5.48X10^{-5}$	$-4.80X10^{-6}$
ดาวอังคาร	$1.00X10^{-6}$	$1.07X10^{-6}$	$-7.00X10^{-8}$
ดาวพฤหัสบดี	$6.00X10^{-6}$	$5.97X10^{-6}$	$+3.00X10^{-8}$
ดาวเสาร์	$2.00X10^{-7}$	$2.14X10^{-7}$	$-1.40X10^{-8}$
ดาวยูเรนัส	$3.00X10^{-9}$	$3.36X10^{-9}$	$-3.60X10^{-10}$
ดาวเนปจูน	$1.00X10^{-9}$	$9.70X10^{-10}$	$+3.00X10^{-11}$
ดาวพลูโต	$4.00X10^{-14}$	$7.33X10^{-14}$	$-3.33X10^{-14}$

จากตารางที่ 9 ซึ่งเป็นตารางแสดงการเปรียบเทียบแรงไทดัลโดยกำหนดให้ให้แรงไทดัลของดวงจันทร์ มีค่าเท่ากับ 1 โดยนำข้อมูลแรงไทดัลที่หาได้จากอินเตอร์เน็ต และข้อมูลแรงไทดัลที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบและหาค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่คำนวณได้เทียบกับข้อมูลที่ได้จากอินเตอร์เน็ตจะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของดาวแต่ละดวง มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก แต่จะมีดาวพลูโตซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมากโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ -3.33×10^{-14} ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนนี้อาจจะมีสาเหตุเนื่องจาก

1. *ความรีของเส้นทางโคจรของดาวพลูโต* เนื่องจากดาวพลูโตมีวงโคจรรีมาก ระยะทางไกลสุดจากดวงอาทิตย์ประมาณ 7,300 ล้านกิโลเมตร และระยะทางใกล้สุดประมาณ 4,430 ล้านกิโลเมตร จากข้อมูลนี้จะเห็นว่าผลต่างของระยะใกล้ไกลจากดวงอาทิตย์มีค่ามากอาจเป็นผลทำให้ค่าของระยะทางเฉลี่ยในแต่ละข้อมูลมีความแตกต่างกัน

2. *ดาวพลูโต*เป็นดาวที่อยู่ไกลจากดวงอาทิตย์มาก ข้อมูลเกี่ยวกับดาวจึงมีน้อยและไม่ชัดเจน เช่น ขนาด มวล ความหนาแน่น องค์ประกอบของดาวพลูโต เป็นต้น

จากสาเหตุ 2 ข้อที่กล่าวมานั้น การคำนวณหาค่าแรงไทดัลของดาวพลูโตนั้นมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้ ถ้ากรณีข้อมูลที่ได้จากอินเตอร์เน็ต และข้อมูลที่คำนวณได้แทนค่าของตัวแปรลงในสมการไม่เหมือนกัน จากสมการหาแรงไทดัลนั้น ค่าแรงไทดัล จะขึ้นอยู่กับมวล และระยะทางระหว่างมวลที่พิจารณา ถ้าแทนมวลหรือระยะทางระหว่างมวลของดวงดาวไม่เหมือนกัน ค่าที่หาออกมาได้ก็จะแตกต่างกัน และเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบก็จะเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้

ตารางที่ 10 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงไทดัลเมื่อกำหนดให้แรงไทดัลของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1

ชื่อ	จากอินเตอร์เน็ต	จากการคำนวณ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต
ดวงอาทิตย์	1	1	0
ดวงจันทร์	2.1	2.16	$-6.00X10^{-2}$
ดาวพุธ	$7X10^{-7}$	$7.92X10^{-7}$	$-9.20X10^{-8}$
ดาวศุกร์	$1.13X10^{-4}$	$1.18X10^{-4}$	$-5.00X10^{-6}$
ดาวอังคาร	$2.30X10^{-6}$	$2.30X10^{-6}$	0
ดาวพฤหัสบดี	$1.31X10^{-5}$	$1.29X10^{-5}$	$+2.00X10^{-7}$
ดาวเสาร์	$5.00X10^{-7}$	$4.62X10^{-7}$	$+3.80X10^{-8}$
ดาวยูเรนัส	$1.00X10^{-9}$	$7.24X10^{-9}$	$-6.24X10^{-9}$
ดาวเนปจูน	$2.00X10^{-9}$	$2.09X10^{-9}$	$-9.00X10^{-11}$
ดาวพลูโต	$1.00X10^{-13}$	$1.58X10^{-13}$	$-5.80X10^{-14}$

จากตารางที่ 10 ซึ่งเป็นตารางแสดงการเปรียบเทียบแรงไทดัลที่ให้แรงไทดัลของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1 โดยนำข้อมูลแรงไทดัลที่หาได้จากอินเตอร์เน็ต และข้อมูลแรงไทดัลที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบและหาค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่คำนวณได้เทียบกับข้อมูลที่ได้จากอินเตอร์เน็ต จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของดาวแต่ละดวงมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก และคำนวณได้เท่ากับข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต 1 ดวง คือดาวอังคาร แต่จะมีดาวเคราะห์อยู่ 2 ดวงที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่สูง นั้นคือดาวยูเรนัส และดาวพลูโต มีค่าความเคลื่อน -6.24×10^{-9} และ -5.80×10^{-14} ตามลำดับ

พิจารณาดาวยูเรนัส กรณีที่ดาวยูเรนัสที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนจากค่าของแรงไทดัลที่หามาจากอินเตอร์เน็ตนั้น อาจเกิดจากการแทนค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นมวลของดาวยูเรนัส หรือระยะทางระหว่างดาวยูเรนัสถึงโลกของข้อมูลที่ได้จากอินเตอร์เน็ตมีความแตกต่างจากข้อมูลที่คำนวณได้ ด้วยเหตุนี้อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในระดับที่สูง แต่เมื่อเราพิจารณาความคลาดเคลื่อนของดาวดวงอื่นจากข้อมูลที่ได้จากอินเตอร์เน็ต เทียบกับข้อมูลที่คำนวณได้ จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละดวงดาวเมื่อเทียบกันอยู่ในเกณฑ์ที่น้อย และเมื่อไปดู ตารางที่ 9 และ 11 จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของดาวยูเรนัสอยู่ในเกณฑ์ที่น้อยมากด้วยเช่นกัน กรณีของดาวพลูโตเป็นไปดังการวิเคราะห์ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 11 แสดงแรงไทดัลเมื่อแรงไทดัลของดาวพฤหัสบดีมีค่าเท่ากับ 1

ชื่อ	จากอินเตอร์เน็ต	จากการคำนวณ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต
ดาวพฤหัสบดี	1	1	0
ดวงจันทร์	$1.50X10^{5}$	$1.67X10^{5}$	$-1.70X10^{4}$
ดวงอาทิตย์	$7.80X10^{4}$	$7.80X10^{4}$	0
ดาวพุธ	$5.60X10^{-2}$	$6.15X10^{-2}$	$-5.50X10^{-3}$
ดาวศุกร์	9.00	9.91	-0.19
ดาวอังคาร	0.17	0.18	$-1.00X10^{-2}$
ดาวเสาร์	$3.50X10^{-2}$	$3.58X10^{-2}$	$-8.00X10^{-4}$
ดาวยูเรนัส	$5.70X10^{-4}$	$5.62X10^{-4}$	$+8.00X10^{-6}$
ดาวเนปจูน	$1.60X10^{-4}$	$1.62X10^{-4}$	$-2.00X10^{-6}$
ดาวพลูโต	$1.00X10^{-8}$	$1.23X10^{-8}$	$-2.30X10^{-9}$

จากตารางที่ 11 ซึ่งเป็นตารางแสดงแรงไทดัลที่ให้แรงไทดัลของดาวพฤหัสบดี เท่ากับ 1 โดยนำข้อมูลแรงไทดัลที่หาได้จากอินเตอร์เน็ต และข้อมูลแรงไทดัลที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบและหาค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่คำนวณได้เทียบกับข้อมูลที่ได้จากอินเตอร์เน็ตจะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของดาวแต่ละดวง มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่น้อยมาก และคำนวณได้เท่ากับข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต 1 ดวง คือ *ดวงอาทิตย์*

หมายเหตุ จากตารางที่ 9,10 และ 11

เครื่องหมายบวก และลบ ที่แสดงอยู่หน้าค่าความคลาดเคลื่อนดังแสดงในตารางที่ 9,10 และ 11 เป็นผลที่ได้จากการหาค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่ได้จากการคำนวณเทียบกับข้อมูลที่ได้จากอินเตอร์เน็ต

6. สรุป

จากการที่ได้เปรียบเทียบแรงไทดัลที่ได้จากการคำนวณกับแรงไทดัลที่ได้มาจากอินเตอร์เน็ต โดยการหาความคลาดเคลื่อนของแรงไทดัลที่ได้จากการคำนวณนำไปเทียบกับแรงไทดัลที่ได้จากอินเตอร์เน็ตดังตารางที่ 9,10 และ 11 ผลที่ได้ก็คือ ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่น้อย เป็นการแสดงให้เห็นว่า ค่าของแรงไทดัลที่คำนวณได้ มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ขนาดของแรง

ไทดัลที่คำนวณได้นั้น สามารถเรียงลำดับชื่อของดวงดาวพร้อมทั้งแสดงขนาดของแรงไทดัลจากมากไปหาน้อย ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 12 แสดงแรงไทดัลของดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะตามขนาดของแรงไทดัลจากมากไปหาน้อย

ลำดับที่	ชื่อดาวเคราะห์	ขนาดของแรงไทดัลที่ส่งมากระทำต่อโลก (N)
1	ดวงจันทร์	1.32×10^{16}
2	ดวงอาทิตย์	6.12×10^{15}
3	ดาวศุกร์	7.24×10^{11}
4	ดาวพฤหัสบดี	7.88×10^{10}
5	ดาวอังคาร	1.41×10^{10}
6	ดาวพุธ	4.85×10^{9}
7	ดาวเสาร์	2.83×10^{9}
8	ดาวยูเรนัส	4.43×10^{7}
9	ดาวเนปจูน	1.28×10^{7}
10	ดาวพลูโต	9.68×10^{2}

ฉะนั้น แรงไทดัลจากดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะที่ส่งมากระทำต่อโลกมีขนาดแตกต่างกัน ผลของแรงไทดัลจากดวงจันทร์ที่ส่งมากระทำต่อโลกทำให้เกิดน้ำขึ้น-น้ำลง และมีดวงอาทิตย์คอยเสริมให้น้ำขึ้น-น้ำลงมากหรือน้อยกว่าปกติเท่านั้น โดยแรงไทดัลจากดาวเคราะห์ในระบบสุริยะที่ส่งมากระทำต่อโลกไม่ทำให้เกิดน้ำขึ้น-น้ำลงบนโลกอันเนื่องมาจากแรงไทดัลของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะที่ส่งมากระทำต่อโลกมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแรงไทดัลของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อโลก

บรรณานุกรม

บุญรักษา สุนทรธรรม, **ดาราศาสตร์ทั่วไป 1**, ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่;2525

บุญรักษา สุนทรธรรม, **ดาราศาสตร์ทั่วไป 2**, ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่;2528

ไพเสริฐ ธรรมมานุธรรม, **ดาราศาสตร์ทั่วไป**, ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง;2531

ระวี สงวนทรัพย์, **ปริทรรศน์แห่งเอกภพ เล่ม 1**, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร;2532

ระวี สงวนทรัพย์, **ปริทรรศน์แห่งเอกภพ เล่ม 2**, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร;2532

ประพันธ์ เตละกุล,**ดาราศาสตร์ 1**,ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูมหาสารคาม;2534

ระวี ภาวไล, **ดาราศาสตร์และอวกาศ**, บริษัทศึกษิตสยาม จำกัด,2522

นิพนธ์ ทรายเพชร, **ดาราศาสตร์และอวกาศ ฉบับสมบูรณ์** ,บริษัทนานมีบุ๊คส์ จำกัด,2544

นิพนธ์ ทรายเพชร, **การดูดาวขั้นต้น**, บริษัทนานมีบุ๊คส์ จำกัด,2543

ธนู แก้วโอภาส, **จักวาลของเรา** ,กรุงเทพฯ,พิมพ์ที่ ทรัสท์ตั้นการพิมพ์,2530

Franklyn M.Branley,Mark R.Chartrand III,Helmut K.Wimmer, **Astronomy** ,Thomas Y.Crowell Company,Newyork;1975

Martin V.Zombeck,**Handbook of Space Astronomy and Astrophysics**, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics,1982

H. Karttunen, P.Kroger, H.Oja, M.Poutanen and K.J.Donner,**Fundamental Astronomy**,University of Helsinki; 1987

Mary Kay Hemenway and R.Robert Robbins,**Modern Astronomy**,University of Texas Press;1991

Bradley W.Carroll, Dale A.Ostlie,**Modern Astrophysics**,Weber State University ;1996 M.Bursa. *" Disturbances of the Earth's inertia tensor due to tidal and centrifugal forces "* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences, 34 (August 1982) :321 - 323

Milan Bursa. *"Angular Momentum and Tidal evolution of the Urenian system"* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences, (April 1992) : 174 - 192

M.Bursa. *"The Earth - Moon Tidal force function"* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(January 1982) : 49 - 53

Milan Bursa.*" The Tidal force function and tidal torques "* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(1996) : 111 - 118

M.Bursa.*" The total tidal torque within the solar system "* (July 1997): 359 - 364

M.Bursa.*" A note on tidal deceleration of the moon "* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(February 1984) : 189 - 192

M.Bursa.*" Tidal contribution of the satellites to removing the angular momentum of Jupiter "* Astronomical Institute,Czechosl.Acad Sci.,35(1991) : 61 - 74

Milan Bursa.*" The estimate of the deceleration in the Earth's rotation due to the sun"* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(August 1991) : 57 - 60

Milan Bursa.*" Distortions of the moon's figure due to the Earth"* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(March 1994) :265 - 271

Milan Bursa.*" Tidal and rotational distortions in figures of Pluto and Charon "* Astronomical Institute,Czechosl.Acad Sci.,(June 1994) : 291 - 294

M.Bursa.*" Disturbing force responsible for the actual figure of pallas "* Astronomical Institute,Czechosl.Acad Sci.,37 (1993) : 326 - 330

M.Bursa.*" On the variations in Venus rotation "* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(June 1984) : 71 - 73

M.Bursa.*" Hydrostatic equilibrium and deceleration of the Earth's rotation "* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(March 1984) : 353 - 355

M.Bursa.*" Precesstion - Nutation torque due to planets exerted on the Sun"* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(March 1983) : 87 - 91

Milan Bursa.*" Angular momentum and Tidal evolution of Neptune's system "* Astronomical Institute,Czechoslovak Academy of Sciences,(December 1992) : 151 - 167

http://www.talkorigins.org/faqs/moonrec.html

http://home22planetinternet.be/ballaux/

http://www.seds.org/billa/tnp/sun.html

http://www.seds.org/billa/tnp/moon.html

http://www.seds.org/billa/tnp/mercury.html

http://www.seds.org/billa/tnp/venus.html
http://www.seds.org/billa/tnp/earth.html
http://www.seds.org/billa/tnp/mars.html
http://www.seds.org/billa/tnp/jupiter.html
http://www.seds.org/billa/tnp/saturn.html
http://www.seds.org/billa/tnp/uranus.html
http://www.seds.org/billa/tnp/neptune.html
http://www.seds.org/billa/tnp/pluto.html
http://thaiastro.nectec.or.th/library/grncnj.html
http://www.enchantedlearning.com/subjects/astronomy/moon/tides.shtml#proxigee
http://www.badastronomy.com/bad/misc/planets.html
http://www.teleport.com/~tcohins/conjunct.shtml
http://www.skypub.com/news/specical/may5_2000.html
http://www.rog.nmm.ac.uk/leaflets/2000/2000line-up.html
http://www.csicop.org/si/8804/doomday.html
http://www.atnf.csiro.au/asa_www/info_sheets/alignment.html
http://www.griffithobservatory.org/skyalignments.htm
http://www.itss.raytheon.com/cafe/gadir/amoont.html
http://www.star.ucl.ac.uk/~idn/strobel/grvappl/gravapplb.htm#a9.1
http://www.physics.fsu.edu/users/prosperh/astronomy/earth/default.htm