รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

1. ฮิโรชิ, คิโนะชิตะ. 2547. **กลศาสตร์ของวัตถุท้องฟ้าและวงโคจร**. แปลโดย พีรพัฒน์ ศิริสมบูรณ์ลาภ. กรุงเทพหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์.

ภาษาอังกฤษ

2. Cooper, N.J., Murray, C.D., et al. 2004. Astrometry and dynamics of Polydeuces, a new co-orbital satellite of Dione. **The American Astronomical Society**[online]. Available from: http://www.aas.org/publications/baas/v37n3/dps2005/612.htm[2005,September 4].

3. Daisaka, H. and Ida, S. 1999. Spatial structure and coherent motion in dense planetary rings induced by self - gravational instability. **Earth Planets Space** 51: 1195.

4. Dermott, S.F., Gold, T. and Sinclair, A.T. 1979. The rings of Uranus: nature and origin. **Astr. J.** 84: 1225.

5. Dermott, S.F., Murray, C.D. and Sinclair, A.T. 1980. The narrow rings of Jupiter, Saturn and Uranus. **Nature** 284: 309.

6. Dermott, S. F. and Murray, C.D. 1999. **Solar System Dynamics**. Cambridge University Press: Cambridge.

7. Freech, R.G., McGhee, C.A., Dones, L. and Lissauer J.J. 2003. Saturn's wayward shepherds: The peregrinations of Prometheus and Pandora. **Icarus** 163: 143.

8. Goldreich, P. and Tremaine, S. 1982. The dynamics of planetary rings. **Astron. Astrophys**. 20: 249.

9. Szebehely, V. 1967. **The Theory of orbits**. Academic Press: New York and London.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ ก

ค่าคงที่ที่เกี่ยวข้อง

1 ค่านิจสนามโน้มถ่วง (G) = $6.672 \times 10^{-11}\ m^3/kg \bullet s^2$

2 มวลของดาวเสาร์ = $5.6856 \times 10^{26}\ kg$

3 มวลของดวงจันทร์ของดาวเสาร์

3.1 มวลของไดโอนิ = $1.096 \times 10^{21}\ kg$

3.2 มวลของเททีส = $6.176 \times 10^{20}\ kg$

3.3 มวลของเพนดูล่า = $1.94 \times 10^{17}\ kg$

3.4 มวลของโพมีทีอัส = $3.30 \times 10^{17}\ kg$

ภาคผนวกที่ ข

การคำนวณ

1 สูตรของโรดริกสำหรับพหุนามเลอช็องด์ คือ

$$P_n(x) = \frac{1}{2^n n!}\frac{d^n}{dx^n}(x^2-1)^n ; (n \geq 0)$$

2 สมการฟังก์ชันก่อกำเนิดของสูตรของโรดริกสำหรับพหุนามเลอช็องด์ คือ

$$\frac{1}{\sqrt{1-2xt+t^2}} = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(x)t^n ; (|x|<1, |t|<1)$$

3 ทฤษฎีของเทย์เลอร์ใช้ประมาณของเทอม e^x

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{n!}$$

4 ทฤษฎีของไบโนเมียลของเทอม $(1+x)^n$

$$(1+x)^n \approx 1+nx; |x| << 1$$

5 การกระทำกันของเวกเตอร์

$$\vec{A} \bullet \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta$$

ภาคผนวก ค

1 การทดสอบทฤษฎีของเดอโมท, โกลต์ และ เมอร์เลย์ โดยใช้ระบบของดาวเสาร์กับเทธีส

1.1 โปรแกรมคำนวณสมการจาโคบิ

$$\text{PLot3D}[x\text{^}2+y\text{^}2+\frac{2(1-1.34\times10^{-6})}{\sqrt{(x+1.34\times10^{-6})\text{^}2+y\text{^}2}}+\frac{2(1.34\times10^{-6})}{\sqrt{(x-1+1.34\times10^{-6})\text{^}2+y\text{^}2}},\{x,-1.5-1.34\times10^{-6},1.5+1.34\times10^{-6}\},$$

$$\{y,-1.5,1.5\},\text{Mesh}\rightarrow\text{False},\text{PlotPoints}\rightarrow100,\text{ViewPoint}\rightarrow\{2.090,-1.717,2.033\},\text{AxesLable}\{x,y,c\}]$$

1.2 การเคลื่อนที่น้อยยิ่งรอบจุดลากรานจ์ที่สี่ และ ห้า

1.2.1 Telesto โคจรรอบจุดลากรานจ์ที่สี่

$$A = \text{Table}[\{x = 0.499 + 0.866(2.7\times10^{-3}\text{Cos}[0.9999t + 0.999\pi] + 2.7\times10^{-3}\text{Cos}[0.0030075t + 1.999\pi]) +$$
$$0.5(2.7\times10^{-3}(-0.499)\text{Sin}[0.9999t + 0.999\pi] + 2.7\times10^{-3}(-2\times10^{-3})\text{Sin}[0.0030075t + 1.999\pi]),$$
$$y = 0.866 - 0.5\times(2.7\times10^{-3}\text{Cos}[0.9999t + 0.999\pi] + 2.7\times10^{-3}\text{Cos}[0.0030075t + 1.999\pi]) +$$
$$0.866(2.7\times10^{-3}(-0.499)\text{Sin}[0.9999t + 0.999\pi] + 2.7\times10^{-3}(-2\times10^{-3})\text{Sin}[0.0030075t + 1.999\pi])\}, \{t,0,500\pi,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[A, \text{PlotJoined}\rightarrow\text{True}, \text{AxesLabel}\rightarrow\{X, Y\}]$$

1.2.2 อนุภาควงแหวนโคจรรอบจุดลากรานจ์ที่สี่

$$B = \text{Table}[\{x = 0.499 + 0.866(6.59\times10^{-2}\text{Cos}[0.9999t + 0.999\pi] + 6.59\times10^{-2}\text{Cos}[0.0030075t + 1.999\pi]) +$$
$$0.5(6.59\times10^{-2}\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t + 0.999\pi] + 6.59\times10^{-2}\times(-2\times10^{-3})\text{Sin}[0.0030075t + 1.999\pi]),$$
$$y = 0.866 - 0.5(6.59\times10^{-2}\text{Cos}[0.9999t + 0.999\pi] + 6.59\times10^{-2}\text{Cos}[0.0030075t + 1.999\pi]) +$$
$$0.866(6.59\times10^{-2}\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t + 0.999\pi] + 6.59\times10^{-2}\times(-2\times10^{-3})\text{Sin}[0.0030075t + 1.999\pi])\}, \{t,0,500\pi,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[B, \text{PlotJoined}\rightarrow\text{True}, \text{AxesLabel}\rightarrow\{X, Y\}]$$

1.2.3 Calypso โคจรรอบจุดลากรานจ์ที่ห้า

$$C = \text{Table}[\{x = 0.499 + 0.866(2\times10^{-3}\text{Cos}[0.9999t + 0.999\pi] + 2\times10^{-3}\text{Cos}[0.0030075t + 1.999\pi]) -$$
$$0.5(2\times10^{-3}\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t + 0.999\pi] + 2\times10^{-3}\times(-2\times10^{-3})\text{Sin}[0.0030075t + 1.999\pi]),$$
$$y = -0.866 + 0.5(2\times10^{-3}\text{Cos}[0.9999t + 0.999\pi] + 2\times10^{-3}\text{Cos}[0.0030075t + 1.999\pi] +$$
$$0.866(2\times10^{-3}\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t + 0.999\pi] + 2\times10^{-3}\times(-2\times10^{-3})\text{Sin}[0.0030075t + 1.999\pi])\}, \{t,0,500\pi,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[C, \text{PlotJoined}\rightarrow\text{True}, \text{AxesLabel}\rightarrow\{X, Y\}]$$

1.2.4 อนภาควงแหวนโคจรรอบจุดลากรานจ์ที่ห้า

$$D = \text{Table}[\{x = 0.499 + 0.866(2.5\times10^{-1}\text{Cos}[0.9999t + 0.999\pi] + 2.5\times10^{-1}\text{Cos}[0.0030075t + 1.999\pi]) -$$
$$0.5(2.5\times10^{-1}\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t + 0.999\pi] + 2.5\times10^{-1}\times(-2\times10^{-3})\text{Sin}[0.0030075t + 1.999\pi],$$
$$y = -0.866 + 0.5(2.5\times10^{-1}\times\text{Cos}[0.9999t + 0.999\pi] + 2.5\times10^{-1}\times\text{Cos}[0.0030075t + 1.999\pi] +$$
$$0.866(2.5\times10^{-1}\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t + 0.999\pi] + 2.5\times10^{-1}\times(-2\times10^{-3})\text{Sin}[0.0030075t + 1.999\pi])\}, \{t,0,500\pi,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[D, \text{PlotJoined}\rightarrow\text{True}, \text{AxesLabel}\rightarrow\{X, Y\}]$$

ภาคผนวก ง

2 การทดสอบทฤษฎีของเดอโมท,โกลต์ และ เมอร์เลย์ โดยใช้ระบบของดาวเสาร์กับไดโอนิ

2.1 โปรแกรมคำนวณสมการจาโคบิ

$$\text{PLot3D}[x\text{^}2+y\text{^}2+\frac{2(1-1.85\times10^{-6})}{\sqrt{(x+1.85\times10^{-6})\text{^}2+y\text{^}2}}+\frac{2(1.85\times10^{-6})}{\sqrt{(x-1+1.85\times10^{-6})\text{^}2+y\text{^}2}},\{x,-1-1.34\times10^{-6},1.5-1.34\times10^{-6}\},$$
$$\{y,-2,2\},\text{Mesh}\rightarrow\text{False},\text{PlotPoints}\rightarrow100,\text{ViewPoint}\rightarrow\{1.821,-1.696,2.293\},\text{AxesLabel}\rightarrow\{x,y,c\}]$$

2.2 การเคลื่อนที่น้อยยิ่งรอบจุดลากรานจ์ที่สี่ และ ห้า

2.2.1 Helene โคจรรอบจุดลากรานจ์ที่สี่

$$A=\text{Table}[\{x=0.499+0.866(6.58\times10^{-2}\text{Cos}[0.9999t+0.999\pi]+8.78\times10^{-2}\text{Cos}[0.0035t+1.999\pi])+$$
$$0.5(6.58\times10^{-2}\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t+0.999\pi]+8.78\times10^{-2}\times(-2.35\times10^{-3})\text{Sin}[0.0035t+1.999\pi]),$$
$$y=0.866-0.5\times(6.58\times10^{-2}\text{Cos}[0.9999t+0.999\pi]+8.78\times10^{-2}\text{Cos}[0.0035t+1.999\pi])+$$
$$0.866(6.58\times10^{-2}\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t+0.999\pi]+8.78\times10^{-2}\times(-2.35\times10^{-3})\text{Sin}[0.0035t+1.999\pi])\},\{t,0,500\pi,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[A,\text{PlotJoined}\rightarrow\text{True},\text{AxesLabel}\rightarrow\{X,Y\}]$$

2.2.2 อนุภาควงแหวนโคจรรอบจุดลากรานจ์ที่สี่

$$B=\text{Table}[\{x=0.499+0.866(0.11\text{Cos}[0.9999t+0.999\pi]+0.15\text{Cos}[0.0035t+1.999\pi])+$$
$$0.5(0.11\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t+0.999\pi]+0.15\times(-2.35\times10^{-3})\text{Sin}[0.0035t+1.999\pi]),$$
$$y=0.866-0.5(0.11\text{Cos}[0.9999t+0.999\pi]+0.15\text{Cos}[0.0035t+1.999\pi])+$$
$$0.866(0.11\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t+0.999\pi]+0.15\times(-2.35\times10^{-3})\text{Sin}[0.0035t+1.999\pi])\},\{t,0,500\pi,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[B,\text{PlotJoined}\rightarrow\text{True},\text{AxesLabel}\rightarrow\{X,Y\}]$$

2.2.3 Polydeuces โคจรรอบจุดลากรานจ์ที่ห้า

$$C=\text{Table}[\{x=0.499+0.866(0.33\text{Cos}[0.9999t+0.999\pi]+0.44\text{Cos}[0.0035t+1.999\pi])-$$
$$0.5(0.33\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t+0.999\pi]+0.44\times(-2.35\times10^{-3})\text{Sin}[0.0035t+1.999\pi]),$$
$$y=-0.866+0.5(0.33\text{Cos}[0.9999t+0.999\pi]+0.44\text{Cos}[0.0035t+1.999\pi]+$$
$$0.866(0.33\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t+0.999\pi]+0.44\times(-2.35\times10^{-3})\text{Sin}[0.0035t+1.999\pi])\},\{t,0,500\pi,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[C,\text{PlotJoined}\rightarrow\text{True},\text{AxesLabel}\rightarrow\{X,Y\}]$$

2.2.4 อนุภาควงแหวนโคจรรอบจุดลากรานจ์ที่ห้า

$$D=\text{Table}[\{x=0.499+0.866(0.41\text{Cos}[0.9999t+0.999\pi]+0.55\text{Cos}[0.0035t+1.999\pi])-$$
$$0.5(0.41\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t+0.999\pi]+0.55\times(-2.35\times10^{-3})\text{Sin}[0.0035t+1.999\pi],$$
$$y=-0.866+0.5(0.41\times\text{Cos}[0.9999t+0.999\pi]+0.55\times\text{Cos}[0.0035t+1.999\pi]+$$
$$0.866(0.41\times(-0.499)\text{Sin}[0.9999t+0.999\pi]+0.55\times(-2.35\times10^{-3})\text{Sin}[0.0035t+1.999\pi])\},\{t,0,500\pi,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[D,\text{PlotJoined}\rightarrow\text{True},\text{AxesLabel}\rightarrow\{X,Y\}]$$

ภาคผนวก จ

3 การทดสอบทฤษฎีโกลต์ริช และทรีเมนต์โดยใช้ระบบของดาวเสาร์กับโพมีทรีอัส กับ แพนดูล่า

3.1 โปรแกรมคำนวณสมการฮิลส์ของระบบดาวเสาร์กับโพมีทรีอัส

$$\text{Plot3D}\left[3(1.1689\times10^{-4})^2X^2+\frac{2(2.2011\times10^{10})}{\sqrt{(X-1.3901\times10^{8})^2+(Y-9.7206\times10^{6})^2}},\right.$$

$$\{X,1.3901\times10^{8},1.390722\times10^{8}\},\{Y,9.7205\times10^{6},9.7207\times10^{6}\},\text{Mesh}\rightarrow\text{False},$$

$$\text{PlotPoints}\rightarrow100,\text{ViewPoint}\rightarrow\{1.598,-2.868,0.819\},$$

$$\left.\text{AxesLabel}\rightarrow\{X[m],Y[m],C[J/kg]\}\right]$$

3.2 สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาควงแหวนเนื่องมาจากดาวโพมีทีอัส

$$A=\text{Table}\{\{X=1.39072\times10^{5}-20e^{1.35\times10^{-2}t}-20e^{-1.35\times10^{-2}t}-108\text{Cos}[9.57\times10^{-3}t]-20\text{Sin}[9.57\times10^{-3}t],$$

$$Y=9.7206\times10^{3}-50e^{1.35\times10^{-2}t}-10e^{-1.35\times10^{-2}t}-40\text{Cos}[9.57\times10^{-3}t]+216\text{Sin}[9.57\times10^{-3}t]\},$$

$$\{t,-100,350,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[A,\text{PlotJoined}\rightarrow\text{True},\text{AxesLabel}\rightarrow\{x[km],y[km]\}]$$

3.3 โปรแกรมคำนวณสมการฮิลส์ของระบบดาวเสาร์กับแพนดูล่า

$$\text{Plot3D}\left[3(1.1689\times10^{-4})^2X^2+\frac{2(1.294\times10^{10})}{\sqrt{(X-1.417\times10^{8})^2+Y^2}},\right.$$

$$\{X,1.415\times10^{8},1.417\times10^{8}\},\{Y,-10^{-6},10^{-6}\},\text{Mesh}\rightarrow\text{False},\text{PlotPoints}\rightarrow100,$$

$$\left.\text{ViewPoint}\rightarrow\{-1.188,-3.093,0.687\},\text{AxesLabel}\rightarrow\{X[m],Y[m],C[j/kg]\}\right]$$

3.4 สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาควงแหวนเนื่องมาจากดาวแพนดูล่า

$$B=\text{Table}[\{X=1.4165\times10^{5}-60e^{0.016t}-60e^{-0.016t}-102\text{Cos}[0.011t]-40\text{Sin}[0.011t],$$

$$Y=130e^{0.016t}-50e^{-0.016t}-80\text{Cos}[0.011t]+204\text{Sin}[0.011t]\},\{t,-70,250,.1\}]$$

$$\text{ListPlot}[B,\text{PlotJoined}\rightarrow\text{True},\text{AxesLabel}\rightarrow\{x[km],y[km]\}]$$

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นาย พิทักษ์พงศ์ ณ ลำพูน

วัน เดือน ปีเกิด 13 ตุลาคม 2520

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จบปีการศึกษา 2543