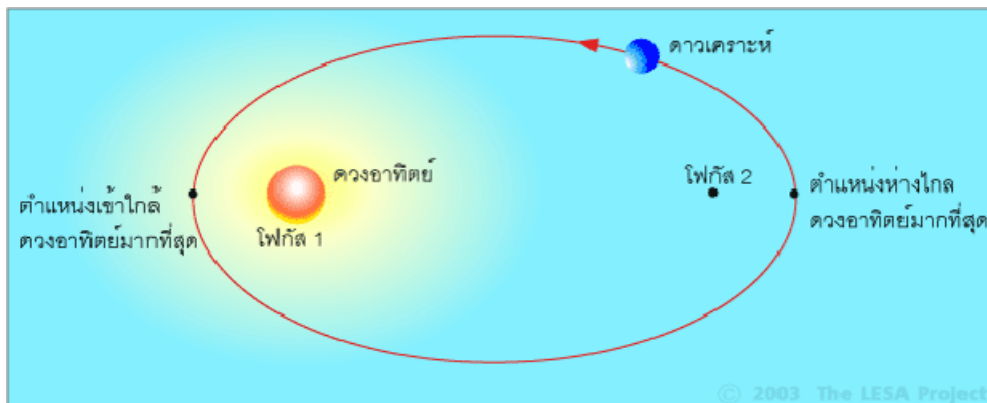


# กฎของเคปเลอร์ (Kepler's laws)



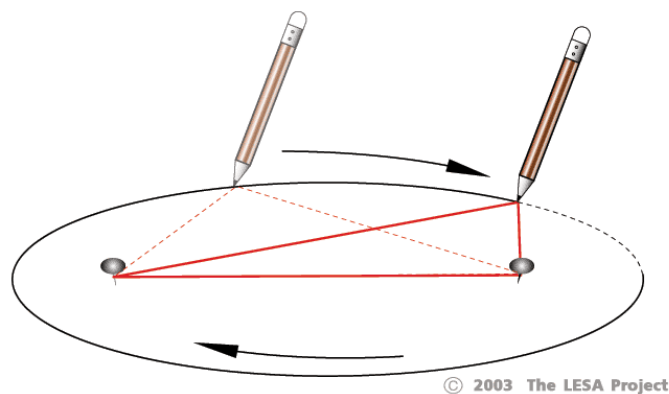
ภาพที่ 1 โจฮานเนส เคปเลอร์

นักปราชญ์ในยุคก่อนเชื่อว่า วงโคจรของดาวเคราะห์เป็นรูปร่างกลมที่สมบูรณ์ จนกระทั่ง **โจฮานเนส เคปเลอร์ (Johannes Kepler)** นักดาราศาสตร์ชาวเยอรมันซึ่งมีชีวิตอยู่ในระหว่าง ค.ศ.1571 – 1630 ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตำแหน่งของดาวเคราะห์ ที่ได้จากการตรวจวัดจากการสังเกตการณ์อย่างละเอียด แล้วทำการคำนวณย้อนกลับ พบว่าผลของการคำนวณซึ่งถือเอาวงโคจรเป็นรูปวงกลมนั้น ไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ แต่กลับสอดคล้องกับผลของการคำนวณซึ่งถือเอาวงโคจรเป็นรูปวงรี ในปี ค.ศ.1609 เคปเลอร์ได้ประกาศว่า **“ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่โฟกัสจุดหนึ่ง”** (กฎข้อที่ 1 กฎของวงรี)

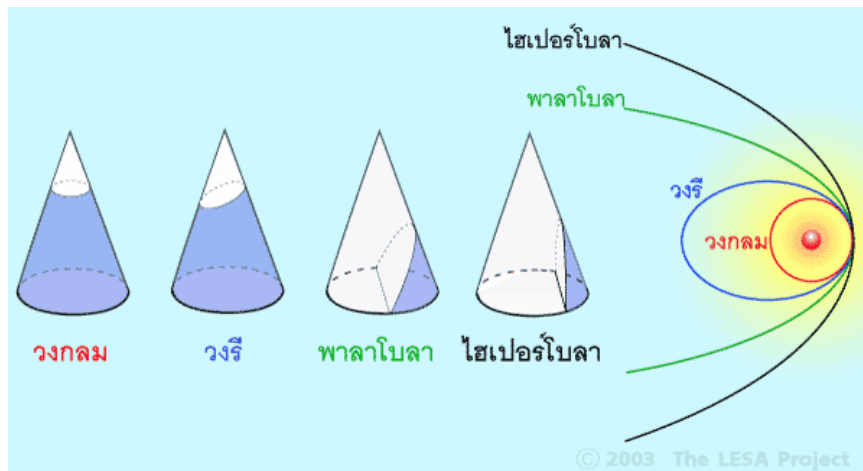


ภาพที่ 2 วงโคจรของดาวเคราะห์เป็นวงรี

หมายเหตุ: การสร้างวงรี สามารถทำได้โดย 2 วิธีคือ วิธีซึ่งเชือก สร้างสามเหลี่ยมระหว่างจุดโฟกัส 2 จุดและปลายดินสอ จากนั้นลากดินสอรอบจุดโฟกัส โดยให้เส้นเชือกตึงอยู่ตลอดเวลา ดังภาพที่ 3 และวิธีภาคตัดกรวย ในภาพที่ 4

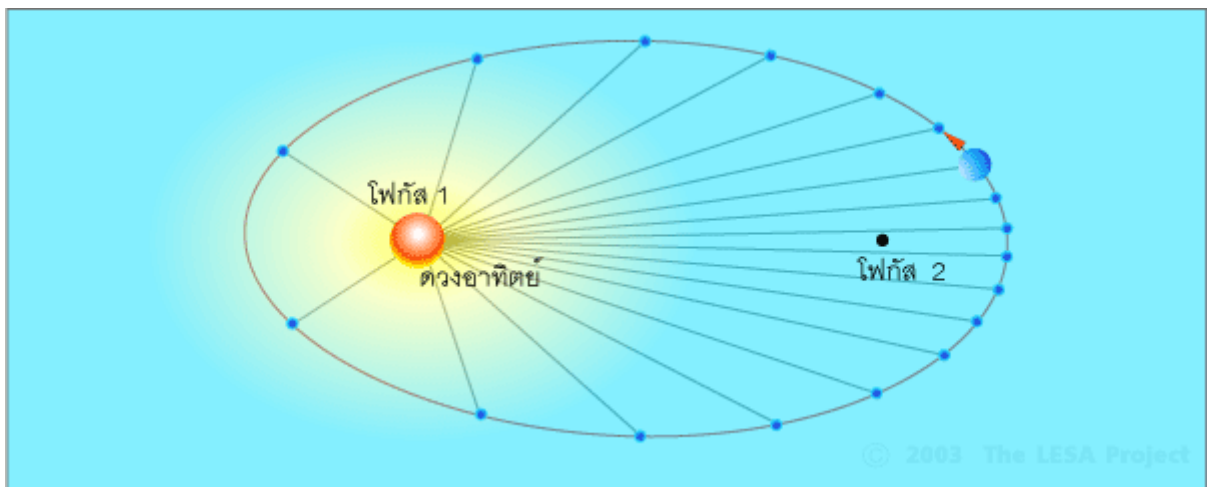


ภาพที่ 3 วงโคจรของดาวเคราะห์เป็นวงรี



ภาพที่ 4 ภาคตัดกรวยชนิดต่าง ๆ

ในปีเดียวกัน เคปเลอร์พบว่า ความเร็วในวงโคจรของดาวเคราะห์มีค่าคงที่ แต่จะเคลื่อนที่เร็วเมื่อเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ และเคลื่อนที่ช้าลงเมื่อออกห่างจากดวงอาทิตย์ เคปเลอร์พบว่า **“เมื่อดาวเคราะห์เคลื่อนที่ตามวงโคจรไปในแต่ละช่วงเวลา 1 หน่วย เส้นสมมติที่ลากโยงระหว่างดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์ จะกวาดพื้นที่ในอวกาศไปได้เท่าๆ กัน”** (กฎข้อที่ 2 ของพื้นที่เท่ากัน)



ภาพที่ 5 พื้นที่ที่กวาดไปช่วงเวลาที่เท่ากัน ย่อมมีขนาดเท่ากัน

เก้าปีต่อมา ในปี ค.ศ.1618 เคปเลอร์พบว่า พื้นที่ของคาบวงโคจรของดาวเคราะห์ (คำว่า “พื้นที่” หมายถึง กำลังสอง) จะแปรผันตาม ปริมาตรของระยะห่างจากดวงอาทิตย์เสมอ (คำว่า “ปริมาตร” หมายถึง กำลังสาม) หรือพูดอย่างง่ายว่า **“กำลังสองของคาบวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ จะแปรผันตาม กำลังสามของระยะห่างจากดวงอาทิตย์”** เมื่อนำค่ายกกำลังสองของคาบวงโคจรของดาวเคราะห์ ( $p^2$ ) มาหารด้วย ค่ากำลังสามของระยะห่างจากดวงอาทิตย์  $a^3$  จะได้ค่าคงที่เสมอ ( $p^2/a^3 = k$ ,  $k$  เป็นค่าคงที่) มีว่าจะเป็นดาวเคราะห์ดวงใดก็ตาม กฎข้อที่ 3 นี้เรียกว่า **“กฎฮาร์มอนิก” (Harmonic Law)**

	คาบการโคจรรอบ ดวงอาทิตย์ (ปี)		ระยะห่างจาก ดวงอาทิตย์ (AU)		กฎข้อที่ 3 ของเคปเลอร์
	p	p <sup>2</sup>	a	a <sup>3</sup>	p <sup>2</sup> /a <sup>3</sup>
ดาวพุธ	0.24	0.06	0.39	0.06	0.97
ดาวศุกร์	0.62	0.38	0.72	0.37	1.03
โลก	1	1.00	1.00	1.00	1.00
ดาวอังคาร	1.9	3.61	1.52	3.51	1.03
ดาวพฤหัสบดี	12	144	5.20	140.61	1.02
ดาวเสาร์	29	841	9.50	857.38	0.98
ดาวยูเรนัส	84	7,056	19.20	7,077.89	1.00
ดาวเนปจูน	164	26,896	30.07	28,189.44	0.99
ดาวพลูโต	248	61,504	39.72	62,655.39	0.98

ตารางที่ 1 กฎข้อที่ 3 ของเคปเลอร์

ระยะทาง 1 หน่วยดาราศาสตร์ หรือ 1 AU (Astronomical Unit) เท่ากับ ระยะทางเฉลี่ยจากโลกไปยังดวงอาทิตย์ หรือ 149,600,000 ล้านกิโลเมตร

**สรุป กฎของเคปเลอร์:**

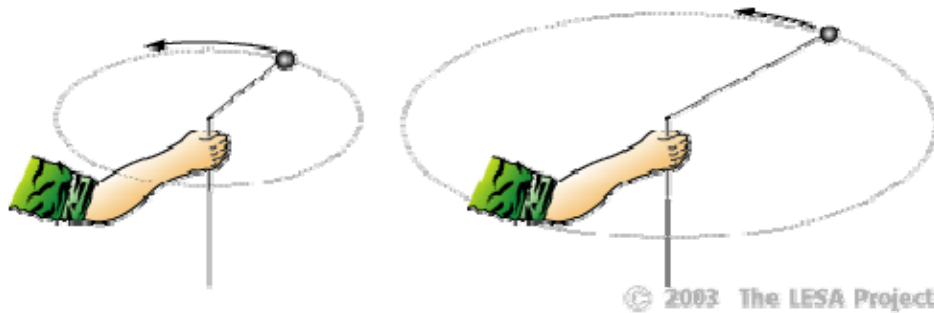
- ข้อที่ 1: ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่โฟกัสจุดหนึ่ง
- ข้อที่ 2: เส้นตรงที่โยงระหว่างดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์ จะกวาดเป็นพื้นที่เท่าๆ กัน ในช่วงเวลาที่เท่ากัน
- ข้อที่ 3: กำลังสองของคาบวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ แปรผันตาม กำลังสามของระยะห่างจากดวงอาทิตย์  
( $p^2/a^3 = k$ ,  $k$  เป็นค่าคงที่)

## การทดสอบกฎของเคปเลอร์ ข้อที่ 3

ระดับชั้นเรียน: มัธยมศึกษา

กำหนดเวลา: 1 ชั่วโมง

วัตถุประสงค์: ให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของระยะห่างและคาบการโคจรของดาวเคราะห์ ตามกฎของเคปเลอร์ ข้อที่ 3 ที่ว่า “กำลังสองของคาบวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ จะแปรผันตาม กำลังสามของระยะห่างจากดวงอาทิตย์”



อุปกรณ์สาธิตวงโคจรของวัตถุ

อุปกรณ์:

1. อุปกรณ์สาธิตวงโคจรของวัตถุ
2. ใบงานกิจกรรมการทดสอบกฎข้อที่ 3 ของเคปเลอร์
3. เครื่องคิดเลข (ตามความเหมาะสม)

การดำเนินกิจกรรม:

แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ตามความเหมาะสม คุณครูอธิบายความเป็นมาของกฎข้อนี้อย่างคร่าวๆ เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพรวม ก่อนที่จะลงมือทำกิจกรรม

แจกใบงานกิจกรรมการทดสอบกฎของเคปเลอร์ ข้อที่ 3 ให้นักเรียนคำนวณตามแบบฝึกหัดในใบงานกิจกรรมที่แจกให้ เพื่อหาค่า  $p^2/a^3$  ของดาวเคราะห์แต่ละดวงในระบบสุริยะ

จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาเปรียบเทียบ ค่าที่ได้จากการคำนวณของดาวแต่ละดวงว่า มีความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันอย่างไร

สรุปการทำกิจกรรม:

หลังจากที่นักเรียนทำกิจกรรมการแล้ว ให้นักครูอธิบายหลักการของกฎข้อนี้อย่างละเอียด โดยใช้อุปกรณ์สาธิตวงโคจรของวัตถุ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในกฎของเคปเลอร์ ได้ดียิ่งขึ้น

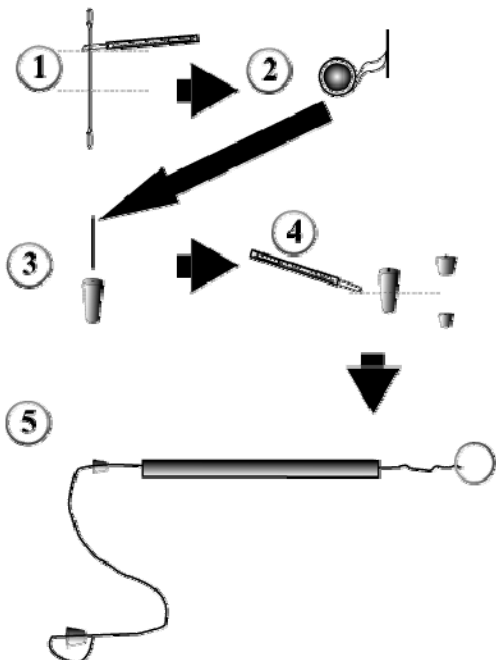
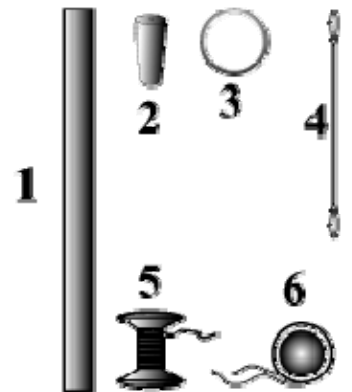
## อุปกรณ์สาธิตวงโคจรของวัตถุ



**วัตถุประสงค์:** ใช้สำหรับสาธิตความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง และคาบวงโคจรของวัตถุ

### รายการอุปกรณ์:

1. ท่อร้อยสายไฟ ขนาด 2 Һุน (เล็กที่สุด) ยาว 6 เซนติเมตร
2. จุกยางเบอร์ 3 จำนวน 1
3. Һ่วง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว
4. ไม้ค้ำลิ้นหุ (Cotton brush)
5. เชือกไนล่อน เส้นเล็ก ยาว 1 เมตร
6. เทปพันสายไฟ หรือ เทปใส



### วิธีการประกอบ:

1. ใช้มีดตัดก้านไม้ค้ำลิ้นหุให้ได้ขนาดความยาวประมาณจุกยาง (ตัดส่วนของพันล้าทิ้งไป)
2. พันเทปพันสายไฟ หรือเทปใส รอบแกนไม้ค้ำลิ้นหุ ให้หนาเท่ากับรูของจุกยาง
3. นำแกนไม้ค้ำลิ้นหุที่พันเทปใส สวมเข้ากับรูของจุกยางให้แน่น
4. ใช้มีดตัดแบ่งครึ่งจุกยาง ดังรูป
5. นำเชือกมัดเข้ากับจุกยางส่วนบน และร้อยเข้ากับจุกยาง ส่วนล่างของท่อร้อยสายไฟ และหุ้วง ดังรูป
6. อุดจุกยางส่วนล่าง เข้ากับ ท่อร้อยสายไฟ

### ใบงานการทดสอบกฎของเคปเลอร์ ข้อที่ 3

จงพิสูจน์กฎข้อที่ 3 ของเคปเลอร์ ที่ว่า สัดส่วนของ “ค่ากำลังสองของคาบการหมุน” ( $p^2$ ) และ “ค่ากำลังสามของระยะทางจากดวงอาทิตย์” ( $a^3$ ) เป็นค่าคงที่

	คาบการโคจร รอบดวงอาทิตย์ (ปี)		ระยะห่างจาก ดวงอาทิตย์ (AU)		กฎข้อที่ 3 ของเคปเลอร์
	<b>p</b>	<b>p<sup>2</sup></b>	<b>a</b>	<b>a<sup>3</sup></b>	<b>p<sup>2</sup>/a<sup>3</sup></b>
ดาวพุธ	0.24		0.39		
ดาวศุกร์	0.62		0.72		
โลก	1		1.00		
ดาวอังคาร	1.9		1.52		
ดาวพฤหัสบดี	12		5.20		
ดาวเสาร์	29		9.50		
ดาวยูเรนัส	84		19.20		
ดาวเนปจูน	164		30.07		
ดาวพลูโต	248		39.72		

หมายเหตุ: ระยะทาง 1 หน่วยดาราศาสตร์ หรือ 1 AU (Astronomical Unit) เท่ากับ ระยะทางเฉลี่ยจากโลกไปยังดวงอาทิตย์ 149,600,000 ล้านกิโลเมตร

<b>หนังสืออิเล็กทรอนิกส์</b>	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
<b>การทดลองเสมือน</b>	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
<b>แบบฝึกหัดกลาง</b>	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
<b>ความรู้รอบตัว</b>	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

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

