คำแนะนำการใช้

ชุดกิจกรรมที่ 2
เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว

ชุดกิจกรรมเทคนิคแอทลาสวิชาฟิสิกส์ 1 มีทั้งหมด 3 ชุด
ชุดนี้เป็นชุดที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว
นักเรียนควรทำกิจกรรมตามขั้นตอนต่อไปนี้

แบ่งกลุ่มๆ ละ 3-5 คน

↓

ศึกษาจุดประสงค์/ผลการเรียนรู้

↓

ทำแบบทดสอบก่อนเรียน

↓

ทำกิจกรรม ตามชุดกิจกรรม

↓

ศึกษาทบทวน

↓

ทำแบบทดสอบหลังเรียน

ผังการจัดห้องเรียน
โต๊ะครู
ประตู 1
กลุ่มที่ 1
กลุ่มที่ 2
กลุ่มที่ 3
กลุ่มที่ 4
กลุ่มที่ 5
กลุ่มที่ 6
กลุ่มที่ 7
กลุ่มที่ 8
ประตู 2

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่ แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

สาระสำคัญ

การเคลื่อนที่แบบวงกลม เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นรูปวงกลม โดยมีแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นรูปวงกลมมีทิศเข้าหาศูนย์กลางของการเคลื่อนที่ เรียกแรงนี้ว่า **แรงสู่ศูนย์กลาง** แรงนี้ทำให้ความเร็วของการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยทิศความเร็วอยู่ในแนวเส้นสัมผัสวงกลม จึงทำให้เกิด **ความเร่งสู่ศูนย์กลาง** ตัวอย่างวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลมเช่น การเคลื่อนที่บนทางโค้งของรถ การเหวี่ยงมวลที่ผูกกับเชือกให้เป็นวงกลม การโคจรของดาวเทียมสื่อสาร รถไต่ถัง เป็นต้น

ผลการเรียนรู้

วิเคราะห์และอธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่แบบวงกลมแสดงความสัมพันธ์และคำนวณหาปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่แบบวงกลม

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมชุดนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายและลักษณะของการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้
2. ทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมและสรุปเป็นความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้
3. บอกปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมและคำนวณหาปริมาณต่างๆ เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้ได้
4. อธิบายประโยชน์และการนำไปใช้งานของการศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้

ความรู้พื้นฐานที่จำเป็น

1. การหาเวกเตอร์ลัพธ์และการแยกเวกเตอร์
2. กฎการเคลื่อนที่ ของนิวตัน
3. แรงเสียดทาน
4. งานและพลังงาน
5. ฟังก์ชันตรีโกณมิติของมุมที่พบบ่อยๆ

แบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด แล้วกาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1) วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้น ความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

2) วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม มีแรงสู่ศูนย์กลางเกิดขึ้นเสมอ

3) วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม มีความเร่งสู่ศูนย์กลางเกิดขึ้นเสมอ

ข้อที่ถูกต้องคือ

ก. ข้อ 1 และข้อ 2 ข. ข้อ 1 และข้อ 3

ค. ข้อ 2 และข้อ 3 ง. ข้อ 1,2 และข้อ 3

2. ข้อใดกล่าวผิดในการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุ

ก. ทิศความเร็วคือเส้นสัมผัสเส้นโค้ง ข. เมื่อครบ 1 รอบมุมเป็น 2π เรดียน

ค. เวลาครบ 1 รอบ คือความถี่ ง. เวลาครบ 1 รอบ คือคาบ

3. รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1200 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนถนนโค้งด้วยอัตราเร็ว 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถ้ารัศมีของการเคลื่อนที่เป็น 100 เมตร จงหาแรงสู่ศูนย์กลาง

ก. 1200 นิวตัน ข. 1555 นิวตัน

ค. 3600 นิวตัน ง. 4800 นิวตัน

4. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่แบบวงกลมรัศมี 1 เมตร โดยเคลื่อนที่ได้ 6 รอบ ในเวลา 3 วินาที จงหาความถี่และคาบของการเคลื่อนที่นี้

ก. 0.5 เฮิรตซ์ , 2 วินาที ข. 2 เฮิรตซ์ , 0.5 วินาที

ค. 6 เฮิรตซ์ , 3 วินาที ง. 3 เฮิรตซ์ , 6 วินาที

5. เด็กคนหนึ่งปั่นจักรยานบนทางโค้งด้วยอัตราเร็ว 6 เมตร/วินาที รัศมีความโค้งน้อยที่สุดเท่าใดที่จักรยานไม่ล้มถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนนเท่ากับ 0.3

ก. 4 เมตร ข. 6 เมตร

ค. 8 เมตร ง. 40 เมตร

6. รถจักรยานยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 108 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามทางโค้งรัศมีความโค้ง 100 เมตร ถ้าถนนอยู่ในแนวระดับ คนขับต้องเอียงตัวให้รถจักรยานยนต์ทำมุมกับแนวดิ่งเท่าใด

ก. $\theta = tan^{-1}0.1$ ข. $\theta = tan^{-1}0.75$

ค. $\theta = tan^{-1}0.9$ ง. $\theta = tan^{-1}0.45$

7. วัตถุมวล 0.2 กิโลกรัม เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 2 เมตร ด้วยอัตราเร็วคงตัว มีคาบการเคลื่อนที่ 12 วินาที จงหาแรงสู่ศูนย์กลางของวัตถุ

ก. 0.1 นิวตัน ข. 0.2 นิวตัน

ค. 2.0 นิวตัน ง. 1.2 นิวตัน

8. ผูกเชือกเบาติดกับลูกบอลมวล 0.1 กิโลกรัม แกว่งเชือกให้เป็นวงกลมในแนวดิ่ง รัศมี 0.4 เมตร ด้วยอัตราเร็วเชิงเส้น 4 เมตร/วินาที จงหาแรงตึงของเชือกขณะที่ลูกบอลอยู่ที่จุดต่ำสุด

ก. 1 นิวตัน ข. 3 นิวตัน

ค. 4 นิวตัน ง. 5 นิวตัน

9. ในการโคจรของดาวเทียมรอบโลกจากหัวข้อต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูก

1) ดาวเทียมสื่อสารต้องมีคาบเท่ากับคาบการหมุนรอบตัวเองของโลก

2) กำลังสองของคาบแปรผันตรงกับรัศมีวงโคจรยกกำลังสาม ($T^2 \propto r^3$)

3) อัตราเร็วเชิงเส้นไม่เกี่ยวข้องกับรัศมีวงโคจร

ข้อที่ถูกต้องคือ

ก. ข้อ 1 และข้อ 2 ข. ข้อ 1 และข้อ 3

ค. ข้อ 2 และข้อ 3 ง. ข้อ 1,2 และข้อ 3

10. การหมุนรอบตัวเองของโลกใช้เวลา 24 ชั่วโมง กำหนดรัศมีโลกเท่ากับ 6.37×10^6 เมตร จงหาอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุที่หยุดนิ่งอยู่บนผิวโลก

ก. 432 เมตร/วินาที ข. 463 เมตร/วินาที

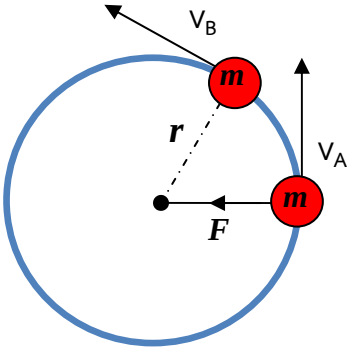
ค. 637 เมตร/วินาที ง. 864 เมตร/วินาที

ใบความรู้ที่ 1

การเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular Motion)

⊙ ลักษณะทั่วไปของการเคลื่อนที่แบบวงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลม คือการเคลื่อนที่ ที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นรูปวงกลมอัน เนื่องจากแรงที่มีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เรียกแรงนี้ว่า แรงสู่ศูนย์กลาง แรงนี้ทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนทิศตลอดเวลาโดยที่ความเร็วมีทิศตามเส้นสัมผัสเส้นโค้งดังภาพที่ 1



ก.

ภาพจาก: http://www.tutorvista.com

ข.

ภาพที่ 1 แรงกับความเร็วของการเคลื่อนที่แบบวงกลม

แรงสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Force : F_C)

จากกิจกรรมที่ 1 ได้ความสัมพันธ์ ของแรงสู่ศูนย์กลางกับคาบและรัศมีดังนี้

การทดลองตอนที่ 1 ได้ $T^2 \propto r$

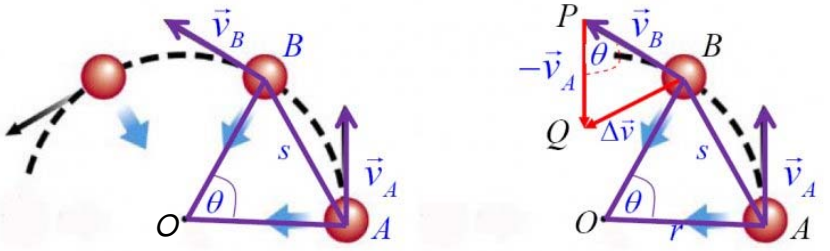
การทดลองตอนที่ 1 ได้ $T^2 \propto \frac{1}{F}$

$$T^2 \propto \frac{r}{F} \quad \text{----------} \ ①$$

แทนค่า T จากความสัมพันธ์ $T = \frac{2\pi r}{v}$ ลงใน ① จึงได้ $F \propto \frac{v^2}{r}$

ดังนั้นสมการของแรงสู่ศูนย์กลาง $F = k\frac{v^2}{r}$ ---------- ②

ความเร่งสู่ศูนย์กลาง (Centripetal acceleration : a_C)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนววงกลมทำให้เกิดความเร่ง

จากรูปจะเห็นว่ารูปสามเหลี่ยม AOB กับสามเหลี่ยม BPQ เป็นสามเหลี่ยมคล้าย ดังนั้นจะได้ว่า $\frac{BQ}{\mathrm{AB}} = \frac{PQ}{OA}$ เนื่องจากวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ v ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งจึงมีขนาดเท่ากัน ดังนั้น $v_{\mathrm{A}} = v_{\mathrm{B}} = v$ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป B ในช่วงเวลาสั้นๆ Δt ดังนั้น A และ B จะอยู่ใกล้กันมาก อาจถือได้ว่าความยาวของส่วนโค้ง AB มีค่าเท่ากับเส้นตรง AB ซึ่งมีค่าเท่ากับ s หรือ $v\Delta t$ จะเขียนได้ว่า

$$\frac{\Delta v}{v\Delta t} = \frac{v}{r}$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

ความเร่งสู่ศูนย์กลาง $a_c = \frac{v^2}{r}$ ---------- ③

จากกฎข้อ 2 ของนิวตันและความเร่งใน ③ จะได้

แรงสู่ศูนย์กลาง $F_c = \frac{mv^2}{r}$ ---------- ④

ทั้งความเร่งสู่ศูนย์กลางและแรงสู่ศูนย์กลางมีทิศเข้าหาศูนย์กลางของการเคลื่อนที่วิธีหาทิศทางดูจากภาพที่ 2 ถ้าเวลาน้อย ๆ $\Delta\vec{v}$ มีทิศตั้งฉากกับ v

☺ คำถามก่อนทำกิจกรรม

1. รัศมีความโค้งมีผลต่อคาบของการเคลื่อนที่แบบวงกลมหรือไม่

2. ในการแกว่งสายเชือกเป็นวงกลมแรงดึงในเส้นเชือกส่งผลต่อคาบของการเคลื่อนที่แบบวงกลมหรือไม่

3. ความเร็วมีผลต่อแรงสู่ศูนย์กลางหรือไม่ ให้ยกตัวอย่างประกอบ

ใบกิจกรรมที่ 1

การเคลื่อนที่ในแนววงกลม

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คาบ และแรงสู่ศูนย์กลางของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับเมื่อรัศมีคงตัว

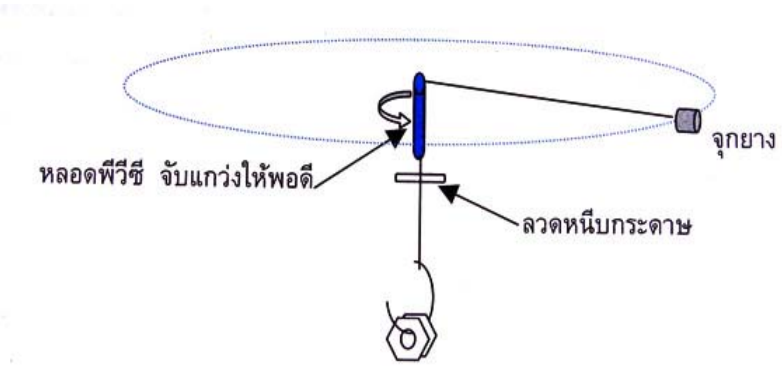
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คาบ และรัศมีของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับเมื่อแรงสู่ศูนย์กลางคงตัว

อุปกรณ์

ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม ประกอบด้วย

1. ท่อ พีวีซี ยาว 60 ซ.ม.
2. จุกยาง 1 อัน
3. ขอเกี่ยว 1 อัน
4. สายเชือกยาว 2 เมตร 1 เส้น
5. นอตขนาดเดียวกัน 6 ตัว
6. ลวดหนีบกระดาษ 1 ตัว

วิธีทดลอง



ภาพที่ 3 การจัดอุปกรณ์การทดลอง

การทดลองมี 2 ตอน

ตอนที่ 1 กำหนดให้ความยาวสายเชือกจากท่อพีวีซีกับนอตคงตัว ให้จับเวลาการเคลื่อนที่ของจุกยางครบ 30 รอบแล้วเพิ่มจำนวนนอตขึ้นทีละตัวเพราะแรงแนวราบของแรงตึงเชือก เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง

ตอนที่ 2 กำหนดให้แรงสู่ศูนย์กลางคงตัวทำได้โดยควบคุมจำนวนนอต เพิ่มความยาวเชือกแล้วจับเวลา ทำการทดลอง 5 ครั้ง และบันทึกผลลงตารางบันทึกผล

⊙ ให้นักเรียนร่วมกันทำรายงานผลการทดลองลงในแบบรายงานผลกิจกรรมที่ 1

แบบรายงานกิจกรรมที่ 1

เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนววงกลม

สมาชิกในกลุ่ม

1. _____ 2. _____

3. _____ 4. _____

5. _____ 6. _____

สมมติฐานการทดลอง

_____

_____

ตอนที่ 1

ตัวแปรต้น คือ _____

ตัวแปรตาม คือ _____

ตัวแปรควบคุม คือ _____

ตอนที่ 2

ตัวแปรต้น คือ _____

ตัวแปรตาม คือ _____

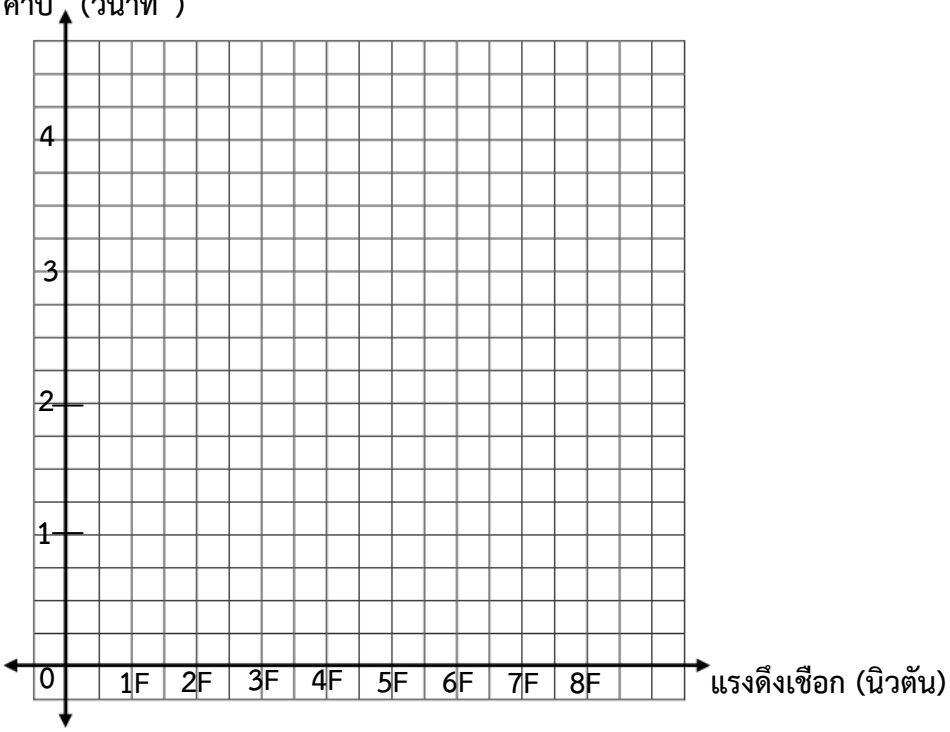
ตัวแปรควบคุมคือ _____

ผลการทดลอง

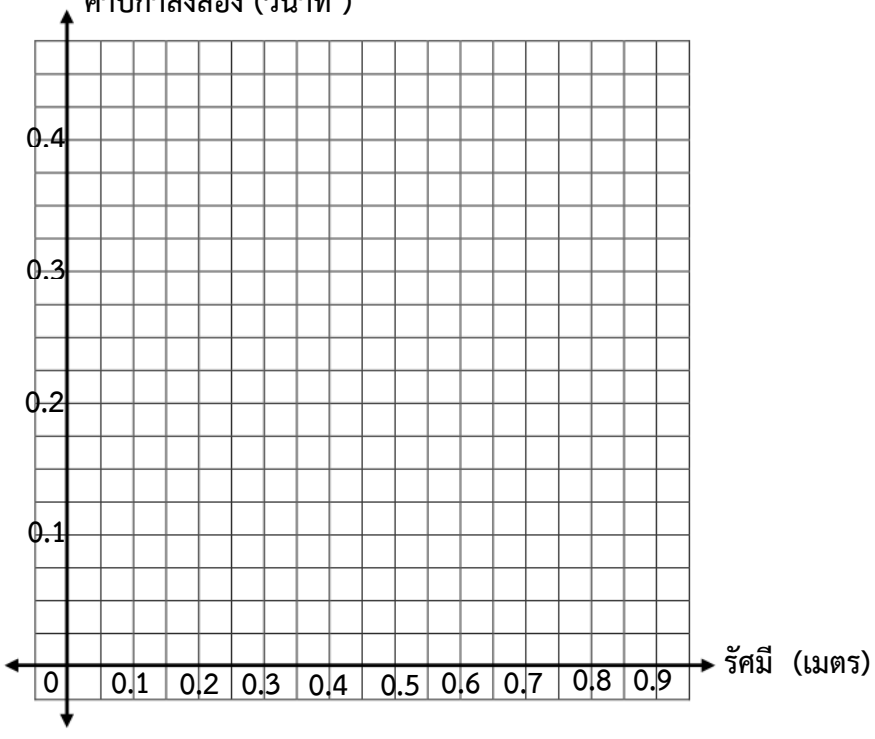
ตารางบันทึกผล

ครั้งที่	ตอนที่ 1 (รัศมีคงตัว)				ตอนที่ 2 (แรงคงตัว)			
	แรง (N)	เวลา 30 รอบ (s)	คาบ(s)	คาบ$^{-2}$ (s^{-2})	รัศมี (m)	เวลา 30 รอบ (s)	คาบ (s)	คาบ^{2} (s^{2})
1								
2								
3								
4								
5								
6								

กราฟระหว่าง ส่วนกลับของคาบกำลังสอง ($\frac{1}{T^2}$) กับ แรง (F)



กราฟระหว่าง คาบกำลังสอง (T^2) กับ รัศมี (r)



คำถามหลังการทดลอง

1. จากกราฟตอนที่ 1 เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่าอย่างไร

2. จากกราฟตอนที่ 2 เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่าอย่างไร

3. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองครั้งนี้ได้ว่าอย่างไร

แบบฝึกทักษะที่ 1

เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนววงกลม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำตอบที่ถูกต้อง

1. ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย ✓ หน้า หัวข้อที่ถูกต้องและกาเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อที่ผิด

.....1.1 การขับรถยนต์บนถนนโค้งเป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลม

.....1.2 การหมุนของล้อรถเป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลม

.....1.3 การโคจรของดาวเทียมสื่อสารไม่เป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลม

.....1.4 การเคลื่อนที่แบบวงกลม แรงมีทิศเดียวกับความเร็ว

.....1.5 ความเร่งของการเคลื่อนที่แบบวงกลม เรียกว่าความเร่งสู่ศูนย์กลาง

.....1.6 แรงกระทำจากผนังถังของรถไต่ถังเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง

.....1.7 แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับกำลังสองของความเร็วและแปรผันแบบผกผันกับรัศมี

.....1.8 ที่อัตราเร็วของการเคลื่อนที่เท่ากัน รถที่มีมวลมากกว่าจะเคลื่อนที่บนทางโค้งได้ปลอดภัยกว่ารถที่มีมวลน้อยกว่า

.....1.9 ความเร่งของการเคลื่อนที่แบบวงกลมมีทิศตามเส้นสัมผัสเส้นโค้งที่จุดนั้น

.....1.10 คาบของการเคลื่อนที่แปรผันตรงกับรัศมีของการเคลื่อนที่เมื่อแรงคงที่

2. รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1200 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนถนนโค้งด้วยอัตราเร็ว 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถ้ารัศมีของการเคลื่อนที่เป็น 100 เมตร จงหาแรงที่พื้นถนนกระทำต่อล้อรถ

.....

.....

.....

.....

3. เด็กคนหนึ่งแกว่งจุกยางมวล 20 กรัม ให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว 20 เมตร/วินาที ในระนาบระดับถ้าความยาวของสายเชือกระหว่างมือกับจุกยางเป็น 1 เมตร แรงตึงเชือกจะมีค่าเท่าใด และเกิดความเร่งสู่ศูนย์กลางท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 2

การเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular Motion)

⊙ ปริมาณที่เกี่ยวข้องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

⊡ **ความถี่** (Frequency : f) คือจำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในเวลา 1 วินาที มีหน่วย รอบต่อวินาที (s^{-1}) หรือ เฮิรตซ์ (Hz)

⊡ **คาบ** (Period : T) คือเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ มีหน่วย วินาที (s)

ความสัมพันธ์ระหว่าง ความถี่กับคาบของการเคลื่อนที่

$$f = \frac{1}{T}$$

⊡ **อัตราเร็วเชิงเส้น** (Linear speed : v) คือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ตามแนวเส้นรอบวงในหนึ่งหน่วยเวลา

$$v = \frac{s}{t}$$

ถ้าการเคลื่อนที่ครั้งนั้นครบรอบ จะได้ระยะทางคือ เส้นรอบวง ($s = 2\pi r$) และเวลาครบรอบคือคาบ (T) ดังนั้นอัตราเร็วเชิงเส้นจึงเขียนในรูปของความถี่และคาบได้เป็น

$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi rf$$

⊡ **อัตราเร็วเชิงมุม** (Angular speed : ω) คือมุมที่รัศมีของการเคลื่อนที่กวาดไปในหนึ่งหน่วยเวลา อัตราเร็วเชิงมุมมีหน่วย เรเดียนต่อวินาที (rad/s)

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

ถ้าการเคลื่อนที่ครั้งนั้นครบ 1 รอบ จะได้มุม (θ) คือ 2π เวลาคือคาบ (T) ดังนั้นอัตราเร็วเชิงมุมจึงเขียนได้เป็น

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็วเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุม คือ

$$v = \omega r$$

ตัวอย่างที่ 2.1 รถเด็กเล่นคันหนึ่ง เคลื่อนที่เป็นวงกลม รัศมี 5 เมตร เมื่อจับเวลาและนับจำนวนรอบในการเคลื่อนที่ ได้ 30 รอบ ใช้เวลา 20 วินาที จงหา ความถี่ คาบ อัตราเร็วเชิงเส้น และอัตราเร็วเชิงมุมของรถเด็กเล่นคันนี้

แนวคิด **ความถี่** คือ จำนวนรอบใน 1 วินาที

จากโจทย์ปัญหาพบว่าเวลา 20 วินาที เคลื่อนที่ได้ 30 รอบ

ถ้าเวลา 1 วินาที จะเคลื่อนที่ได้เท่ากับ **1.5** รอบ/วินาที

ความถี่ของการเคลื่อนที่ของรถคันนี้เท่ากับ **1.5** เฮิรตซ์ ---------- ตอบ

คาบ คือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ

จากปัญหา รถเคลื่อนที่ได้ 30 รอบ ใช้เวลา 20 วินาที

ถ้า 1 รอบ ใช้เวลา 20/30 = **0.67** วินาที

คาบการเคลื่อนที่ของรถเด็กเล่นคันนี้เท่ากับ 0.67 วินาที ---------- ตอบ

อัตราเร็วเชิงเส้น หาจาก $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{(2)(3.14)(5)}{0.67} = 46.86$

อัตราเร็วเชิงเส้นเท่ากับ **46.86** เมตร/วินาที ---------- ตอบ

อัตราเร็วเชิงมุม หาจาก $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{(2)(3.14)}{0.67} = 9.37$

อัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับ **9.37** เรเดียน/วินาที ---------- ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.2 มวล 0.2 กิโลกรัม ผูกอยู่กับปลายสายเชือก ยาว 1.5 เมตร แล้วเหวี่ยงให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบระดับ ด้วยคาบ 0.5 วินาที จงหา ความถี่ อัตราเร็วเชิงเส้น และความเร่งสู่ศูนย์กลาง ของมวลก้อนนี้

แนวคิด หาความถี่จากความสัมพันธ์ $f = \frac{1}{T}$

$$f = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ เฮิรตซ์}$$

หาอัตราเร็วเชิงเส้นจาก $v = \omega r = 2\pi f r$

$$v = (2)(3.14)(2)(1.5)$$

$$v = 18.84 \text{ เมตร/วินาที}$$

หาความเร่งสู่ศูนย์กลางจาก $a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(18.84)^2}{1.5}$

$$a_c = 236.63 \text{ เมตร/วินาที}^2$$

ดังนั้น ความถี่ของการเคลื่อนที่เท่ากับ **2** เฮิรตซ์ , อัตราเร็วเชิงเส้นเท่ากับ **18.84** เมตร/วินาที และ ความเร่งสู่ศูนย์กลางเท่ากับ **236.63** เมตร/วินาที^{2} ---------- ตอบ

แบบฝึกทักษะที่ 2

เรื่อง ปริมาณที่เกี่ยวข้องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำตอบที่ถูกต้อง

1. มอเตอร์ไซค์ไต่ถังคันหนึ่งเคลื่อนที่รอบถัง 80 รอบ ในเวลา 1 นาที ถ้าถังที่ไต่มีรัศมี 3 เมตร จงหา

ก) คาบและความถี่ของการเคลื่อนที่

ข) อัตราเร็วเชิงเส้น

ค) อัตราเร็วเชิงมุม

2. อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 7 เมตร ด้วยอัตราเร็วคงตัวโดยมีคาบการเคลื่อนที่ 16 วินาทีเมื่อเวลาผ่านไป 8 วินาที อนุภาคนี้เคลื่อนที่ได้ระยะทางกี่เมตร

3. ผูกมวล 2 กิโลกรัมกับเชือกเบายาว 2 เมตร เหวี่ยงให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบระดับ ถ้าแรงดึงในสายเชือกเท่ากับ 400 นิวตัน จงหาอัตราเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่

ใบความรู้ที่ 3

การนำหลักการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปใช้

⊙ การเคลื่อนที่ของรถบนทางโค้ง

⊡ รถยนต์บนถนนราบ

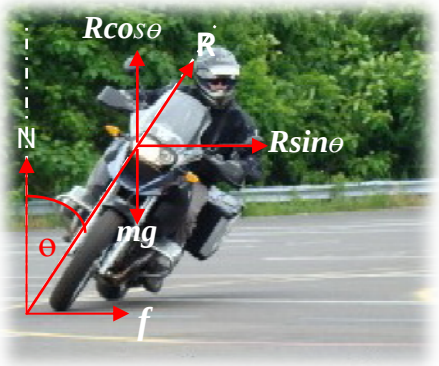
ภาพที่ 4 การเคลื่อนที่บนทางโค้งราบของรถยนต์

(ภาพจาก : www.bmw.com/showroom_carribean)

การเคลื่อนที่บนทางโค้งราบของรถยนต์ **แรงเสียดทานเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง**

$$f = \mu mg = \frac{mv^2}{r}$$

⊡ รถจักรยานยนต์หรือรถจักรยานบนถนนราบ



ภาพที่ 5 การเคลื่อนที่บนทางโค้งของรถจักรยานยนต์บนถนนราบ

การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์หรือรถจักรยานบนถนนราบ แรงลัพธ์ระหว่างแรงเสียดทานกับแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อล้อรถในแนวตั้งฉาก (R) มีทิศพุ่งผ่านจุดศูนย์กลางมวล ในกรณีนี้แรงองค์ประกอบแนวราบของแรงนี้ ($Rsin\theta$) จะเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง จากรูปจะได้ว่า

แนวราบ $$\frac{mv^2}{r} = Rsin\theta \quad \text{--------} \quad ①$$

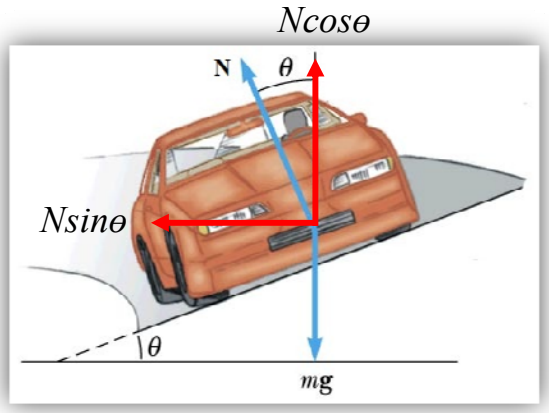
แนวดิ่ง $$mg = R\cos\theta \quad \text{----------} \quad ②$$

จาก ① และ ② จะได้ความสัมพันธ์

$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg} \quad \text{----------③}$$

เมื่อ θ เป็นมุมเอียงของรถ , r เป็นรัศมีการเคลื่อนที่ , v เป็นความเร็ว และ g เป็นความเร่งโน้มถ่วง

▣ รถจักรยานยนต์หรือรถยนต์บนถนนเอียง



ภาพ 6 การเคลื่อนที่ของรถยนต์บนถนนเอียง

(ภาพจาก www.ux1.eiu.edu/)

การเคลื่อนที่ของรถบนถนนเอียง ในกรณีนี้แรงองค์ประกอบแนวราบของแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากที่ถนนกระทำกับล้อรถ เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง จากกฎของนิวตันจะได้

แนวราบ $N\sin\theta = \frac{mv^2}{r}$ ---------- ①

แนวดิ่ง $N\cos\theta = mg$ ---------- ②

$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg} \quad \text{----------①/②}$$

ข้อสังเกต ถ้าถนนเอียงแรงเสียดทานมีผลน้อยมาก จึงมีความปลอดภัยสูงกว่าถนนไม่เอียง จะเห็นว่าความสัมพันธ์สุดท้ายเหมือนกันกับกรณีถนนไม่เอียงแต่ ค่ามุม θ ต่างกัน

นั่นคือ กรณีถนนราบ θ เป็นมุมเอียงของรถซึ่งกระทำกับแนวดิ่ง

กรณีถนนเอียง θ เป็นมุมเอียงของถนน ซึ่งกระทำกับแนวราบ

ตัวอย่างที่ 3.1 รถคันหนึ่งเลี้ยวโค้งบนถนนราบด้วยรัศมีความโค้ง 100 เมตร ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างล้อกับถนนเป็น 0.4 รถคันนี้จะเลี้ยวโค้งด้วยอัตราเร็วสูงสุดเท่าใดจึงปลอดภัย

แนวคิด จากข้อมูลที่มีเราทราบค่า r=100 m, μ=0.4 และ g=10 m/s^2 ต้องการหาความเร็วสูงสุด v โดยหาจาก $\mu = \frac{v^2}{rg}$

แทนค่า $0.4 = \frac{v^2}{100 \times 10}$

$v^2 = 400$, v = 20 m/s

อัตราเร็วสูงสุดที่เคลื่อนที่แล้วยังปลอดภัยเท่ากับ 20 เมตร/วินาที - - - - - - - -ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.2 รถจักรยานยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่บนทางโค้งที่เอียงทำมุม 30 องศา กับแนวระดับ ถ้าคนขับรถเอียงรถทำมุม 15 องศากับแนวที่ตั้งฉากกับพื้นเอียง จงหาว่ารถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดเท่าไรแล้วยังปลอดภัย เมื่อรัศมีความโค้งของถนน 160 เมตร

แนวคิด มุมเอียงของรถ + มุมเอียงของถนน = 45 องศา

จากความสัมพันธ์ $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$

$\tan 45^\circ = \frac{v^2}{160 \times 10}$

v = 40 m/s

รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดเท่ากับ 40 เมตร/วินาที - - - - - -ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.3 รถจักรยานยนต์เลี้ยวโค้งบนถนนรัศมีความโค้ง 0.1 กิโลเมตร ด้วยอัตราเร็ว 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง ได้อย่างปลอดภัยคนขับต้องเอียงตัวทำมุมกับแนวดิ่งกี่องศา

แนวคิด จากปัญหาเราทราบค่า r = 0.1 km = 100 m , v = 36 km/hr = 10 m/s

จากความสัมพันธ์ $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$

$\tan\theta = \frac{10^2}{100 \times 10}$

= 0.1

$\theta \approx 6^\circ$

คนขับต้องเอียงตัวทำมุมกับถนน 6 องศา - ตอบ

แบบฝึกทักษะที่ 3

เรื่อง การนำหลักการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปใช้

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

1. ถนนราบโค้งมีรัศมีความโค้ง 100 เมตร ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างล้อรถกับพื้นถนนมีค่าเท่ากับ 0.1 รถคันนี้จะเลี้ยวโค้งได้ด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไรจึงจะไม่ไถลออกนอกโค้ง

2. รถคันหนึ่งกำลังเลี้ยวโค้งด้วยอัตราเร็วสูงสุด 25 เมตรต่อวินาที โดยมีรัศมีความโค้ง 125 เมตร จงหาสัมประสิทธิ์ ของความเสียดทานระหว่างถนนกับล้อรถ

3. (มช 41) ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เลี้ยวโค้งบนถนนราบที่มีรัศมีความโค้ง 40 เมตร คนขับต้องเอียงรถทำมุม 37 องศากับแนวดิ่ง ขณะนั้นผู้ขับขี่ขับรถในอัตราเร็วกี่เมตรต่อวินาที

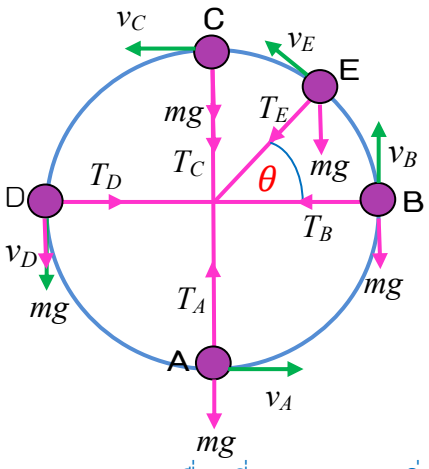
4. รถยนต์คันหนึ่งเลี้ยวโค้งรัศมีความโค้ง 100 เมตร ด้วยอัตราเร็วสูงสุด 25 เมตร/วินาที ได้อย่างปลอดภัยซึ่งช่วงนั้นเป็นเวลาที่ฝนกำลังตก ถ้ากำหนดให้ว่าในขณะฝนตกแรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนนเป็นหนึ่งในสี่ของแรงเสียดทานในขณะฝนไม่ตก ขณะฝนไม่ตกอัตราเร็วสูงสุดเท่าใด

ใบความรู้ที่ 4

การนำหลักการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปใช้

⊙ การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมในระนาบดิ่ง

ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมในระนาบดิ่งสามารถพิจารณาได้จากการนำวัตถุผูกเชือกเบาแล้วเหวี่ยงเชือกในระนาบดิ่ง วัตถุที่ปลายเชือกจะเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยวัตถุจะได้รับแรงกระทำไม่เท่ากันในแต่ละตำแหน่ง ดังภาพ



ภาพ 7 การเคลื่อนที่วงกลมระนาบดิ่ง

ตำแหน่ง	แรงสู่ศูนย์กลาง	แรงตึงสายเชือก
A	$T_A - mg = \frac{mv_A^2}{r}$	$T_A = \frac{mv_A^2}{r} + mg$
B	$T_B = \frac{mv_B^2}{r}$	$T_B = \frac{mv_B^2}{r}$
C	$T_C + mg = \frac{mv_C^2}{r}$	$T_C = \frac{mv_C^2}{r} - mg$
D	$T_D = \frac{mv_D^2}{r}$	$T_D = \frac{mv_D^2}{r}$
E	$T_E + mg\sin\theta = \frac{mv_D^2}{r}$	$T_E = \frac{mv_D^2}{r} - mg\sin\theta$

ข้อสังเกต แรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่แบบวงกลมระนาบดิ่งเท่ากับแรงลัพธ์ในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างน้ำหนักกับแรงตึงในสายเชือก

ตัวอย่างที่ 3.1 ผูกเชือกเบาติดกับลูกบอลมวล 0.3 กิโลกรัม แกว่งเชือกให้เป็นวงกลมในแนวดิ่งรัศมี 1 เมตร ด้วยอัตราเร็วคงตัว 5 เมตร/วินาที จงหาแรงดึงของเชือกขณะที่ลูกบอลอยู่ที่ตำแหน่งสูงสุด

แนวคิด ที่ตำแหน่งต่ำสุด $T_A = \frac{mv_A^2}{r} - mg$

$$= \frac{0.3\times 5^2}{1} - 0.3\times 10$$

$$= 4.5 \text{ N}$$

แรงดึงในสายเชือกที่ตำแหน่งต่ำสุดเท่ากับ 4.5 นิวตัน ---------- ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.2 รถไฟเหาะตีลังกา ขณะเคลื่อนที่บนทางโค้งในระนาบดิ่งรัศมี 5 เมตรขณะผ่านจุดต่ำสุดมีอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที จงหาแรงกระทำระหว่างคนกับที่นั่งมีค่าเป็นกี่นิวตัน

แนวคิด แรงที่กระทำต่อคนที่นั่งบนรถไฟเหาะคือแรงปฏิกิริยา(N) และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางการเคลื่อนที่ ที่ตำแหน่งต่ำสุด $N = \frac{mv^2}{r} + mg$

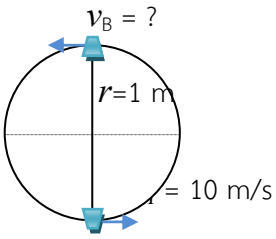
$$= \frac{50\times 20^2}{5} + 500$$

$$= 900 \text{ N}$$

แรงที่พื้นกระทำต่อคนที่นั่งบนรถไฟเหาะตีลังกาเท่ากับ 900 นิวตัน ---------- ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.3 เด็กคนหนึ่งใช้ถังน้ำผูกกับสายเชือกยาว 1 เมตร และใส่น้ำลงในถังแล้วนำไปชั่งได้ 0.5 กิโลกรัม แล้วเหวี่ยงให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบดิ่ง พบว่าที่ตำแหน่งต่ำสุดถังน้ำมีความเร็ว 10 เมตร/วินาที จงหาว่าที่ตำแหน่งสูงสุดน้ำจะหกหรือไม่และแรงตึงเชือกที่จุดสูงสุดเป็นเท่าใด

แนวคิด หาความเร็วที่จุดสูงสุดก่อน จากหลักอนุรักษ์พลังงาน



พลังงานกลรวมที่จุดต่ำสุด = พลังงานกลรวมที่จุดสูงสุด

$$\frac{1}{2}mv_A^2 = mgh + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\frac{1}{2}\times 10^2 = 10\times 2 + \frac{1}{2}\times v_B^2$$

$$v^2 = 60 \text{ (น้ำไม่หกเพราะความเร็วมากกว่าศูนย์)}$$

หาแรงตึงเชือกที่จุดสูงสุดจาก $T_B = \frac{mv_B^2}{r} - mg$

$$T_B = \frac{0.5\times 60}{1} - 0.5\times 10$$

$$= 25 \text{ N}$$

แรงตึงเชือกที่จุดสูงสุดเท่ากับ 25 นิวตัน และน้ำไม่หก ---------- ตอบ

แบบฝึกทักษะที่ 4

เรื่อง การนำหลักการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปใช้

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

1. ผูกมวล 1 กิโลกรัม ด้วยเชือกเบารัศมี 1 เมตร และให้เหวี่ยงเป็นวงกลมระนาบดิ่งในขณะที่เชือกอยู่ในแนวราบ มีแรงตึงในสายเชือกเป็น 10 นิวตัน แรงตึงเชือกที่จุดต่ำสุดเป็นเท่าใด

2. ลูกตุ้มเหล็กมวล 2 กิโลกรัม ผูกกับสายลวดสลิงยาว 3 เมตร ดึงให้ลวดสลิง ตึงและอยู่ในแนวระดับจงหาแรงตึงของลวดสลิงที่ตำแหน่งต่ำสุด และที่ ลวดสลิงทำมุม 60 องศากับแนวดิ่ง

ใบความรู้ที่ 5

การนำหลักการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปใช้

⊙ การเคลื่อนที่ของดาวเทียม

การเคลื่อนที่ของดาวเทียมสื่อสารที่โคจรอยู่รอบโลกนั้น อัตราเร็วเชิงมุมของดาวเทียมเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมในการหมุนรอบตัวเองของโลก อัตราเร็วเชิงเส้นของการโคจรจะขึ้นกับรัศมีของวงโคจร โดยที่แรงที่ทำให้ดาวเทียมสามารถโคจรรอบโลกอยู่ได้นั้นคือแรงดึงดูดระหว่างมวล

แรงสู่ศูนย์กลางในการโคจร

$$F_C = m\omega^2 r$$

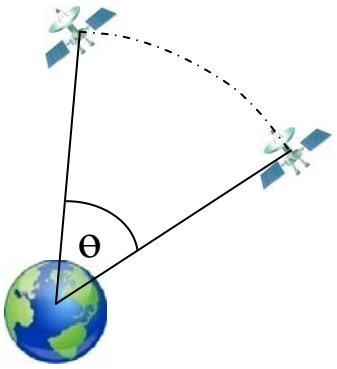
ความเร่งสู่ศูนย์กลางในการโคจร

$$a_C = \omega^2 r$$

แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง

$$\frac{Gm_e m}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$v^2 = \frac{Gm_e}{r}$$



ภาพที่ 8 การเคลื่อนที่ของดาวเทียม

เมื่อ $v = \omega r$ และ $\omega = \frac{2\pi}{T}$

ดังนั้น $(\omega r)^2 = \frac{Gm_e}{r}$

$$\frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{Gm_e}{r}$$

$$T^2 = \frac{4\pi r^3}{Gm_e}$$

จากความสัมพันธ์จะได้ว่า อัตราเร็วเชิงเส้นและคาบต่างแปรผันตามรัศมีของวงโคจร

ตัวอย่างที่ 5.1 ดาวเทียมสื่อสารดวงหนึ่งโคจรรอบโลก ด้วยรัศมีวงโคจร 12,742 กิโลเมตร อัตราเร็วเชิงเส้นของดาวเทียมดวงนี้เป็นเท่าใด

แนวคิด หาอัตราเร็วเชิงเส้นจากความสัมพันธ์ $v^2 = \frac{Gm_e}{r}$

$$v^2 = \frac{6.67\times10^{-11}\times5.98\times10^{24}}{1.27\times10^{7}}$$

$$v^2 = 3.13\times10^{7}$$

$$v = 5.6 \times 10^{3}\ m/s$$

อัตราเร็วของดาวเทียมในการโคจรเท่ากับ 5.6×10^3 เมตร/วินาที - - - - - - -ตอบ

ตัวอย่างที่ 5.2 ถ้าวงโคจรของดวงจันทร์รอบโลกเป็นวงกลม และถ้ารัศมีของวงโคจรเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าอยากทราบว่าคาบของวงโคจรจะเพิ่มเป็นกี่เท่าของเดิม

แนวคิด จากปัญหา เมื่อ $r_2 = 2r_1$ $T_2 = ?$

จากความสัมพันธ์ $T^2 = \frac{4\pi . r^3}{Gm_e}$

จะได้ $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{r_1^3} = \frac{(2r_1)^3}{r_1^3}$

$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{8}$

$T_2 = 2\sqrt{2}T_1$

เมื่อรัศมีเพิ่มเป็น 2 เท่า คาบจะเพิ่ม $2\sqrt{2}$ เท่าของคาบเดิม ---------- ตอบ

ตัวอย่างที่ 5.2 โลกหมุนรอบตัวเองใช้เวลา 24 ชั่วโมง รัศมีวงโคจรรอบโลกของดาวเทียมสื่อสารจะต้องเป็นเท่าใด และมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่าใด

แนวคิด คาบของดาวเทียมสื่อสารเท่ากับคาบการหมุนรอบตัวของโลก $\omega = \frac{2\pi}{T}$

คาบ = 24 ชั่วโมง = 86400 วินาที ดังนั้น $\omega = \frac{2 \times 3.14}{86400}$

อัตราเร็วเชิงมุมของดาวเทียมเท่ากับ **7.27 x 10^{-5}** เรดียน/วินาที

หารัศมีของวงโคจรจาก $r^3 = \frac{Gm_e}{\omega^2}$

$$r^3 = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24}}{\left(7.27 \times 10^{-5}\right)^2}$$

$$r^3 = 75340.99 \times 10^{18}$$

$$r = 42.235 \times 10^6 \ \ m$$

รัศมีวงโคจรของดาวเทียมเท่ากับ 42,235 กิโลเมตร

อัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับ **7.27 x 10^{-5}** เรดียน/วินาที ---------- ตอบ

แบบฝึกทักษะที่ 5

เรื่อง การนำหลักการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปใช้

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

1. เพราะเหตุใดดาวเทียมสื่อสารจึงต้องมีอัตราเร็วเชิงมุมของการโคจรเท่ากับอัตราเร็งเชิงมุมในการหมุนรอบตัวเองของโลก

2. ดาวเคราะห์ดวงหนึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกและมีมวล 1/10เท่า ของมวลโลก ชายคนหนึ่งหนัก 600 นิวตัน บนผิวโลกเขาจะหนักเท่าใดเมื่อขึ้นไปอยู่บนดาวเคราะห์ดวงนั้น

3. ดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลกประมาณ 4×10^6 กิโลเมตร โคจรรอบโลกใช้เวลา 28 วัน ถ้าดาวเทียมดวงหนึ่งอยู่ห่างจากโลก 10^6 กิโลเมตร จะโคจรรอบโลกใช้เวลากี่วัน

แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด แล้วกาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1) วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม มีแรงสู่ศูนย์กลางเกิดขึ้นเสมอ

2) วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม มีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับการหมุนของโลก

3) วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้น ความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ข้อที่ถูกต้องคือ

ก. ข้อ 1 และข้อ 2 ข. ข้อ 1 และข้อ 3

ค. ข้อ 2 และข้อ 3 ง. ข้อ 1,2 และข้อ 3

2. ข้อใดกล่าวผิดในการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุ

ก. ความเร็วอยู่แนวเส้นสัมผัสเส้นโค้ง ข. เวลาครบ 1 รอบ คือความถี่

ค. เวลาครบ 1 รอบ คือคาบ ง. เมื่อครบ 1 รอบมุมเป็น 2π เรดียน

3. รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1200 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนถนนโค้งด้วยอัตราเร็ว 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถ้ารัศมีของการเคลื่อนที่เป็น 100 เมตร จงหาแรงสู่ศูนย์กลาง

ก. 1200 นิวตัน ข. 1555 นิวตัน

ค. 3600 นิวตัน ง. 4800 นิวตัน

4. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่แบบวงกลมรัศมี 1 เมตร โดยเคลื่อนที่ได้ 6 รอบ ในเวลา 3 วินาที จงหาความถี่และคาบของการเคลื่อนที่นี้

ก. 0.5 เฮิรตซ์ , 2 วินาที ข. 3 เฮิรตซ์ , 6 วินาที

ค. 6 เฮิรตซ์ , 3 วินาที ง. 2 เฮิรตซ์ , 0.5 วินาที

5. เด็กคนหนึ่งปั่นจักรยานบนทางโค้งด้วยอัตราเร็ว 6 เมตร/วินาที รัศมีความโค้งน้อยที่สุดเท่าใดที่จักรยานไม่ล้มถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนนเท่ากับ 0.3

ก. 40 เมตร ข. 8 เมตร

ค. 6 เมตร ง. 4 เมตร

6. รถจักรยานยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 108 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามทางโค้งรัศมีความโค้ง 100 เมตร ถ้าผิวถนนอยู่ในแนวระดับ คนขับต้องเอียงตัวและรถจักรยานยนต์ทำมุมกับแนวดิ่งเท่าใดจึงจะไม่ล้ม

ก. $\theta = tan^{-1}0.9$ ข. $\theta = tan^{-1}0.75$

ค. $\theta = tan^{-1}0.1$ ง. $\theta = tan^{-1}0.45$

7. วัตถุมวล 0.2 กิโลกรัม เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 2 เมตร ด้วยอัตราเร็วคงที่ มีคาบการเคลื่อนที่ 12 วินาที จงหาแรงสู่ศูนย์กลางของวัตถุ

ก. 1.2 นิวตัน ข. 0.2 นิวตัน

ค. 2.0 นิวตัน ง. 0.1 นิวตัน

8. ผูกเชือกเบาติดกับลูกบอลมวล 0.1 กิโลกรัม แกว่งเชือกให้เป็นวงกลมในแนวดิ่ง รัศมี 0.4 เมตร ด้วยอัตราเร็วเชิงเส้น 4 เมตร/วินาที จงหาแรงตึงของเชือกขณะที่ลูกบอลอยู่ที่จุดต่ำสุด

ก. 5 นิวตัน ข. 4 นิวตัน

ค. 3 นิวตัน ง. 1 นิวตัน

9. จงพิจารณาเกี่ยวกับการโคจรของดาวเทียมรอบโลกจากหัวข้อต่อไปนี้

1) ดาวเทียมสื่อสารต้องมีคาบเท่ากับคาบการหมุนรอบตัวเองของโลก

2) กำลังสองของคาบแปรผันตรงกับรัศมีวงโคจรยกกำลังสาม ($T^2 \propto r^3$)

3) อัตราเร็วเชิงเส้นไม่เกี่ยวข้องกับรัศมีวงโคจร

ข้อที่ถูกต้องคือ

ก. ข้อ 1 และข้อ 2 ข. ข้อ 1 และข้อ 3

ค. ข้อ 2 และข้อ 3 ง. ข้อ 1,2 และข้อ 3

10. การหมุนรอบตัวเองของโลกใช้เวลา 24 ชั่วโมง กำหนดรัศมีโลกเท่ากับ 6.37×10^6 เมตร จงหาอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุที่หยุดนิ่งอยู่บนผิวโลก

ก. 864 เมตร/วินาที ข. 637 เมตร/วินาที

ค. 463 เมตร/วินาที ง. 432 เมตร/วินาที

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อที่	ตัวเลือกถูก
1	ง
2	ค
3	ก
4	ข
5	ก
6	ค
7	ก
8	ง
9	ก
10	ข

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

ข้อที่	ตัวเลือกถูก
1	ง
2	ข
3	ก
4	ง
5	ง
6	ก
7	ง
8	ก
9	ก
10	ค

บรรณานุกรม

จักรรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. **คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** กรุงเทพฯ : มิดเดิร์น พลัส, 2547.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 1 ว.021.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2528.

จารึก สุวรรณรัตน์. **วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม(ฟิสิกส์) ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-ม.6) ชุดกลศาสตร์.** กรุงเทพฯ : รุ่งเรืองสาส์มการพิมพ์, ม.ป.ป.

จิต นวนแก้ว และคณะ. **ฟิสิกส์.** กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.), 2546.

นรินทร์ เนาวประทีป. **ฟิสิกส์เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2546.

นิรันดร์ สุวรัตน์. **คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ม.4 กลศาสตร์ 1.** กรุงเทพฯ : พ.ศ. พัฒนา, 2550.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6**. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์ สกสค.ลาดพร้าว, 2553.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน**. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2553.