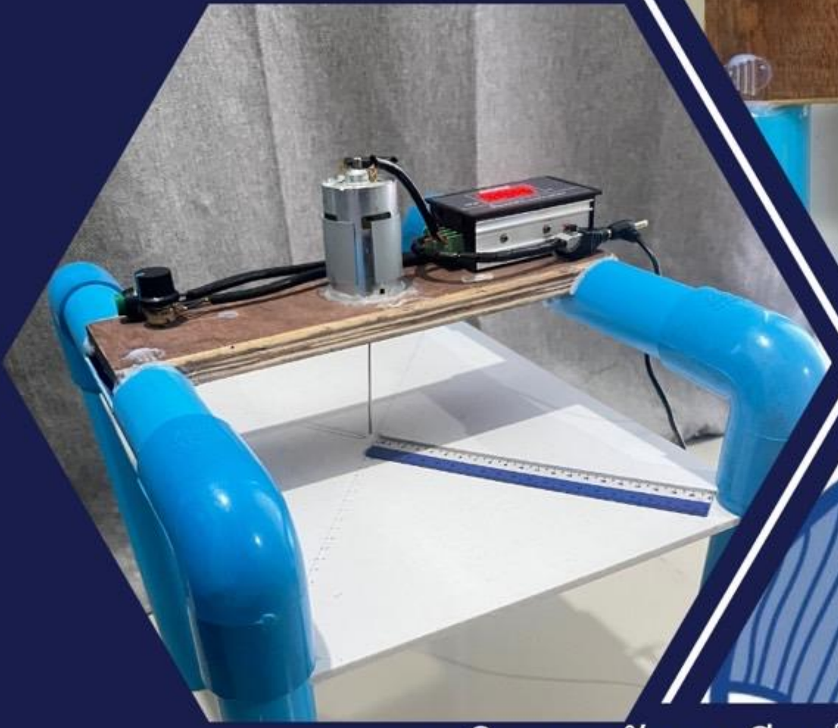
Buriram
Rajabhat University
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

แผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

เสนอ
อาจารย์อารีรัตน์ เมืองแสน

จัดทำโดย
นายวิทยากรณ์ สวัสดีลาภา 640113119037
นางสาวกุลธิดา เข็มบุปผา 640113119040
ชั้นปีที่ 3 หมู่ 2



รายวิชาการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ (1193802)
ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2566
คณะครุศาสตร์ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

แผนการจัดการเรียนรู้

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

คณะผู้จัดทำ

นายวิทยากรณ์ สวัสดีลาภา รหัสนักศึกษา 640113119037

นางสาวกุลธิดา เข็มบุปผา รหัสนักศึกษา 640113119040

คณะครุศาสตร์ สาขาวิชาฟิสิกส์ ชั้นปีที่ 3 หมู่ 2

เสนอ

อาจารย์อารีรัตน์ เมืองแสน

แผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้ใช้ประกอบการเรียน

รายวิชาการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ รหัสวิชา 1193802

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2566

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบวงกลมเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ รหัสวิชา 1193802 จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุ ประสงค์พัฒนาทักษะผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ/กระบวนการ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ รวมทั้งมีสื่อการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ที่บูรณาการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระการเรียนวิทยาศาสตร์กับการพัฒนากระบวน การคิด การสำรวจ ตรวจสอบเพื่อการค้นพบและการแก้ไข ซึ่งเป็นการปลูกฝังคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เพื่อพัฒนาความคิดระดับสูง คือ ความคิดวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ และความคิดแก้ปัญหาที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เป็นองค์ความรู้และแนวคิดของผู้เรียนเอง การทำแผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้ได้จัดทำตามหลักสูตรแกน กลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน หากมีข้อเสนอแนะหรือผิดพลาดประการใด คณะผู้ จัดทำขอรับไว้และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

วิทยากรณ์ สวัสดีลาภา

กุลธิดา เข็มบุปผา

สารบัญ

เรื่อง	**หน้า**
คำนำ	**ก**
สารบัญ	**ข**
แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	**1**
สาระฟิสิกส์	1
ผลการเรียนรู้	1
สาระสำคัญ	1
จุดประสงค์การเรียนรู้	2
กิจกรรมการเรียนรู้	3
ขั้นตอนกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5E	3
สื่อ / วัสดุ / อุปกรณ์ / แหล่งการเรียนรู้	5
การวัดและประเมินผล	6
แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (K)	7
เกณฑ์การให้คะแนนการเรียนรู้ด้านความรู้ (K)	8
แบบประเมินผลด้านทักษะ / กระบวนการ (P)	9
เกณฑ์การประเมินผลด้านทักษะ / กระบวนการ (P)	10
แบบประเมินผลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	12
เกณฑ์การประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	13
ข้อเสนอแนะ	14
บันทึกหลังการสอน	15
ภาคผนวก	**16**
ภาคผนวก ก	**17**
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	18
ภาคผนวก ข	**20**
ใบความรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	21
ภาคผนวก ค	**24**
สื่อการสอน PowerPoint เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	25

ภาคผวก ง **36**

แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 37

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 40

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 43

เฉลยละเอียดแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 44

ภาคผนวก จ **48**

เอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์และเฉลยเอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์ 49

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ภาคผนวก ฉ **74**

ใบงานและเฉลยใบงาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 75

ภาคผนวก ช **77**

ใบรายชื่อนักเรียน 78

ภาคผนวก ซ **79**

ประวัติผู้จัดทำ 80

บรรณานุกรม **82**

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รหัสวิชา (ว31102) **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม **เวลา 100 นาที**

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

วันที่ 23 เดือน มกราคม พ.ศ 2566 **ผู้สอน 1. นายวิทยากรณ์ สวัสดีลาภา**

2. นางสาวกุลธิดา เข็มบุปผา

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ข้อที่ 17 ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง แรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ ระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลม ในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

2. สาระสำคัญ

• วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม เรียกว่า วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งมีแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้เกิดความเร่งสู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมีของการเคลื่อนที่และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ ซึ่งแรงสู่ศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ

$$F_c = \frac{mv^2}{R}$$

• นอกจากนี้การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ

$$v = \omega R$$

และ แรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุม ตามสมการ

$$F_c = m\omega^2 R$$

อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ ระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลม ในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ (Knowledge)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีและแรงสู่ศูนย์กลางได้รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุมและแรงสู่ศูนย์กลางได้รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมวลของวัตถุกับแรงสู่ศูนย์กลางในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ ระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

1. นักเรียนมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. นักเรียนสามารถทดลองและสรุปผลการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม ได้ถูกต้อง

3.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ด้านคุณลักษณะ (Attribute)

1. นักเรียนแต่งกายถูกระเบียบ
2. นักเรียนมีความรับผิดชอบ
3. นักเรียนมีจิตสาธารณะ

5. กิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นตอนการเรียนรู้ ตามกระบวนการ 5E ดังนี้

ขั้นการสอน	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้	วัสดุ - อุปกรณ์
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 25 นาที	1. ครูกล่าวทักทาย และเช็กชื่อนักเรียน 2. ครูถามนักเรียนว่า 1.) รู้จักการเคลื่อนที่แบบวงกลมหรือไม่ 2.) รู้จักการโคจรของดวงดาวหรือไม่ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันกับการโคจรของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสตามทฤษฎีอะตอมของโบว์ 3. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่เคยเห็นในชีวิตประจำวัน 4. เพื่อเป็นการให้นักเรียนเห็นภาพมากขึ้น ครูให้นักเรียนลุกขึ้นและเกาะหลังเพื่อนเป็นวงกลมซ้อนกัน 2 วง โดยมีครูอยู่ในแกนกลางวงกลม ทำหน้าที่เป็นนิวเคลียสของอะตอม ส่วนนักเรียนที่ล้อมรอบจำลองตัวเองเป็นอิเล็กตรอน 5. ครูเปิดเพลงให้นักเรียนทำการหมุนเป็นวงกลมเพื่อจำลองการโคจรของอะตอม 6. ครูทดลองเรื่องแรงหนีศูนย์กลางให้นักเรียนดู(กล่องของเหลวหมุนแบบวงกลม) 7. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 8. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	1. ลำโพง 2. แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 3. อุปกรณ์สื่อการสอนเรื่องแรงหนีศูนย์กลาง
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและการค้นหา (Exploration) 45 นาที	9. นักเรียนแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม 4 กลุ่ม 10. นักเรียนรับใบความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม คนละ 1 ชุด 11. ครูแจกเอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม กลุ่มละ 2 ชุด 12. ครูแจกใบงานให้นักเรียนคนละ 1 ชุด ครูอธิบายเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมตามเนื้อหาในความรู้โดยใช้ PowerPoint ประกอบการอธิบาย 13. นักเรียนฟังชี้แจงหลักการทำงานของอุปกรณ์การทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม 14. ครูอธิบายวิธีการและขั้นตอนทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมให้นักเรียนทราบ 15. นักเรียนออกมาทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมครั้งละ 2 กลุ่ม (เก็บผลการทดลองด้วยกัน) และศึกษาด้วยตัวเองภายในกลุ่ม 16. เมื่อนักเรียนทำการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมเสร็จ ครูให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองภายในของกลุ่มตนเอง	1. ใบความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 2. PowerPoint เรื่องการเคลื่อนแบบวงกลม 3. เอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 4. อุปกรณ์การทดลองการเคลื่อนแบวงกลม 5. เอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ขั้นการสอน	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้	วัสดุ - อุปกรณ์
ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) 10 นาที	17. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 กลุ่มมานำอภิปรายผลการทดลองหน้าชั้นเรียน เพื่อสรุปองค์ความรู้ในกลุ่มตนเองที่ได้รับจากการปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 18. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง ดังนี้ จากปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม จะเห็นว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลางเป็นดังนี้ 1.) แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับ มวล(มวลวัตถุที่หมุน) อัตราเร็วเชิงเส้น และแปรผกผันกับรัศมี ตามสมการ $$F_c = \frac{mv^2}{R}$$ 2.) ความสัมพันธ์ของอัตราเร็วเชิงเส้นกับอัตราเร็วเชิงมุมเป็นดังนี้ $$v = \omega R$$ 3.) แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมีในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม ตามสมการ $$F_c = m\omega^2 R$$	
ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration) 20 นาที	19. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสนทนาซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม (นักเรียนถามหรือไม่ถามก็ได้) 20. นักเรียนตอบคำถามว่าจากเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมนักเรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตอย่างไรได้บ้าง (คำตอบ:ต้องการคำตอบที่ถูกต้อง : 1. พัดลมเพดาน: พัดลมเพดานใช้การเคลื่อนที่เป็นวงกลมเพื่อหมุนเวียนอากาศภายในห้อง ทำให้เกิดความเย็น 2. ล้อรถ: ล้อรถหมุนเป็นวงกลม ช่วยให้รถเดินหน้าหรือถอยหลังได้ 3. เครื่องซักผ้า: เครื่องซักผ้าใช้การเคลื่อนไหวเป็นวงกลมเพื่อปั่นเสื้อผ้า ซึ่งช่วยขจัดสิ่งสกปรกและคราบสกปรกในระหว่างกระบวนการซัก 4. เครื่องเล่นในสวนสนุก: เครื่องเล่นในสวนสนุกหลายชนิด เช่น ม้าหมุนหรือชิงช้าสวรรค์ ใช้การเคลื่อนไหวเป็นวงกลมเพื่อมอบประสบการณ์ที่น่าตื่นเต้นและสนุกสนานให้กับผู้เล่น	1. แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (evaluation) 20 นาที	21. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 22. ครูชี้แจงเรื่องการบอกคะแนนสอบหลังเรียน เรื่องการแคลื่อนที่แบบวงกลมกับนักเรียนว่าจะแจ้งให้ทราบในชั่วโมงถัดไป 23. ครูสังเกตพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียน	1. เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม 2.แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียน (รายบุคคล)

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้

1. ชุดปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
2. ใบความรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม (คนละ 1 ชุด)
3. แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
4. แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. ใบงาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
6. เอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม (กลุ่มละ 2 ชุด)
7. Powerpoint เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
8. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์(ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
9. ลำโพง
10. อุปกรณ์สื่อการสอน เรื่องแรงหนีศูนย์กลาง
11. เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
12. แบบประเมินพฤติกรรม

7. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	เครื่องมือวัด	วิธีการวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (Knowledge)			
1.1 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีและแรงสู่ศูนย์กลางได้ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	วัดจากแบบทดสอบหลังเรียน ข้อที่ 1 และ 2	ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	ร้อยละ 60 % ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
1.2 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุมและแรงสู่ศูนย์กลางได้ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	วัดจากแบบทดสอบหลังเรียน ข้อที่ 3, 5 และ 7		
1.3 นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมวลของวัตถุกับแรงสู่ศูนย์กลางในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ ระดับ รวมทั้งสามารถนำความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	วัดจากแบบทดสอบหลังเรียน ข้อที่ 4, 6, 8, 9, และ 10		
2. ด้านทักษะกระบวนการ (Processes)			
2.1 นักเรียนมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ประเมินจากผลคะแนนเอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์	แบบประเมินจากผลคะแนนการทดลอง	ร้อยละ 70 % ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
2.2 นักเรียนสามารถทดลองและสรุปผลการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม ได้ถูกต้อง	ประเมินจากผลคะแนนเอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์	แบบประเมินสังเกตพฤติกรรม	
3. ด้านคุณลักษณะ (Attribute)			
3.1 นักเรียนแต่งกายถูกระเบียบ 3.2 นักเรียนมีความรับผิดชอบ 3.3 นักเรียนมีจิตสาธารณะ	แบบประเมินพฤติกรรม (รายบุคคล)	การประเมินพฤติกรรม	ร้อยละ 60 % ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์

แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (K)

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง : ประเมินคะแนนนักเรียนของนักเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วบันทึกคะแนนลงในช่อง และสรุปผล

เลขที่	ชื่อ-สกุล	แบบทดสอบก่อนเรียน (10 คะแนน)	แบบทดสอบหลังเรียน (10 คะแนน)	ใบงาน (4 คะแนน)	ผลการประเมิน	
					ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	นายชนาธิป ดุลยติธรรม	0	10	4	/	
2	นายทิปปกรณ์ ทาเงิน	2	10	4	/	
3	นายธนกฤต ไร่นา	4	10	4	/	
4	นายธนาคม บุตรพันธ์	1	10	4	/	
5	นายรุจิเทพ ศรีสุข	1	10	4	/	
6	นายศุภกร การรัมย์	0	0	0		/
7	นางสาวกนกวรรณ โกรทินธาคม	1	9	4	/	
8	นางสาวเกศมณี สะอื้นรัมย์	3	10	4	/	
9	นางสาวเจนจิรา หอมชื่น	2	10	4	/	
10	นางสาวชลนิภา สังสีแก้ว	1	9	4	/	
11	นางสาวปนัดดา ฟองสูงเนิน	3	8	4	/	
12	นางสาวปัณชญา มินทรรัมย์	4	10	4	/	
13	นาวสาวรัตนาภรณ์ ลีประโคน	1	9	4	/	
14	นางสาวศศิธร คำก้อน	1	9	4	/	
15	นางสาวศิริลักษณ์ แกล้วกล้า	2	8	4	/	
16	นางสาวสุพัตรา ไชยวงศ์	5	10	3.5	/	
17	นางสาวสุรีพร เป็นเครือ	3	7	4	/	
สรุป				จำนวน (คน)	16	1
				ร้อยละ	94.12	5.88

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนด้านความรู้ความเข้าใจ (Knowledge : k)

ตรวจให้คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ประเด็นการประเมิน

1. แบบทดสอบหลังเรียน
   1) ตอบคำถามถูกได้ข้อละ 1 คะแนน
   2) ตอบคำถามผิดได้ข้อละ 0 คะแนน

2. ใบงาน

ข้อ	ประเด็นการประเมิน		
	0.5 คะแนน	0.5 คะแนน	รวม
1	- เขียนความหมายของคาบและความถี่	- เขียนสมการความสัมพันธ์ของคาบและความถี่	1
2	- เขียนสมการอัตราเร็วเชิงมุมที่เกี่ยวข้องกับความถี่	- แทนค่าถูกต้อง (0.25 คะแนน) - คำตอบถูกต้อง (0.25 คะแนน)	1
3	- ให้ความหมายและอธิบายความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ของตัวแปรดังนี้ มวล อัตราเร็วเชิงเส้น ความเร่ง รัศมี	- เขียนสมการแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง	1
4	- เขียนสมการถูกต้อง	- แทนค่าถูกต้อง (0.25 คะแนน) - คำตอบถูกต้อง (0.25 คะแนน)	1
คะแนนรวม			4

***เกณฑ์การประเมินผล**

1. แบบทดสอบหลังเรียน

   ผ่านเกณฑ์การประเมิน ต้องได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป (6 คะแนนขึ้นไป)

2. ใบงาน

   ผ่านเกณฑ์การประเมิน ต้องได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป (2.5 คะแนนขึ้นไป)

แบบประเมินผลด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง : ประเมินคะแนนนักเรียนของนักเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วบันทึกคะแนนลงในช่อง และสรุปผล

เลขที่	ชื่อ - สกุล	ปฏิบัติการฟิสิกส์		
		คะแนนที่ได้ (30 คะแนน)	ผลการประเมิน	
			ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	นายชนาธิป ดุลยติธรรม	29	/	
2	นายทิปปกรณ์ ทาเงิน	29	/	
3	นายธนกฤต ไร่นา	29	/	
4	นายธนาคม บุตรพันธ์	29	/	
5	นายรุจิเทพ ศรีสุข	29	/	
6	นายศุภกร การรัมย์	0		/
7	นางสาวกนกวรรณ โกรทินธาคม	28	/	
8	นางสาวเกศมณี สะอื้นรัมย์	29	/	
9	นางสาวเจนจิรา หอมชื่น	28	/	
10	นางสาวชลนิภา สังสีแก้ว	28	/	
11	นางสาวปนัดดา ฟองสูงเนิน	28	/	
12	นางสาวปัณชญา มินทรรัมย์	28	/	
13	นาวสาวรัตนาภรณ์ ลีประโคน	29	/	
14	นางสาวศศิธร คำก้อน	28	/	
15	นางสาวศิริลักษณ์ แกล้วกล้า	28	/	
16	นางสาวสุพัตรา ไชยวงศ์	28	/	
17	นางสาวสุรีพร เป็นเครือ	28	/	
สรุป		จำนวน (คน)	16	1
		ร้อยละ	94.12	5.88

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

แนวทางการตรวจให้คะแนน (รายกลุ่ม)

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ 3	ระดับคุณภาพ 2	ระดับคุณภาพ 1	ระดับคุณภาพ 0	รวม
1. ตารางบันทึกผลการทดลอง	1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น $\vec{v}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$	บันทึกผลการทดลองครบทุกช่อง	บันทึกผลการทดลองครบเกือบทุกช่อง	บันทึกผลการทดลองไม่ครบทุกช่อง	ไม่บันทึกผลการทดลอง	3
	1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี R กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$					3
	1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างมวล m กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$					3
2. การคำนวณ	2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น $\vec{v}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$	แสดงวิธีการคำนวณและคำนวณได้ถูกต้อง	แสดงวิธีการคำนวณแต่คำนวณไม่ถูกต้อง	คำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่แสดงวิธีการคำวณ	ไม่ได้แสดงวิธีการคำวณ	3
	2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี R กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$					3
	2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างมวล m กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$					3
3. กราฟ	3.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น $\vec{v}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$	ระบุชื่อกราฟและชื่อแกนสเกลหน่วยและลงจุดได้ถูกต้อง	ไม่ระบุชื่อกราฟแต่ระบุชื่อแกนสเกลหน่วยและลงจุดได้ถูกต้อง	ไม่ระบุชื่อกราฟแต่ระบุชื่อแกนสเกลหน่วยและลงจุดได้ถูกต้องบางส่วน	ไม่ได้แสดงวิธีการวาดกราฟ	3
	3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี R กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$					3
	3.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมวล m กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$					3

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				รวม
		3	2	1	0	
4. สรุปผลการทดลอง	ตามจุดประสงค์ของการทดลอง	สรุปผลได้ครบถ้วนตามจุดประสงค์	สรุปผลไม่ครบถ้วนตามจุดประสงค์	สรุปผลแต่ไม่ตรงตามจุดประสงค์	ไม่ได้สรุปผล	3
รวมคะแนน						30

เกณฑ์การประเมินผลด้านทักษะ/กระบวนการ (P) คะแนนเต็ม 30 คะแนน

คะแนน	ระดับความสามารถในกระบวนการวิทยาศาสตร์
24 - 30	มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก
21 – 23	มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี
0 – 20	มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้

*** ผ่านเกณฑ์การประเมิน ต้องได้ร้อยละ 70 (21 คะแนนขึ้นไป)** คือ มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

เกณฑ์การประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง : ให้ผู้สังเกตกรอกคะแนนเป็นตัวเลขลงในช่องว่างที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมตามระดับคุณภาพ

เลขที่	ชื่อ - สกุล	นักเรียนแต่งกายถูกระเบียบ			นักเรียนมีจิตสาธารณะ			นักเรียนมีความรับผิดชอบ									รวมคะแนน (10 คะแนน)	ผลการประเมิน	
		แต่งกายตามระเบียบของโรงเรียน			เก็บโต๊ะเก้าอี้ และเก็บขยะเป็นระเบียบเรียบร้อย			ส่งใบงานปฏิบัติการเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม			ส่งบันทึกผลการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม			เข้าเรียนตรงต่อเวลา				ผ่าน	ไม่ผ่าน
		2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	10		
1	นายชนาธิป ดุลยติธรรม	2				1		2			2			2			9	/	
2	นายทิปปกรณ์ ทาเงิน	2			2			2			2			2			10	/	
3	นายธนกฤต ไร่นา	2			2			2			2			2			10	/	
4	นายธนาคม บุตรพันธ์	2				1		2			2				1		8	/	
5	นายรุจิเทพ ศรีสุข	2				1		2			2			2			7	/	
6	นายศุภกร การรัมย์			0		0				0			0			0	0		/
7	นางสาวกนกวรรณ โกรทินธาคม	2				1		2			2			2			9	/	
8	นางสาวเกศมณี สะอื้นรัมย์	2			2			2			2			2			10	/	
9	นางสาวเจนจิรา หอมชื่น	2				1		2			2			2			9	/	
10	นางสาวชลนิภา สังสีแก้ว	2				1		2			2			2			9	/	
11	นางสาวปนัดดา ฟองสูงเนิน	2				1		2			2			2			9	/	
12	นางสาวปัณชญา มินทรรัมย์	2			2			2			2			2			10	/	
13	นาวสาวรัตนาภรณ์ ลีประโคน	2				1		2			2			2			9	/	
14	นางสาวศศิธร คำก้อน	2				1		2			2			2			9	/	
15	นางสาวศิริลักษณ์ แกล้วกล้า	2				1		2			2			2			9	/	
16	นางสาวสุพัตรา ไชยวงศ์	2			2			2			2			2			10	/	
17	นางสาวสุรีพร เป็นเครือ	2			2			2			2			2			10	/	
สรุป														จำนวน (คน)				16	1
														ร้อยละ				94.12	5.88

เกณฑ์การประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง : ให้คะแนนการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

รายงานประเมิน	**ระดับคุณภาพ**			
	2 (ดีมาก)	**1 (ดี)**	**0 (ปรับปรุง)**	**หมายเหตุ**
1. นักเรียนแต่งกายถูกระเบียบ	แต่งกายตามระเบียบของโรงเรียนโดยถูกต้อง	แต่งกายไม่ถูกต้องตามระเบียบของโรงเรียน	แต่งกายนอกเหนือตามระเบียบของโรงเรียน	วันจันทร์ ชุดนักเรียน วันอังคาร ชุดพละ วันศุกร์ ชุดวิถีพุทธ (2)
2. นักเรียนมีความรับผิดชอบ	ส่งปฏิบัติการเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมตรงตามเวลาที่กำหนด	ส่งปฏิบัติการเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด	ไม่ส่งปฏิบัติการเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	(2)
	ส่งใบงานเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมตรงตามเวลาที่กำหนด	ส่งใบงานเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด	ไม่ส่งใบงานเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม	(2)
	เข้าเรียนตรงต่อเวลา	เข้าเรียนไม่ตรงเวลา	ไม่เข้าเรียน	(2)
3. นักเรียนมีจิตสาธารณะ	เก็บโต๊ะเก้าอี้และเก็บขยะเป็นระเบียบเรียบร้อย	เก็บโต๊ะเก้าอี้ และเก็บขยะ ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย	ไม่เก็บโต๊ะเก้าอี้และไม่เก็บขยะ	รายห้อง (2)
รวม				10

เกณฑ์การประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (เต็ม 10 คะแนน)

คะแนน	ระดับความสามารถในกระบวนการวิทยาศาสตร์
9 - 10	มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก
6 – 8	มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี
0 – 5	มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้

***เกณฑ์การผ่าน ต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 (6 คะแนนขึ้นไป) คือ ระดับคะแนนดี**

8. ข้อเสนอแนะ

ในการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม ควรเพิ่มเติมจำนวนชุดอุปกรณ์การทดลองในช่วงของการนำเข้าสู่บทเรียนและเพิ่มจำนวนชุดอุปกรณ์การทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมให้มีประสิทธิภาพ ได้มาตรฐาน มีความแม่นยำ มีขนาดที่เหมาะสมในการใช้งาน มีความทันสมัย ดึงดูดความสนใจของนักเรียน มีจำนวนเพียงพอต่อจำนวนของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรมได้อย่างทั่วถึงครบถ้วนทุกคน นักเรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรมครบทุกกลุ่มได้ตามเวลาที่กำหนด เกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในกระบวนการทดลอง ซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องในเนื้อหา เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

บันทึกหลังการสอน

รายวิชาฟิสิกส์ (ว31102) **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2**

ชื่อผู้สอน นายวิทยากรณ์ สวัสดีลาภา **วันที่บันทึก 23 ม.ค. 2567**

นางสาวกุลธิดา เข็มบุปผา

1. **การดำเนินการจัดการเรียนรู้** (/) เป็นไปตามแผน

( ) ไม่เป็นไปตามแผน

2. **สรุปผลการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์		ไม่ผ่านเกณฑ์	
	จำนวน (คน)	คิดเป็นร้อยละ	จำนวน (คน)	คิดเป็นร้อยละ
ด้านความรู้ (K)	16	94.12	1	5.88
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	16	94.12	1	5.88
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	16	94.12	1	5.88

3. **บรรยากาศระหว่างเรียน**

- นักเรียนมีความสนใจในการเรียนเป็นอย่างดี

4. ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้

- อุปกรณ์การทดลองไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ชัดเจนในการทดลองตอนที่ 3

5. แนวทางแก้ไข/ข้อเสนอแนะ

- ปรับปรุงเครื่องทดลอง และศึกษาเนื้อหาให้เข้าใจเพิ่มขึ้น.

ลงชื่อ...................................ผู้สอน/ผู้บันทึก

(นายวิทยากรณ์ สวัสดีลาภา)

วันที่ 23 เดือน มกราคม พ.ศ. 2567

ลงชื่อ...................................ผู้สอน/ผู้บันทึก

(นางสาวกุลธิดา เข็มบุปผา)

วันที่ 23 เดือน มกราคม พ.ศ. 2567

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง
อ้างอิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

สาระฟิสิกส์

๑. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. สืบค้น และอธิบายการค้นหาความรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี	• ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร พลังงาน อันตรกิริยาระหว่างสสารกับพลังงาน และแรงพื้นฐานในธรรมชาติ • การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ได้มาจากการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ หรือจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุปเป็นทฤษฎี หลักการหรือกฎ ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือทำนายสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต • ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติม รวมถึงการพัฒนาและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็มีส่วนในการค้นหาความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ด้วย
	๒. วัด และรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง	• ความรู้ทางฟิสิกส์ส่วนหนึ่งได้จากการทดลอง ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยตัวเลขและหน่วยวัด • ปริมาณทางฟิสิกส์สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือต่าง ๆ โดยตรงหรือทางอ้อม หน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณทางวิทยาศาสตร์คือ ระบบหน่วยระหว่างชาติ เรียกย่อว่า ระบบเอสไอ • ปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า ๑ มาก ๆ นิยมเขียนในรูปของสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ หรือเขียนโดยใช้คำนำหน้าหน่วยของระบบเอสไอ การเขียนโดยใช้สัญกรณ์วิทยาศาสตร์เป็นการเขียนเพื่อแสดงจำนวนเลขนัยสำคัญที่ถูกต้อง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๗. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม	• วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม เรียกว่า วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งมีแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้เกิดความเร่งสู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมีของการเคลื่อนที่และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ ซึ่งแรงสู่ศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ $F_c = \frac{mv^2}{r}$ • นอกจากนี้การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ $v = \omega r$ และแรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุมตามสมการ $F_c = m\omega^2 r$

ภาคผนวก ข

ใบความรู้

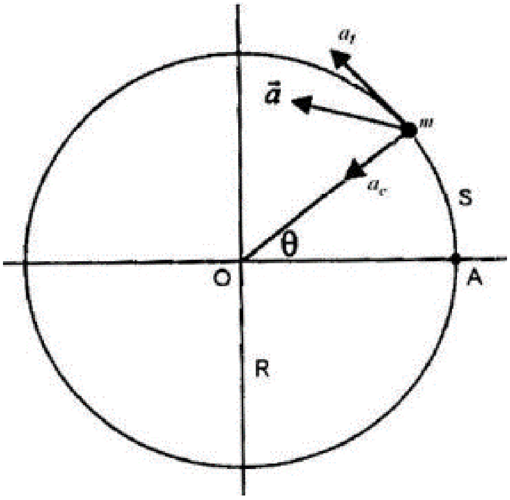
เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ใบความรู้

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

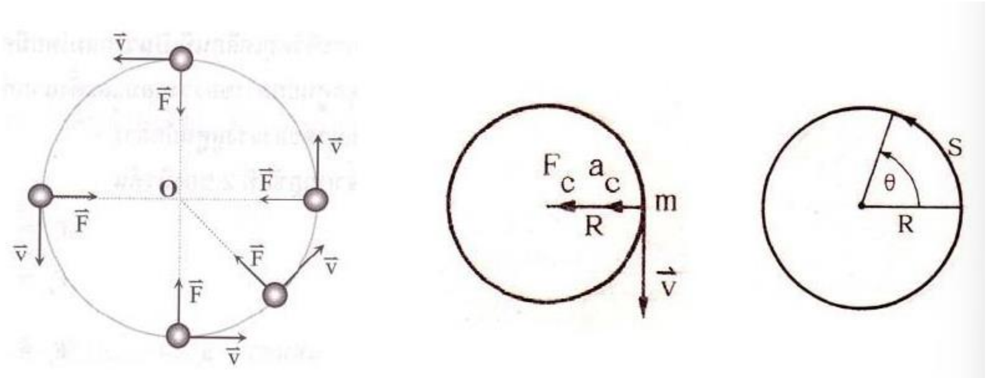
การเคลื่อนที่แบบวงกลม

วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม บนระนาบใด ๆ อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่งของวัตถุจะคงที่หรือไม่ก็ได้ แต่ความเร็วของวัตถุไม่คงที่แน่นอน เนื่องจากว่ามีการเปลี่ยนทิศาทางของการเคลื่อนที่ ตลอดเวลา ซึ่งเมื่อ วัตถุที่มีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่แสดงว่า วัตถุนี้ต้องมีองค์ประกอบของแรงมากระทำในทิศทางที่ตั้ง ฉากกับเส้นทางการเคลื่อนที่ด้วย และกรณีที่การเคลื่อนที่มีอัตราเร็วไม่คงที่ แสดงว่าต้องมีองค์ประกอบ ของแรงในทิศทางที่ขนานกับแนวการเคลื่อนที่ด้วย พิจารณารูป



จัดเป็นหนึ่งในการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ ในการเคลื่อนที่เป็นวงกลมที่จะทำการศึกษานั้น ความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมจะมีค่าคงที่หรือเท่ากันตลอดการเคลื่อนที่ เรียกการเคลื่อนที่วงกลมแบบนี้ว่า การเคลื่อนที่เป็นวงกลมสม่ำเสมอ (Uniform Circular Motion)

การเคลื่อนที่เป็นวงกลม ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีแรงกระทำตั้งฉากกับเวกเตอร์ ความเร็วเสมอตลอดการเคลื่อนที่ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในแนววงกลม แต่ยังคงมีความเร่ง เกิดขึ้น ซึ่งความเร่งจะขึ้นกับการเปลี่ยนเวกเตอร์ความเร็ว ซึ่งเวกเตอร์ความเร็วจะมีทิศสัมผัสกับเส้นทาง การเคลื่อนที่ของวัตถุและมีทิศตั้งฉากกับแนวรัศมีวงกลม เรียกความเร่งชนิดนี้ว่า ความเร่งแนวสัมผัสวงกลม (a_T) เวกเตอร์ความเร่งในการเคลื่อนที่แบบวงกลมจะมีทิศตั้งฉากกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของ วัตถุและมีทิศพุ่งเข้าสู่จุดศูนย์กลางวงกลมเสมอ เราเรียกความเร่งนี้ว่า ความเร่งสู่ศูนย์กลาง (a_C)



คาบ (T) คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หรือ วินาทีต่อรอบ (s)

ความถี่ (f) คือ จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ รอบต่อวินาที (Hz)

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

อัตราเร็วเชิงเส้น (v) คือ ระยะทางตามแนวเส้นรอบวงของวงกลมที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (m/s)

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi Rf$$

ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Acceleration) (a_c)คือ ความเร่งเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีขนาดคงที่ และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเสมอเมื่อ R = รัศมีการเคลื่อนที่ในแนววงกลม (m)

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Force) (F_C) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลม

มีทิศเดียวกับทิศของความเร่ง เมื่อ m = มวลวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม (kg)

$$F_c = ma_c = \frac{mV^2}{R}$$

เมื่อระบบของวงกลมวางอยู่ในแนวระดับ
วัตถุผูกเชือกแกว่งเป็นวงกลมบนโต๊ะระดับผิวเกลี้ยง

หาความเร็วเชิงมุมได้จาก

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

หาความเร่งสู่ศูนย์กลางได้จาก

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

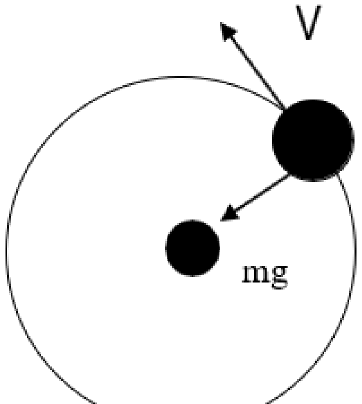
หาแรงสู่ศูนย์กลางได้จาก

$$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$$

ดาวเทียม

น้ำหนักดาวเทียมลงสู่โลก เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง mg = แรงสู่ศูนย์กลาง

$$mg = \frac{mv^2}{R}$$ หรือ



$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GmM}{R^2}$$

$$\frac{v^2}{R} = g_h$$

$$\therefore v = \sqrt{g_h R} = \sqrt{g_h (r+h)}$$

$$G = \text{ค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล} = 6.67 \times 10^{-11} \ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}}$$

ภาคผนวก ค

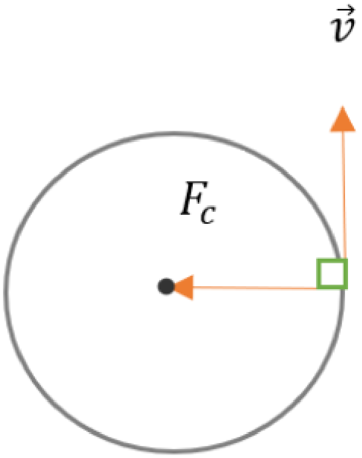
สื่อการสอน PowerPoint

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลม

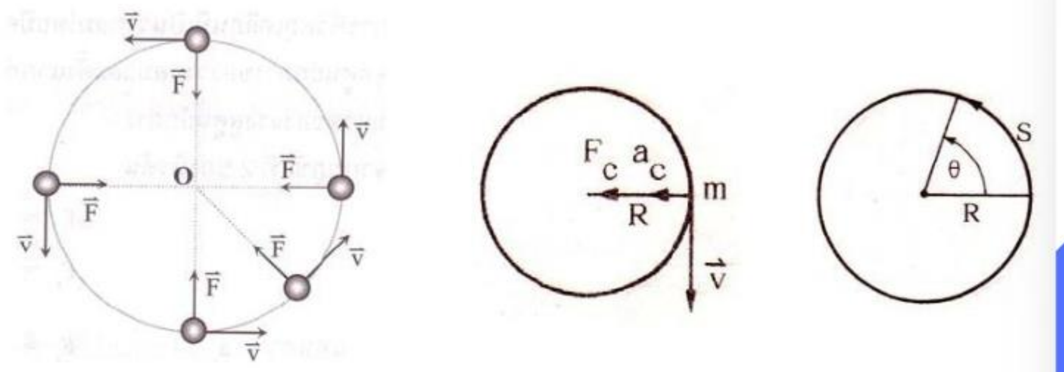
คือการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวโค้งแบบวงกลมห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นด้วยรัศมีคงที่ R อันเนื่องมาจากแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง โดยทิศทางของแรงเข้าสู่ศูนย์กลางจะ<u>ตั้งฉาก</u>กับทิศทางของความเร็ว V เสมอ

การเคลื่อนที่แบบวงกลม



การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ประกอบด้วยตัวแปรสำคัญดังนี้



3

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

คาบ (T) คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หรือ วินาทีต่อรอบ (S)

ความถี่ (F) คือ จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ รอบต่อวินาที (Hz)

4

สมการความสัมพันธ์

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

5

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง AC คือ ความเร่งเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีขนาดคงที่ และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเสมอเมื่อ R= รัศมีการเคลื่อนที่ในแนววงกลม (M)

6

สมการความสัมพันธ์

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

7

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

อัตราเร็วเชิงเส้น (V) คือ ระยะทางตามแนวเส้นรอบวงของวงกลมที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (m/s)

8

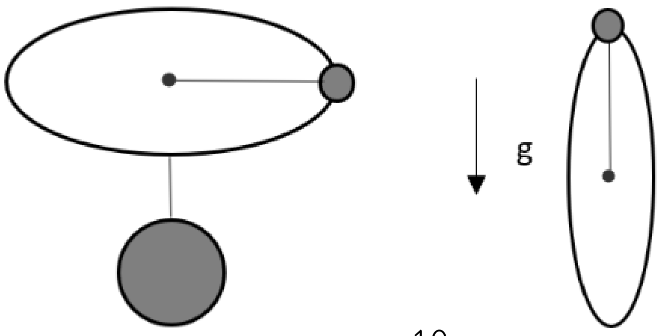
สมการความสัมพันธ์

$$F_c = ma_c = \frac{mV^2}{R}$$

9

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

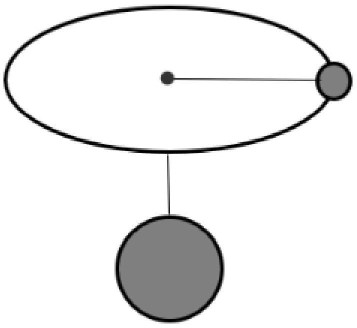
1.การเคลื่อนที่แบบวงกลมใน<u>แนวระดับ</u>
2.การเคลื่อนที่แบบวงกลมใน<u>แนวดิ่ง</u>



10

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1.การเคลื่อนที่แบบวงกลมใน<u>แนวระดับ</u>



11

แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (CENTRIPETAL FORCE) FC คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมมีทิศเดียวกับทิศของความเร่ง เมื่อ M = มวลวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม (kg)

12

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1.การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระดับ

หาความเร็วเชิงมุมได้จาก

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

13

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1.การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระดับ

หาความเร่งสู่ศูนย์กลางได้จาก

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

14

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1.การเคลื่อนที่แบบวงกลมใน<u>แนวระดับ</u>

<u>หาแรงสู่ศูนย์กลางได้จาก</u>

$$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$$

15

สมการความสัมพันธ์

$$F_c = \frac{mv^2}{R}$$

F_c = แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (N)

m = มวล (kg)

v = ความเร็วเชิงเส้น (m/s)

R = รัศมี (m)

16

สมการความสัมพันธ์

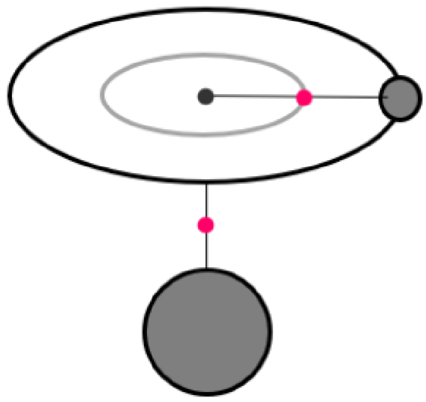
เมื่อ $v = \omega R$

จะได้ $F_c = m\omega^2 R$

โดย ω = อัตราเร็วเชิงมุม$(\frac{rad}{s})$

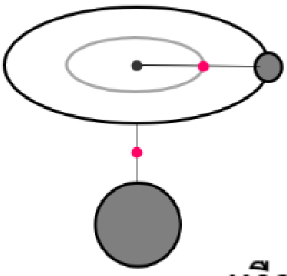
17

กรณีเชือกมีมวล



18

กรณีเชือกมีมวล



$$F_c = \frac{Mv^2}{R} + \frac{mv^2}{r} \; ; \; r = \frac{1}{2}R$$

หรือ $$F_c = M\omega^2 R + m\omega^2 r \; ; \; r = \frac{1}{2}R$$

19

ดาวเทียม

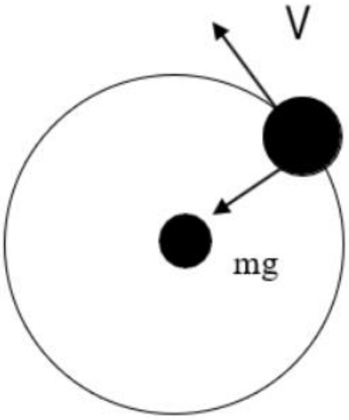
น้ำหนักดาวเทียมลงสู่โลก

เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง

Mg =แรงสู่ศูนย์กลาง

20

ดาวเทียม



$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GmM}{R^2}$$

$$\frac{v^2}{R} = g_h$$

$$\therefore v = \sqrt{g_h R} = \sqrt{g_h (r+h)}$$

21

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

เฉลยละเอียดแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

แบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 20 นาทีให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างของกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือกตอบ

2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องคิดเลขที่ไม่ใช่อุปกรณ์สื่อสารได้

3. หากนักเรียนคนใดมีการทุจริต กรรมการคุมสอบจะทำการยุติการสอบนักเรียนคนนั้นทันที

1. รัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลมมีความ สัมพันธ์กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลางอย่างไร
ก. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงเส้น
ข. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับรัศมีในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม
ค. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม
ง. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม
จ. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุมและในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม

2. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยรัศมี 12 เซนติเมตร อัตราเร็วเชิงเส้น 10 เมตรต่อวินาที โดยที่วัตถุมีมวล 0.005 กิโลกรัม แรงเข้าสู่ศูนย์กลางเนื่องจากการการเคลื่อนที่เป็นเท่าใด
ก. 4.17 N ข. 5.26 N
ค. 6.36 N ง. 7.35 N
จ. 8.63 N

3. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง
ก. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับอัตราเร็วเชิงเส้น
ข. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงเส้น
ค. แรงสู่ศูนย์กลางไม่สัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้น
ง. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงมุม
จ. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุม

4. กรณีการเคลื่อนที่แบบวงกลมเมื่อมวลเพิ่มเป็น 4 เท่าของระบบจะทำให้รัศมีเป็นกี่เท่าของรัศมีเดิม เมื่อพิจารณาในเทอมอัตราเร็วเชิงเส้น
ก. 0.25 ข. 4
ค. 2.5 ง. 2.0
จ. 1.25

5. “ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่รัศมีต่างกัน โดยมีคาบเท่ากันจะมีอัตราเร็วเชิงเส้นต่างกัน และมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากัน” ข้อความนี้เป็นจริงหรือไม่
ก. เป็นจริง
ข. เป็นเท็จ เพราะอัตราเร็วเชิงเส้นต้องเท่ากันเสมอ
ค. เป็นเท็จ เพราะอัตราเร็วเชิงมุมต้องไม่เท่ากัน
ง. ข้อ ข. และข้อ ค. ถูกต้อง
จ. ไม่มีข้อถูก

6. วัตถุมีมวล 0.0005 กิโลกรัม เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 5 เซนติเมตร ด้วยอัตราเร็วเชิงเส้น 3 เมตรต่อวินาที จงหาแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง ก. 0.06 N ข. 0.07 N ค. 0.08 N ง. 0.09 N จ. 0.10 N 7. วัตถุมวล 0.05 กิโลกรัมผูกติดกับเชือกแล้วทำการหมุนให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 10 เซนติเมตรโดยเชือกที่หมุนมีน้ำหนัก 0.0005 กิโลกรัมอัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียน ต่อวินาที จงหาแรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่เกิดจากมวลของวัตถุและมวลของเชือกรวมกัน ก. 0.03 N ข. 0.04 N ค. 0.05 N ง. 0.06 N จ. 0.07 N 8. วัตถุมวล 0.05 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกแล้วทำการหมุนให้เป็นวงกลมบนโต๊ะมีรัศมี 10 เซนติเมตร หากว่าเชือกหนัก 0.0007 กิโลกรัม แล้วเกิด แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง 3 นิวตัน จงหาอัตราเร็วเชิงมุม ก. 20.13 rad/s ข. 21.37 rad/s ค. 22.23 rad/s ง. 22.98 rad/s จ. 23.68 rad/s	9. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 20 เซนติเมตรมีความถี่การหมุนอยู่ที่ 50 เฮิรตซ์ จงหาอัตราเร็วเชิงเส้น (π = 3.14) ก. 45.0 m/s ข. 54.0 m/s ค. 54.2 m/s ง. 62.8 m/s จ. 72.85 m/s 10. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมที่รัศมี 200 เซนติเมตร ด้วยความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง 2 m/s^2 จงหาอัตราเร็วเชิงเส้น ก. 1 m/s ข. 2 m/s ค. 4 m/s ง. 6 m/s จ. 8 m/s

กระดาษคำตอบ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ชื่อ - นาสกุล...ชั้น.............เลขที่.............

วันที่............เดือน.....................พ.ศ......................

คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 20 นาทีให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างของกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือกตอบ

2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องคิดเลขที่ไม่ใช่อุปกรณ์สื่อสารได้

3. หากนักเรียนคนใดมีการทุจริต กรรมการคุมสอบจะทำการยุติการสอบนักเรียนคนนั้นทันที

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 20 นาทีให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างของกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือกตอบ

2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องคิดเลขที่ไม่ใช่อุปกรณ์สื่อสารได้

3. หากนักเรียนคนใดมีการทุจริต กรรมการคุมสอบจะทำการยุติการสอบนักเรียนคนนั้นทันที

1. วัตถุมีมวล 0.0005 กิโลกรัม เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 5 เซนติเมตร ด้วยอัตราเร็วเชิงเส้น 3 เมตรต่อวินาที จงหาแรงเข้าสู่ศูนย์ กลาง

ก. 0.06 N ข. 0.07 N
ค. 0.08 N ง. 0.09 N
จ. 0.10 N

2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

ก. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับอัตราเร็วเชิงเส้น
ข. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงเส้น
ค. แรงสู่ศูนย์กลางไม่สัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้น
ง. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงมุม
จ. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงเส้น และอัตราเร็วเชิงมุม

3. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยรัศมี 12 เซนติเมตร อัตราเร็วเชิงเส้น 10 เมตรต่อวินาที โดยที่วัตถุมีมวล 0.005 กิโลกรัม แรงเข้าสู่ศูนย์กลางเนื่องจากการการเคลื่อนที่เป็นเท่าใด

ก. 4.17 N ข. 5.26 N
ค. 6.36 N ง. 7.35 N
จ. 8.63 N

4. วัตถุมวล 0.05 กิโลกรัมผูกติดกับเชือกแล้วทำการหมุนให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร โดยเชือกที่หมุนมีน้ำหนัก 0.0005 กิโลกรัม อัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียน ต่อวินาที จงหาแรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่เกิดจากมวลของวัตถุและมวลของเชือกรวมกัน

ก. 0.03 N ข. 0.04 N
ค. 0.05 N ง. 0.06 N
จ. 0.07 N

5. รัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลมมีความสัมพันธ์กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลางอย่างไร

ก. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมีในเทอมของอัตราเร็วเชิงเส้น
ข. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับรัศมีในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม
ค. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับรัศมีในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม

ง. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมีในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม

จ. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมีในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุมและในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม

6. “ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่รัศมีต่างกัน โดยมีคาบเท่ากันจะมีอัตราเร็วเชิงเส้นต่างกัน และมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากัน” ข้อความนี้เป็นจริงหรือไม่

ก. เป็นจริง

ข. เป็นเท็จ เพราะอัตราเร็วเชิงเส้นต้องเท่ากันเสมอ

ค. เป็นเท็จ เพราะอัตราเร็วเชิงมุมต้องไม่เท่ากัน

ง. ข้อ ข. และข้อ ค. ถูกต้อง

จ. ไม่มีข้อถูก

7. วัตถุมวล 0.05 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกแล้วทำการหมุนให้เป็นวงกลมบนโต๊ะมีรัศมี 10 เซนติเมตร หากว่าเชือกหนัก 0.0007 กิโลกรัมแล้วเกิดแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง 3 นิวตัน จงหาอัตราเร็วเชิงมุม

ก. 20.13 rad/s ข. 21.37 rad/s

ค. 22.23 rad/s ง. 22.98 rad/s

จ. 23.68 rad/s

8. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 20 เซนติเมตร มีความถี่การหมุนอยู่ที่ 50 เฮิรตซ์ จงหาอัตราเร็วเชิงเส้น (π=3.14)

ก. 45.0 m/s ข. 54.0 m/s

ค. 54.2 m/s ง. 62.8 m/s

จ. 72.85 m/s

9. กรณีการเคลื่อนที่แบบวงกลมเมื่อมวลเพิ่มเป็น 4 เท่าของระบบจะทำให้รัศมีเป็นกี่เท่าของรัศมีเดิมเมื่อพิจารณาในเทอมอัตราเร็วเชิงเส้น

ก. 0.25 ข. 4

ค. 2.5 ง. 2.0

จ. 1.25

10. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมที่รัศมี 200 เซนติเมตร ด้วยความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง 2 m/s^2 จงหาอัตราเร็วเชิงเส้น

ก. 1 m/s ข. 2 m/s

ค. 4 m/s ง. 6 m/s

จ. 8 m/s

กระดาษคำตอบ

แบบทดสอบหลังเรียนเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อ - นาสกุล...ชั้น.............เลขที่.............

วันที่............เดือน.....................พ.ศ......................

คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 20 นาทีให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างของกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือกตอบ

2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องคิดเลขที่ไม่ใช่อุปกรณ์สื่อสารได้

3. หากนักเรียนคนใดมีการทุจริต กรรมการคุมสอบจะทำการยุติการสอบนักเรียนคนนั้นทันที

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

เฉลยแบบทดสอบ

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

แบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	คำตอบ
1	ง
2	ค
3	ก
4	ก
5	ก
6	ง
7	ค
8	จ
9	ง
10	ข

แบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	คำตอบ
1	ง
2	ก
3	ก
4	ค
5	ง
6	ก
7	จ
8	ง
9	ข
10	ข

<u>เฉลยแบบตัวเลือกเปรียบเทียบแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน</u>

แบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1				X	
2			X		
3	X				
4	X				
5	X				
6				X	
7			X		
8					X
9				X	
10		X			

แบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1				X	
2	X				
3	X				
4			X		
5				X	
6	X				
7					X
8				X	
9		X			
10		X			

เฉลยละเอียดแบบทดสอบหลังเรียน

เรื่องการเคลื่อนที่แบวงกลม

คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 20 นาทีให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างของกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือกตอบ

2. นักเรียนสามารถใช้เครื่องคิดเลขที่ไม่ใช่อุปกรณ์สื่อสารได้

3. หากนักเรียนคนใดมีการทุจริต กรรมการคุมสอบจะทำการยุติการสอบนักเรียนคนนั้นทันที

1. รัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลมมีความ สัมพันธ์กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลางอย่างไร

ก. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงเส้น

ข. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับรัศมีในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม

ค. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงเส้น

ง. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม

จ. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุมและในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม

เฉลย : ง. แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมี ในเทอมของอัตราเร็วเชิงมุม

จากสมการ $F_C = \frac{mv^2}{R}$ จะเห็นว่า แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับรัศมี

2. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วย รัศมี 12 เซนติเมตร อัตราเร็วเชิงเส้น 10 เมตรต่อวินาที โดยที่วัตถุมีมวล 0.005 กิโลกรัม แรงเข้าสู่ศูนย์กลางเนื่องจากการการเคลื่อนที่เป็นเท่าใด

ก. 4.17 N　　ข. 5.26 N

ค. 6.36 N　　ง. 7.35 N

จ. 8.63 N

เฉลย : ค. 4.17 N

จาก $F_C = \frac{mv^2}{R}$ จะได้ $F_C = \frac{0.005(10^2)}{12\times10^{-2}} = 4.17$ N

3. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

ก. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับอัตราเร็วเชิงเส้น

ข. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงเส้น

ค. แรงสู่ศูนย์กลางไม่สัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้น

ง. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงมุม

จ. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผกผันกับอัตราเร็วเชิงเส้น และอัตราเร็วเชิงมุม

เฉลย : ก. แรงเข้าสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับอัตราเร็วเชิงเส้น

จากสมการ $F_C = \frac{mv^2}{R}$ จะเห็นว่า แรงสู่ศูนย์กลางแปรผันตรงกับอัตราเร็วเชิงเส้น

4. กรณีการเคลื่อนที่แบบวงกลมเมื่อมวลเพิ่มเป็น 4 เท่าของระบบจะทำให้รัศมีเป็นกี่เท่าของรัศมีเดิม เมื่อพิจารณาในเทอมอัตราเร็วเชิงเส้น

ก. 0.25 ข. 4

ค. 2.5 ง. 2.0

จ. 1.25

เฉลย : ข. 4

จาก $F_C = \frac{mv^2}{R}$ เราพิจารณา มวลสัมพันธ์กับรัศมี

จะได้ $\frac{m_1}{R_1} = \frac{m_2}{R_2}$ เมื่อ $m_2 = 4m_1$

ได้ $\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2}{m_1}$ เมื่อ $m_2 = 4m_1$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{4m_1}{m_1} = 4$$

5. “ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่รัศมีต่างกัน โดยมีคาบเท่ากันจะมีอัตราเร็วเชิงเส้นต่างกัน และมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากัน” ข้อความนี้เป็นจริงหรือไม่

ก. เป็นจริง

ข. เป็นเท็จ เพราะอัตราเร็วเชิงเส้นต้องเท่ากันเสมอ

ค. เป็นเท็จ เพราะอัตราเร็วเชิงมุมต้องไม่เท่ากัน

ง. ข้อ ข. และข้อ ค. ถูกต้อง

จ. ไม่มีข้อถูกจาก $F_C = \frac{mv^2}{R}$ และ $v = \omega R$

เฉลย : ก. เป็นจริง

จะได้ $F_C = m\omega^2 R$ ซึ่งอัตราเร็วเชิงมุม (มุมที่วัตถุกวาดต่อเวลา) เท่ากันเพราะเพราะเป็นการวัดการเคลื่อนที่ของมุมต่อเวลา ถึงแม้รัศมีในการหมุนจะแตกต่างกัน แต่มุมที่วัตถุกวาดต่อเวลานั้นเท่ากัน

6. วัตถุมีมวล 0.0005 กิโลกรัม เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 5 เซนติเมตร ด้วยอัตราเร็วเชิงเส้น 3 เมตรต่อวินาที จงหาแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง

ก. 0.06 N ข. 0.07 N

ค. 0.08 N ง. 0.09 N

จ. 0.10 N

เฉลย : ง. 0.09 N

จาก $F_C = \frac{mv^2}{R} = \frac{0.0005(3)^2}{5\times10^{-2}} = 0.09$

7. วัตถุมวล 0.05 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกแล้วทำการหมุนให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร โดยเชือกที่หมุนมีน้ำหนัก 0.0005 กิโลกรัม อัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียนต่อวินาที จงหาแรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่เกิดจากมวลของวัตถุและมวลของเชือกรวมกัน

ก. 0.03 N ข. 0.04 N

ค. 0.05 N ง. 0.06 N

จ. 0.07 N

เฉลย : ค. 0.05 N

จาก $F_C = \frac{mv^2}{R}$ ให้ $m_1 =$ มวลวัตถุ , $m_2 =$ มวลของเชือก ,

$R_1 =$ รัศมีวัตถุ , $R_2 =$ รัศมีศูนย์กลางมวลของเชือก

จะได้ $F_C = \frac{m_1\omega^2}{R_1} + \frac{m_2\omega^2}{R_2} = \frac{0.05(10)^2}{10\times10^{-2}} + \frac{0.0005(10)^2}{5\times10^{-2}} =$ 0.05 N

8. วัตถุมวล 0.05 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกแล้วทำการหมุนให้เป็นวงกลมบนโต๊ะมีรัศมี 10 เซนติเมตร หากว่าเชือกหนัก 0.0007 กิโลกรัม แล้วเกิด แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง 3 นิวตัน จงหาอัตราเร็วเชิงมุม

ก. 20.13 rad/s　　ข. 21.37 rad/s

ค. 22.23 rad/s　　ง. 22.98 rad/s

จ. 23.68 rad/s

เฉลย : จ. 23.68 rad/s

จาก $F_C = m\omega^2 R$

แทนค่า $3 = (0.05)\omega^2(10 \times 10^{-2})$

$$\omega^2 = \frac{3}{0.05\ (10 \times 10^{-2})} = 23.68 \frac{rad}{s}$$

9. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 20 เซนติเมตรมีความถี่การหมุนอยู่ที่ 50 เฮิรตซ์ จงหาอัตราเร็วเชิงเส้น (π=3.14)

ก. 45.0 m/s　　ข. 54.0 m/s

ค. 54.2 m/s　　ง. 62.8 m/s

จ. 72.85 m/s

เฉลย : ง. 62.8 m/s

จาก $\omega = 2\pi f = 2(3.14)(50) = 62.8\, m/s$

10. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมที่รัศมี 200 เซนติเมตร ด้วยความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง 2 m/s^2 จงหาอัตราเร็วเชิงเส้น

ก. 1 m/s　　ข. 2 m/s

ค. 4 m/s　　ง. 6 m/s

จ. 8 m/s

เฉลย : ข. 2 m/s

จาก $F = ma$ และ $F_c = \frac{mv^2}{R}$

จะได้ $ma = \frac{mv^2}{R}$

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$v^2 = aR$$

$$v = \sqrt{aR} = \sqrt{2(200 \times 10^{-2}} = 2\ \mathrm{m/s}$$

ภาคผนวก จ

เอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์และเฉลยเอกสารปฏิบัติการฟิสิกส์

เรื่องการเคลื่อนที่แบวงกลม

ปฏิบัติการฟิสิกส์

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular Motion)

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อแรงสู่ศูนย์กลาง ตามสมการ $F_c = \frac{mv^2}{R}$

ตอนที่ 1

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของมวล m กับ แรงสู่ศูนย์กลาง F_C เมื่อให้ความเร็วเชิงเส้น v^2 และรัศมี R ของระบบคงที่

ตัวแปรต้น

1. มวล

ตัวแปรตาม

1. แรงสู่ศูนย์กลาง

ตัวแปรควบคุม

1. อัตราเร็วเชิงเส้น
2. รัศมี

ตอนที่ 2

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วเชิงเส้น v^2 กับ แรงสู่ศูนย์กลาง F_C เมื่อให้มวล m และรัศมี R ของระบบคงที่

ตัวแปรต้น

1. ความเร็วเชิงเส้น

ตัวแปรตาม

1. แรงสู่ศูนย์กลาง

ตัวแปรควบคุม

1. มวล
2. รัศมี

ตอนที่ 3

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรัศมี R กับแรงสู่ศูนย์กลาง F_C เมื่อให้มวล m และความเร็วเชิงเส้น v^2 ของระบบคงที่

ตัวแปรต้น

1. รัศมี

ตัวแปรตาม

1. แรงสู่ศูนย์กลาง

ตัวแปรควบคุม

1. มวล
2. ความเร็วเชิงเส้น

อุปกรณ์

1. ชุดการทดลองสมดุลของแรงจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม
2. มวล

สมมติฐาน

ตอนที่ 1

ถ้ามวล m เพิ่มขึ้น แรงสู่ศูนย์กลาง F_C จะเพิ่มขึ้น เมื่อให้ความเร็วเชิงเส้น v^2 กับ รัศมี R ของระบบคงที่

ตอนที่ 2

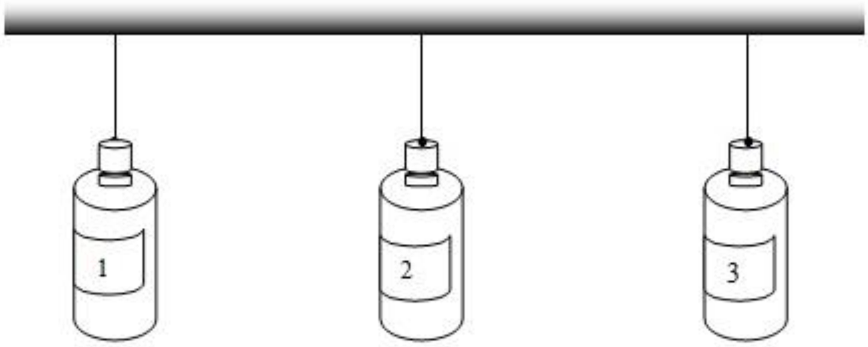
ถ้าความเร็วเชิงเส้น v^2 เพิ่มขึ้น แรงสู่ศูนย์กลาง F_C จะเพิ่มขึ้น เมื่อให้มวล m รัศมี R ของระบบคงที่

ตอนที่ 3

ถ้ารัศมี R เพิ่มขึ้น แรงสู่ศูนย์กลาง F_C จะลดลง เมื่อให้มวล m กับความเร็วเชิงเส้น v^2 ของระบบคงที่

ทฤษฎี

มวล (Mass) จากความรู้เรื่องแรง พบว่าแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้ แต่ในการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ นอกจากจะขึ้นอยู่กับแรงแล้วยังพบว่ามีปริมาณอื่นที่มีความเกี่ยวข้องด้วย ดังตัวอย่างเหตุการณ์ต่อไปนี้ ถ้านำขวดพลาสติกขนาดเท่ากับ 3 ใบ แล้วใช้กระดาษหุ้มให้มิดชิด ใบแรกภายในวางเปล่า ใบที่สองเติมน้ำลงไปครึ่งขวด และใบที่สามเติมน้ำจนเต็มขวด แล้วแขวนไว้ในแนวดิ่งและลองขยับขวดไปมาในแนวระดับ ดังภาพ



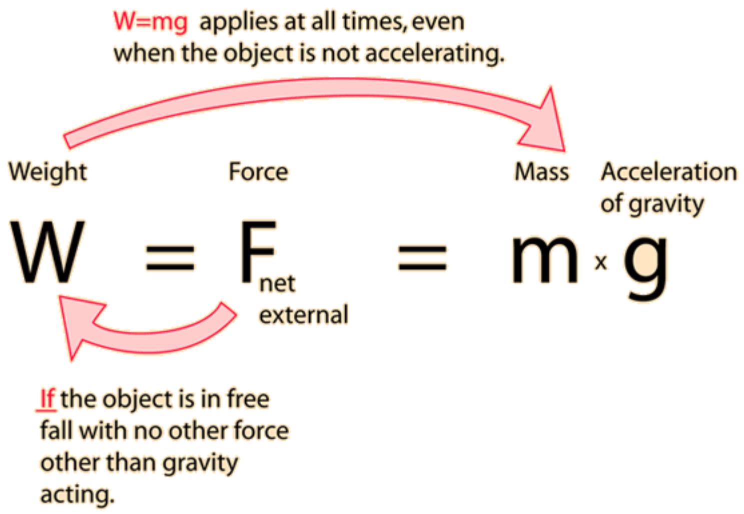
ภาพขวด 3 ใบ ถูกแขวนในแนวดิ่ง

เมื่อขยับขวดขวดแต่ละใบในมือ โดยใช้แรงที่เท่ากัน การต้านมือของวัตถุเป็นความรู้สึกว่า เมื่อออกแรงผลักวัตถุ แล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่หรือเมื่อให้ขวดทั้งสามใบแกว่งแล้วใช้มือต้านให้วัตถุหยุด ความยากง่ายหรือแรงที่ใช้ต้านทานการเคลื่อนที่ย่อมแตกต่างกัน โดยขวดที่บรรจุน้ำเต็มขวดจะรู้สึกว่าต้านทานการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่มากที่สุด และสำหรับขวดเปล่าจะรู้สึกว่าต้านทานการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่น้อยที่สุด จะเรียกสมบัติของวัตถุที่ต้านต่อการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นว่า “ความเฉื่อย (Inertia)” และเรียกปริมาณที่บอกให้ทราบว่า วัตถุใดมีความเฉื่อยมากหรือน้อยว่า มวล

อาจสรุปได้ว่า มวล คือ ปริมาณที่บอกให้ทราบถึงการต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งเป็นปริมาณสเกลาร์ ใช้สัญลักษณ์ คือ “ m ”มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

น้ำหนัก (Weight) จากการศึกษาการตกอย่างเสรีของวัตถุใกล้ผิวโลก พบว่า เมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ซึ่งแรงที่มากระทำกับวัตถุนั้นคือ แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ อาจเรียกแรงนี้ว่า น้ำหนักของวัตถุโดยที่

$$\mathbf{W = mg}$$

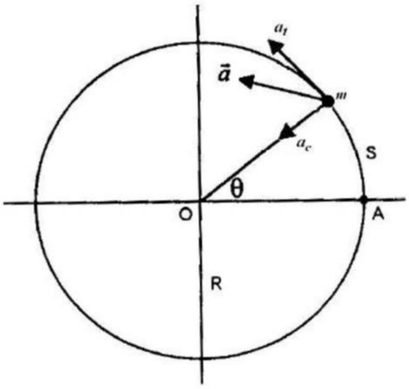


เนื่องจากน้ำหนักเป็นแรงที่โลกดึงดูดวัตถุจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศเดียวกับความเร่ง (g) ดังนั้น น้ำหนักจึงมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางโลกเสมอ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

น้ำหนักของวัตถุมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ และค่า g ซึ่งมวลของวัตถุมีค่าคงตัวเสมอไม่ว่าจะอยู่ ณ ตำแหน่งใด แต่ค่า g มีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับบริเวณ เช่น ที่บริเวณขั้วโลกจะมีค่า g เท่ากับ 9.83 เมตรต่อวินาทีกำลัง 2 แต่สำหรับบริเวณศูนย์สูตร จะมีค่า g เท่ากับ 9.78 เมตรต่อวินาทีกำลัง 2 ดังนั้น น้ำหนักของวัตถุชนิดเดียวกัน หากบริเวณที่แตกต่างกันอาจมีค่าที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีค่า g ที่แตกต่างกัน

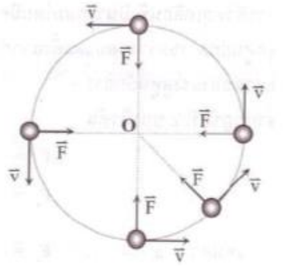
การเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular Motion)

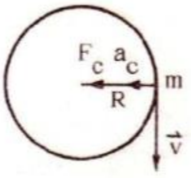
วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมบนระนาบใดๆ อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่งของวัตถุจะคงที่หรือไม่ก็ได้ แต่ความเร็วของวัตถุไม่คงที่แน่นอน เนื่องจากว่ามีการเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ซึ่งเมื่อวัตถุที่มีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่แสดงว่าวัตถุนี้ต้องมีองค์ประกอบของแรงมากระทำในทิศทางที่ตั้งฉากกับเส้นทางการเคลื่อนที่ด้วยและกรณีที่การเคลื่อนที่มีอัตราเร็วไม่คงที่แสดงว่าต้องมีองค์ประกอบของแรงในทิศทางที่ขนานกับแนวการเคลื่อนที่ด้วย พิจารณารูป

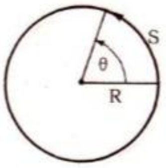


การเคลื่อนที่แบบวงกลมจัดเป็นหนึ่งในการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ ในการเคลือนที่เป็นวงกลมที่ จะทำการศึกษานั้น ความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมจะมีค่าคงที่หรือเท่ากันตลอดการเคลื่อนที่ เรียกการเคลื่อนที่วงกลมแบบนี้ว่า การเคลื่อนที่เป็นวงกลมสม่ำเสมอ (Uniform Circular Motion)

การเคลื่อนที่เป็นวงกลม ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีแรงกระทำตั้งฉากกับเวกเตอร์ความเร็วเสมอตลอดการเคลื่อนที่ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในแนววงกลม แต่ยังคงมีความเร่ง เกิดขึ้น ซึ่งความเร่งจะขึ้นกับการเปลี่ยนเวกเตอร์ความเร็ว ซึ่งเวกเตอร์ความเร็วจะมีทิศสัมผัสกับเส้นทาง การเคลื่อนที่ของวัตถุและมีทิศตั้งฉากกับแนวรัศมีวงกลม เรียกความเร่งชนิดนี้ว่า ความเร่งแนวสัมผัสวงกลม (a_T) เวกเตอร์ความเร่งในการเคลื่อนที่แบบวงกลมจะมีทิศตั้งฉากกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุและมีทิศพุ่งเข้าสู่จุดศูนย์กลางวงกลมเสมอ เราเรียกความเร่งนี้ว่า ความเร่งสู่ศูนย์กลาง (a_c)







คาบ (T) คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หรือ วินาทีต่อรอบ (s) ความถี่ (f) คือ จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ รอบต่อวินาที (Hz)

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

ความเร็วเชิงเส้น (v) คือ ระยะทางตามแนวเส้นรอบวงของวงกลมที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ ในหนึ่งหน่วยเวลา (m/s)

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R f$$

ความเร็วเชิงมุม (ω) คือ มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมที่รัศมีกวาดไปได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (เรเดียน/วินาที) (rad/s)

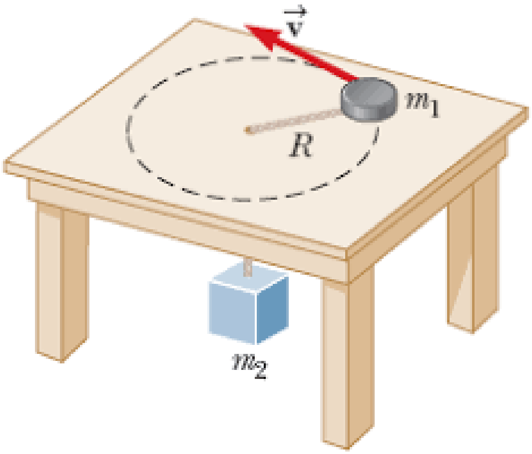
$$\omega = \frac{\theta}{T} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \frac{v}{R}$$

ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Acceleration) (a_c) คือ ความเร่งเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีขนาดคงที่และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเสมอ เมื่อ R = รัศมีการเคลื่อนที่ในแนววงกลม (m)

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Force) (F_c) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีทิศเดียวกับทิศของความเร่ง เมื่อ m = มวลวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม (kg)

$$F_c = ma_c = \frac{mV^2}{R}$$

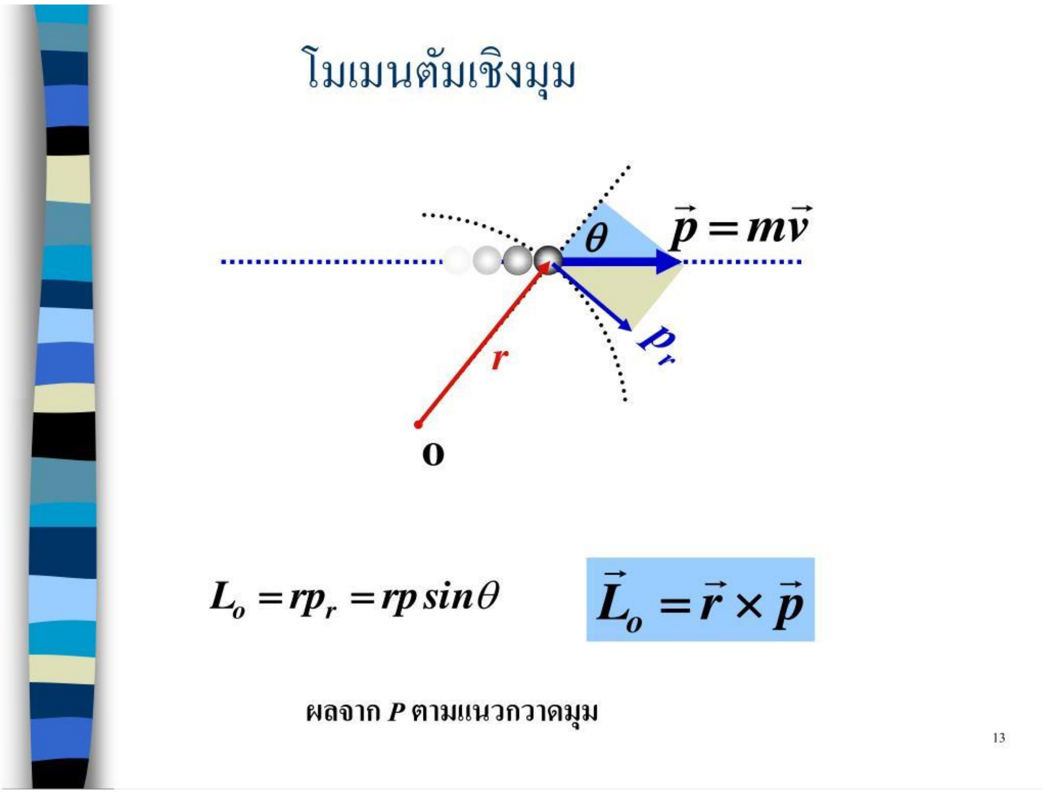


โมเมนตัมเชิงมุม (Angular Momentum ;L)

ในทางฟิสิกส์ โมเมนตัมเชิงมุมของวัตถุรอบจุดกำเนิด (อังกฤษ: Angular Momentum) คือปริมาณเวกเตอร์ที่แสดงถึงการหมุนของวัตถุ มีค่าเท่ากับมวลของวัตถุคูณกับผลคูณเชิงเวกเตอร์ของเวกเตอร์ตำแหน่งและเวกเตอร์ความเร็ว[1] (หรือผลคูณระหว่างโมเมนต์ความเฉื่อยกับความเร็วเชิงมุม)

โมเมนตัมเชิงมุมเป็นปริมาณอนุรักษ์ กล่าวคือมันจะมีค่าคงที่เสมอจนกว่าจะมีแรงบิดภายนอกมากระทำ คุณลักษณะการอนุรักษ์ของโมเมนตัมเชิงมุมช่วยอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลายประการ

โมเมนตัมเชิงมุมนั้นเป็นผลระหว่างระยะห่างของวัตถุหรืออนุภาคกับแกนหมุน (r) คูณกับ โมเมนตัมเชิงเส้น (p)

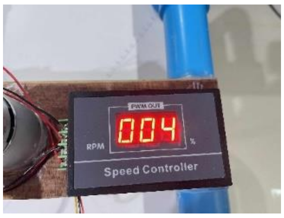


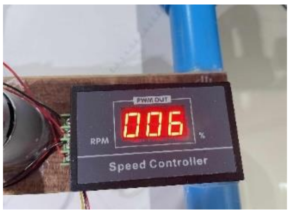
<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ต่ออุปกรณ์เข้ากับอะแดปเตอร์ 12v

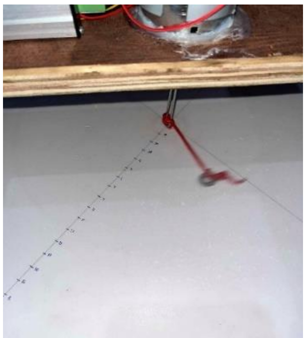
2. ปรับค่า RPM มอเตอร์ที่ 0% โดยหมุนที่ปรับ

3. ค่อยๆปรับความเร็วเพิ่มขึ้นตามที่ต้องการ





4. ในการปรับรัศมีเราจะใช้มือพยุ่งมวล M ก้อนล่างขึ้น เพื่อปล่อยให้มอเตอร์หมุ่นเหวี่ยงมวล m จนได้รัศมีที่ต้องการแล้วจึงปล่อยมือ ถ้าแรงเข้าสู่ศูนย์กลางจากการหมุนไม่มากพอมวล m จะถูกดึงกลับคืน แต่ถ้าแรงเข้าสู่ศูนย์กลางจากการหมุนมีมากพอมวล m จะนิ่งที่รัศมีที่กำหนด หรือมากกว่า



5. กดปุ่มสวิตซ์ เปิด-ปิด เพื่อสั่งให้มอเตอร์หยุด หรือทำงาน เพื่อเปลี่ยนมวล และทดลอง

<u>ตารางการทดลอง</u>

<u>ข้อกำหนด</u>

ให้มวลm_1 คือมวลที่หมุนอยู่ด้านบน ให้มวล M_1 คือมวลถ่วงที่อยู่ด้านล่าง ทำหน้าที่เป็นแรงถ่วงการหมุน และ Δm_1คือมวลของเชือกด้านบน Δm_2 คือมวลของเชือกด้านล่างที่ทำหน้าที่ถ่วง เปรียบได้ว่ามีมวลที่หมุนอยู่ 2 ก้อน คือมวลทอลองกับมวลของเชือกที่อยู่ด้านบน กรณีมวลถ่วงก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นมวลด้านบนและมวลด้านล่างทั้งหมดจึงเป็น $m_1 + \Delta m_1$ (kg) และ $M_2 + \Delta m_2$ (kg) ตามลำดับ

1. เชือกยาว 40 cm มีมวล 0.7 g ดังนั้น เชือก 1 cm มีมวล 0.0175 g
2. $\vec{F_c}$ คือแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง ซึ่งมีค่าเท่ากับน้ำหนัก $\text{W} = Mg$ ที่เกิดจากมวล $M + \Delta m_2$ ที่ห้อยในแนวดิ่งของอุปกรณ์
3. $\vec{v}_1$คือความเร็วเชิงเส้นของ มวลบน m_1 และ $\vec{v}_2$ คือความเร็วเชิงเส้นของ มวลเส้นเชือก Δm_1
4. รัศมีการหมุ่นของมวล m_1 คือ R_1 รัศมีของจุดศูนย์กลางมวลของเชือกคือ ΔR
5. PRM คือความเร็วรอบของมอเตอร์ มีค่า 1200 รอบ/นาที หรือ 24 Hz เมื่อให้ 24 มีค่าเป็นความถี่ 100% และ RPM 10% = 24(10%) แล้วคำนวณตามความสัมพันธ์ ตามสมการความสัมพันธ์ $\vec{\omega} = 2\pi f$....(1) และ $\vec{v} = \vec{\omega}R$........(2) และ $\overrightarrow{F_c} = \frac{m\vec{v}^2}{R}$.......(3) พบว่า แรงสู่ศูนย์กลางที่ได้จากการหมุน<u>น้อยกว่า</u>ความเป็นจริง ซึ่งอาจเกิดจากความคาดเคลื่อนของ โมดูลควบคุมมอเตอร์ มอเตอร์ น้ำหนักที่หน่วงมอเตอร์ ฯ เมื่อผู้ทดสอบได้ทำการทดสอบหลายรอบ พบว่าเมื่อให้ความถี่เท่ากับ 80 Hz ค่าจากการคำนวณใกล้เคียงค่าจริงที่สุด จึงอนุโลมให้ f=80/s สำหรับการทดลองนี้

ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น $\vec{v}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$

$\vec{v_1}^2$	$\vec{v_2}^2$	RPM	$f = 80\text{Hz}$	$\vec{\omega} = 2\pi f$	$\vec{v}_1 = \vec{\omega}R_1$	$\vec{v}_2 = \vec{\omega}\Delta R$	R_1 คงที่	ΔR คงที่	m_1 (kg) คงที่	Δm_1 (10^{-6}) (kg) คงที่	$m = m_1 + 2\Delta m_1$ (kg) คงที่	M_2 (kg) มวลที่จะเปลี่ยน	Δm_2 (kg)	$M = M_2 + \Delta m_2$ (kg)	$\vec{F}_c$ (10^{-3}N)
16.16	4.04	10%	80(0.10)	50.24	4.02	2.01	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078		0.00056		
19.54	4.88	11%	80(0.11)	55.26	4.42	2.21	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078		0.00056		
23.23	5.81	12%	80(0.12)	60.29	4.82	2.41	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078		0.00056		
31.58	7.90	14%	80(0.14)	70.34	5.62	2.81	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078		0.00056		
36.24	9.06	15%	80(0.15)	75.36	6.02	3.01	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078		0.00056		

1. หา $\Delta m_1, \Delta m_2$ โดยเทียบบัญญัติไตรยางศ์ จาก เชือก 1 cm มีมวล 0.0175 g
2. ΔR คือระยะจากจุดหมุนถึงจุดศูนย์กลางมวลของเชือก ซึ่งคือครึ่งหนึ่งของเชือกด้านบน $(R_1 = 2\Delta R)$ ดังนั้น $\boldsymbol{R} = 1.5R_1$

จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อความเร็ว $\vec{v}^2$ เพิ่มมากขึ้น อุปกรณ์จะสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น นั้นคือ แรง $\vec{F}_c$ เพิ่มมากขึ้น ตามความเร็ว $\vec{v}^2$ ที่เพิ่มขึ้น

ตารางความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี $\boldsymbol{R}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$

R_1	ΔR	RPM	$f = 80\text{Hz}$	$\vec{\omega} = 2\pi f$	$\vec{v}_1 = \vec{\omega}R_1$	$\vec{v}_2 = \vec{\omega}\Delta R$	$\vec{v}_1^2$	$\vec{v}_2^2$	$\vec{\omega}_1^2 = \frac{\vec{v}_1^2}{R_1^2}$	$\vec{\omega}_2^2 = \frac{\vec{v}_2^2}{\Delta R^2}$	m_1 (kg)	Δm_1 (10^{-6}) (kg)	$m = m_1 + 2\Delta m_1$ (kg)	M_2 (kg) มวลที่จะเปลี่ยน	Δm_2 (10^{-4}) (kg)	$M = M_2 + \Delta m_2$ (kg)	$\vec{F}_c$ (10^{-3}N)
0.02	0.01	10%	80(0.10)	50.24	1.00	0.50	1.00	0.25	2524	2524	0.0005	0.035	0.00193		0.0026		
0.04	0.02	10%	80(0.10)	50.24	2.01	1.00	4.04	1.00	2524	2524	0.0005	0.070	0.0045		0.0051		
0.06	0.03	10%	80(0.10)	50.24	3.01	1.50	9.06	2.25	2524	2524	0.0005	0.105	0.0071		0.0077		
0.08*	0.04	10%	80(0.10)	50.24	4.02	2.00	16.16	4.00	2524	2524	0.0005	0.140	0.0097		0.0103		
0.12	0.06	10%	80(0.10)	50.24	6.03	3.01	36.36	9.06	2524	2524	0.0005	0.210	0.0149		0.0154		

หา $\Delta m_1, \Delta m_2$ จาก เชือก 1 cm มีมวล 0.0175 g

จากการทดลองอุปกรณ์จะเห็นว่า เมื่อรัศมี R เพิ่มมากขึ้น ทำให้แรง $\vec{F_C}$ มากขึ้น ซึ่งไม่สอดคลองกันกับสมการ $\overrightarrow{F_C} = \frac{m\vec{v}^2}{R}$ ....(1) ที่บ่งว่า $\overrightarrow{F_C}\ \alpha\ \frac{1}{R}$ ซึ่งสมการนี้สามารถอธิบายในลักษณะของการใช้ความเร็วเชิงเส้นในการคำนวณ แต่การทดลองของอุปกรณ์มีลักษณะถูกต้องในเทอมของความเร็วเชิงมุม $\overrightarrow{\omega}$ จากความสัมพันธ์ $\vec{v} = \vec{\omega}R$ เมื่อแทนค่าในสมการ (1)

จะได้ $\overrightarrow{F_C} = m\vec{\omega}^2 R$........(2) จะเห็นได้ว่าในเทอมของความเร็วเชิงมุม $\overrightarrow{\boldsymbol{\omega}}$ แรงสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{F_C}$ แปรผันตรงกับรัศมี R $(\overrightarrow{\text{F}}\alpha\text{R})$ ดูเหตุผลสนับสนุนในตาราง

ตารางความสัมพันธ์ของแรงกับโมเมนตัมเชิงมุม

$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$	$\vec{P} = m\vec{v}$	$\vec{L} = m\vec{v}R$	ดังนั้น $\vec{F}\alpha R$

จากตารางจะเห็นว่า แรงคืออัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม ซึ่งเกี่ยวพันไปถึงโมเมนตัมเชิงมุมด้วย ดังนั้นแรงจึงแปรผันตรงกับรัศมี $(\overrightarrow{F}\alpha R)$ จึงเป็นเหตุผลว่าเมื่อรัศมีเพิ่มขึ้น แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง ที่มีทิศพุ่งขึ้นคล้ายกฎมือขวา จึงเพิ่มขึ้นตาม อุปกรณ์จึงรับน้ำหนักได้มากขึ้นเมื่อรัศมีเพิ่มขึ้น

ตารางความสัมพันธ์ระหว่างมวล $\boldsymbol{m}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{\boldsymbol{F}}_{\boldsymbol{c}}$

m_1 (kg)	Δm_1 (10^{-6}) (kg)	$\boldsymbol{RPM}$	$\boldsymbol{f}$ = 80Hz	$\vec{\boldsymbol{\omega}} = 2\boldsymbol{\pi f}$	$\vec{\boldsymbol{v}}_1 = \vec{\boldsymbol{\omega}}\boldsymbol{R}_1$	$\vec{\boldsymbol{v}}_2 = \vec{\boldsymbol{\omega}}\boldsymbol{\Delta R}$	$\vec{\boldsymbol{v}}_1^2$	$\vec{\boldsymbol{v}}_2^2$	$\boldsymbol{R}_1$	$\boldsymbol{\Delta R}$	M_2 (kg) มวลที่จะเปลี่ยน	Δm_2 (10^{-6}) (kg)	$\boldsymbol{M} = M_2 + \Delta m_2$ (kg)	$\vec{\boldsymbol{F}}_{\boldsymbol{c}}$ (10^{-3}N)
0.0005	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055		5.075		
0.0010	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055		5.075		
0.0015	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055		5.075		
0.0020	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055		5.075		
0.0025	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055		5.075		

จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อมวล m เพิ่มมากขึ้นแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{F_c}$ จะมากขึ้นตาม

สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

เฉลยปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น $\vec{v}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$

$\vec{v_1}^2$	$\vec{v_2}^2$	RPM	$f = 80\text{Hz}$	$\vec{\omega} = 2\pi f$	$\vec{v}_1 = \vec{\omega}R_1$	$\vec{v}_2 = \vec{\omega}\Delta R$	R_1 คงที่	ΔR คงที่	m_1 (kg) คงที่	Δm_1 (10^{-6}) (kg) คงที่	$m = m_1 + 2\Delta m_1$ (kg) คงที่	M_2 (kg) มวลที่จะเปลี่ยน	Δm_2 (kg)	$M = M_2 + \Delta m_2$ (kg)	$\vec{F}_c$ (10^{-3}N)
16.16	4.04	10%	80(0.10)	50.24	4.02	2.01	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078	0.01118	0.00056	0.01174	101.01
19.54	4.88	10%	80(0.11)	55.26	4.42	2.21	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078	0.01364	0.00056	0.01420	122.12
23.23	5.81	10%	80(0.12)	60.29	4.82	2.41	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078	0.01631	0.00056	0.01687	145.19
31.58	7.90	10%	80(0.14)	70.34	5.62	2.81	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078	0.02238	0.00056	0.02294	197.37
36.24	9.06	10%	80(0.15)	75.36	6.02	3.01	0.08	0.04	0.0005	0.14	0.00078	0.02576	0.00056	0.02632	226.50

1. หา Δm_1 โดยเทียบบัญญัติไตรยางศ์ จาก เชือก 1 cm มีมวล 0.0175 g
   ที่ $R = 8$ cm จะได้มวลเชือก Δm_1 เท่ากับ $8(0.0175) \times 10^{-3}$ หรือ $0.00014 \times 10^{-3} N$
2. หา Δm_2 เมื่อเชือกด้านบนยาว 8 cm แสดงว่าเชือกด้านล่างยาว 40 - 8 = 32 cm ซึ่งมีมวล
   32(0.0175) g หรือ **0.00056 kg**
3. เราต้องการทราบว่าต้องใส่มวล M_2 เท่าไหร่ ซึ่งจากความสัมพันธ์

$$\boldsymbol{M} = M_2 + \Delta m_2$$

จะได้ $M_2 = \boldsymbol{M} - \Delta m_2$

คำนวณ $\vec{F_c}$ จากความสัมพันธ์ $\vec{F_c} = \frac{m\vec{v}^2}{R}$ จากเหตุการณ์นี้มีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางจากมวล2ก้อนคือมวลวัตถุ m_1 ซึ่งมีรัศมี R_1 ความเร็วเชิงเส้น v_1 และมวลเชือก Δm_1 ซึ่งมีรัศมี ΔR ความเร็วเชิงเส้น v_2

จะได้ $$\Sigma \vec{F_c} = \frac{m_1\vec{v}_1^2}{R_1} + \frac{\Delta m_1\vec{v}_2^2}{\Delta R} \; ; R_1 = 2\Delta R$$

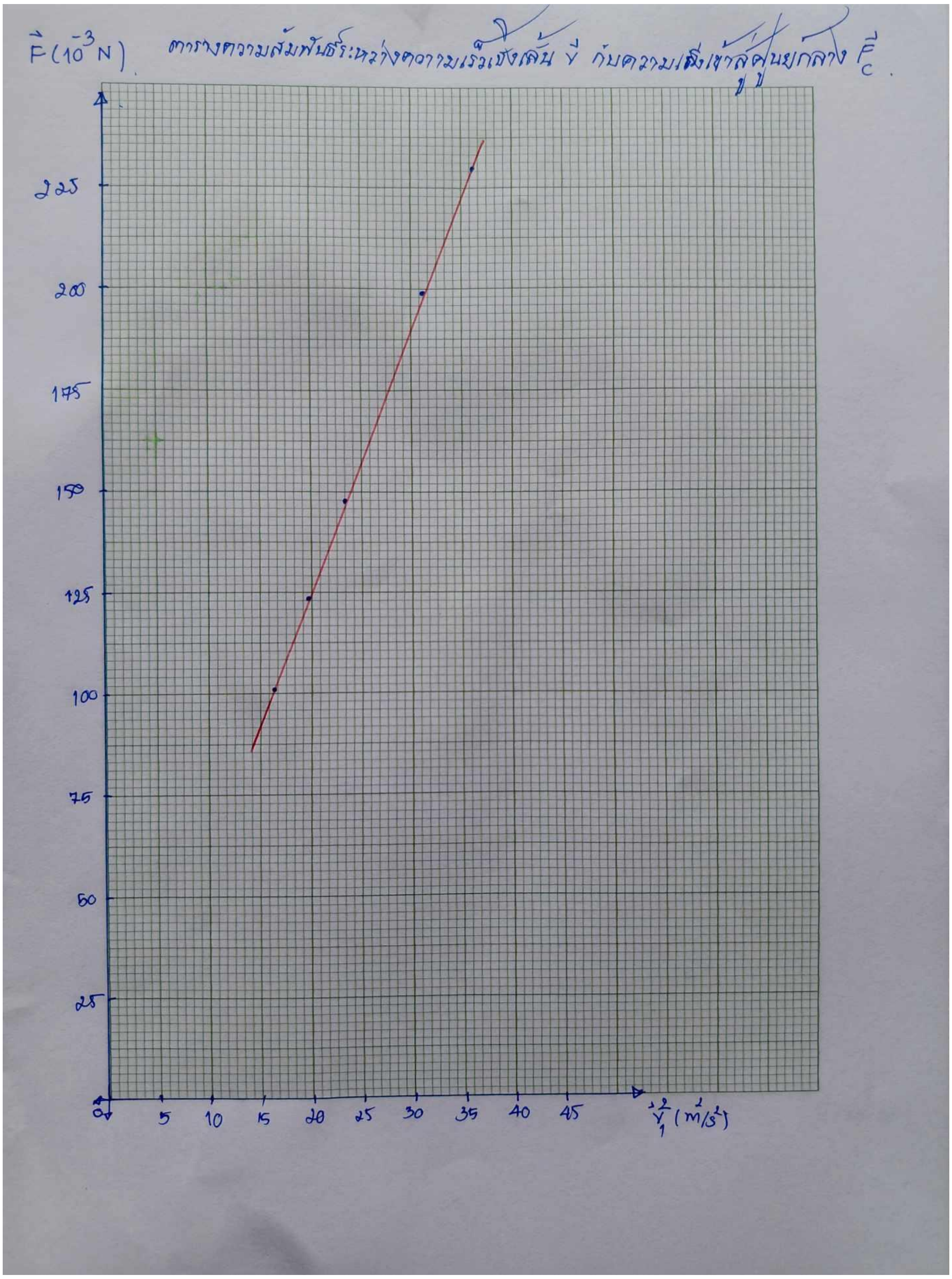
$$= \frac{m_1\vec{v}_1^2}{R_1} + \frac{\Delta m_1\vec{v}_2^2}{\frac{R_1}{2}}$$

ดังนั้น $$\boldsymbol{\Sigma\vec{F}_c} = \frac{\boldsymbol{m_1\vec{v}_1^2 + 2\Delta m_1\vec{v}_2^2}}{\boldsymbol{R_1}}$$

เมื่อแทนค่า จะได้ $$\Sigma\vec{F_c} = \frac{(0.0005)(16.16)+2(0.00014\times10^{-3})(4.04)}{0.08} = 0.101014\ N$$

จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อความเร็ว $\vec{v}^2$ เพิ่มมากขึ้น อุปกรณ์จะสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น นั้นคือ แรง $\vec{F}_c$ เพิ่มมากขึ้น ตามความเร็ว $\vec{v}^2$ ที่เพิ่มขึ้น

เมื่อนำมาพล็อตกราฟจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น $\vec{v}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$ ดังนี้



ตารางความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี $\boldsymbol{R}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{\boldsymbol{F}_c}$

$\boldsymbol{R_1}$	$\boldsymbol{\Delta R}$	$\boldsymbol{RPM}$	$\boldsymbol{f}$ = 80Hz	$\vec{\omega} = 2\pi f$	$\vec{v}_1 = \vec{\omega} R_1$	$\vec{v}_2 = \vec{\omega}\Delta R$	$\vec{v}_1^2$	$\vec{v}_2^2$	$\vec{\omega}_1^2 = \frac{\vec{v}_1^2}{R_1^2}$	$\vec{\omega}_2^2 = \frac{\vec{v}_2^2}{\Delta R^2}$	m_1 (kg)	$\boldsymbol{\Delta m_1}$ (10^{-6}) (kg)	$\boldsymbol{m} = m_1 + 2\Delta m_1$ (kg)	M_2 (kg) มวลที่จะเปลี่ยน	Δm_2 (10^{-4}) (kg)	$\boldsymbol{M} = M_2 + \Delta m_2$ (kg)	$\vec{F}_c$ (10^{-3}N)
0.02	0.01	10%	80(0.10)	50.24	1.00	0.50	1.00	0.25	2524	2524	0.0005	0.035	0.00193	6.65	0.0026	0.0025	25.24
0.04	0.02	10%	80(0.10)	50.24	2.01	1.00	4.04	1.00	2524	2524	0.0005	0.070	0.0045	6.30	0.0051	0.0051	50.48
0.06	0.03	10%	80(0.10)	50.24	3.01	1.50	9.06	2.25	2524	2524	0.0005	0.105	0.0071	5.95	0.0077	0.0077	75.73
0.08*	0.04	10%	80(0.10)	50.24	4.02	2.00	16.16	4.00	2524	2524	0.0005	0.140	0.0097	5.60	0.0103	0.0103	101.00
0.12	0.06	10%	80(0.10)	50.24	6.03	3.01	36.36	9.06	2524	2524	0.0005	0.210	0.0149	4.90	0.0154	0.0154	151.47

หา $\Delta m_1, \Delta m_2$ จาก เชือก 1 cm มีมวล 0.0175 g

จะได้ $\boldsymbol{\Delta m_{1,2} = R_n 0.0175 \times 10^{-3}\ \ kg}$

คำนวณหา $\overrightarrow{F_c}$ จากความสัมพันธ์ $\overrightarrow{F_c} = m\vec{\omega}^2 R$

จะได้ $\boldsymbol{\Sigma\overrightarrow{F_c} = m_1\omega_1^2 R_1 + \Delta m_1 \omega_2^2 \Delta R}; R_1 = 2\Delta R$

$$= m_1\omega_1^2 R_1 + \Delta m_1 \omega_2^2 \frac{R_1}{2}; \omega_1^2 = \omega_2^2$$

ดังนั้น $\boldsymbol{\Sigma\overrightarrow{F_c} = R_1\omega_1^2(m_1 + \frac{1}{2}\Delta m_1)}$

$$= 0.08(2524)[0.0005 + \frac{1}{2}(0.14 \times 10^{-6})] = 0.10097\ N$$

จะเห็นว่าที่ R $=$ 0.08 m แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{F_c}$ = 100.97 ≈ 101 ซึ่งสอดคล้องกันกับ **ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น $\boldsymbol{\vec{v}}$ กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{\boldsymbol{F}_c}$**ก่อนหน้า

จากการทดลองอุปกรณ์จะเห็นว่า เมื่อรัศมี R เพิ่มมากขึ้น ทำให้แรง $\vec{F_c}$ มากขึ้น ซึ่งไม่สอดคลองกันกับสมการ $\overrightarrow{F_c} = \frac{m\vec{v}^2}{R}$ ....(1) ที่บ่งว่า $\vec{F_c}\ \alpha\ \frac{1}{R}$ โดยสมการนี้สามารถอธิบายในลักษณะของการใช้ความเร็วเชิงเส้นในการคำนวณ แต่การทดลองของอุปกรณ์มีลักษณะถูกต้องในเทอมของความเร็วเชิงมุม $\vec{\omega}$ จากความสัมพันธ์ $\vec{v} = \vec{\omega} R$ เมื่อแทนค่าในสมการ (1)

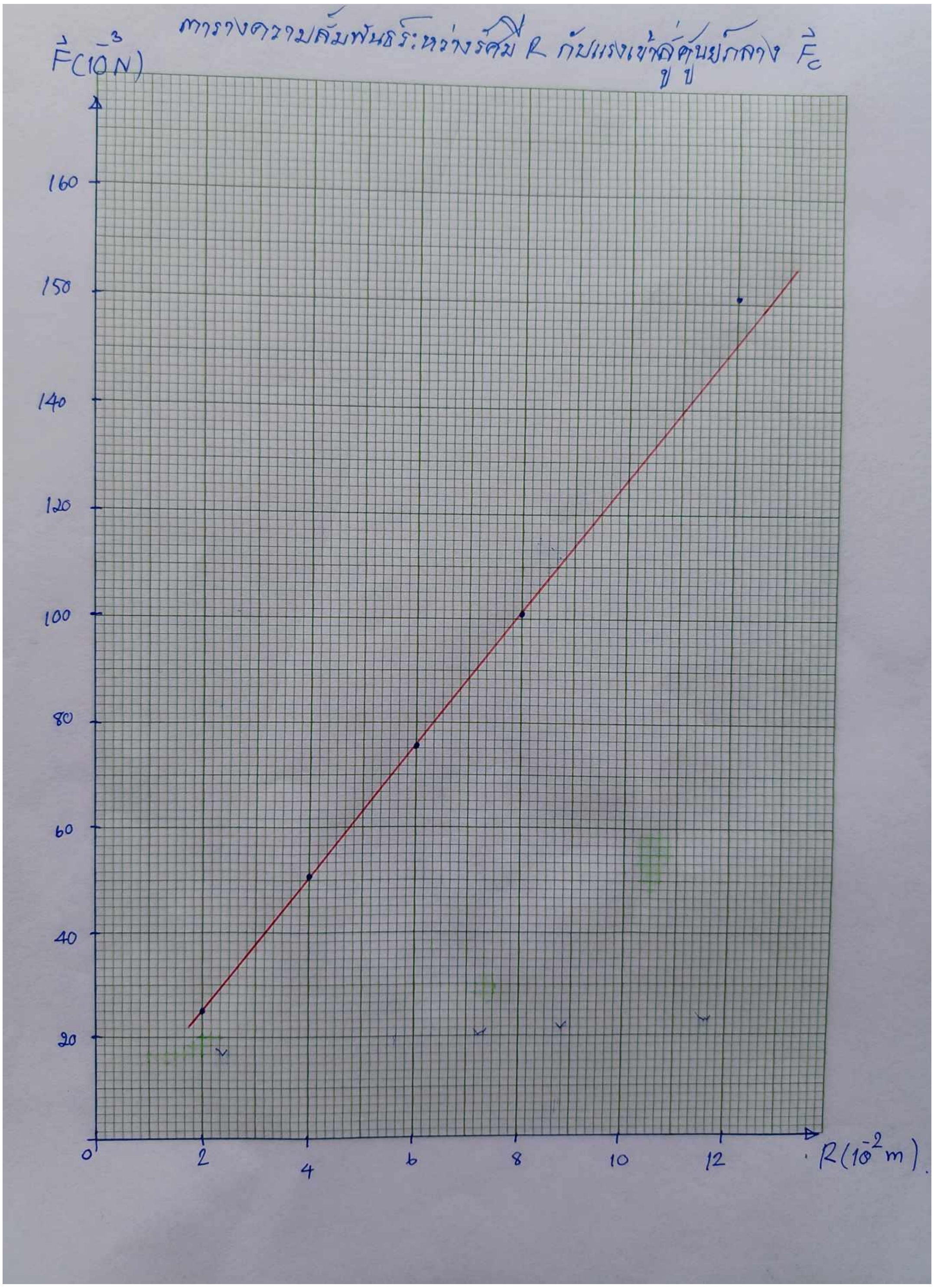
จะได้ $\overrightarrow{F_c} = m\vec{\omega}^2 R$........(2) จะเห็นได้ว่าในเทอมของความเร็วเชิงมุม $\overrightarrow{\boldsymbol{\omega}}$ แรงสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{F_c}$ แปรผันตรงกับรัศมี R $(\overrightarrow{\mathrm{F}\alpha\mathrm{R}})$ ดูเหตุผลสนับสนุนในตาราง

ตารางความสัมพันธ์ของแรงกับโมเมนตัมเชิงมุม

$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$	$\vec{P} = m\vec{v}$	$\vec{L} = m\vec{v}R$	ดังนั้น $\vec{F}\alpha R$

จากตารางจะเห็นว่า แรงคืออัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม ซึ่งเกี่ยวพันไปถึงโมเมนตัมเชิงมุมด้วย ดังนั้น แรงจึงแปรผันตรงกับรัศมี $(\overrightarrow{F\alpha R})$ จึงเป็นเหตุผลว่าเมื่อรัศมีเพิ่มขึ้น แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง ที่มีทิศพุ่งขึ้นคล้ายกฎมือขวา จึงเพิ่มขึ้นตาม อุปกรณ์จึงรับน้ำหนักได้มากขึ้นเมื่อรัศมีเพิ่มขึ้น

เมื่อนำมาพล็อตกราฟจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี R กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$ ดังนี้



ตารางความสัมพันธ์ระหว่างมวล m กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$

m_1 (kg)	Δm_1 (10^{-6}) (kg)	RPM	f = 80Hz	$\vec{\omega} = 2\pi f$	$\vec{v}_1 = \vec{\omega} R_1$	$\vec{v}_2 = \vec{\omega}\Delta R$	$\vec{v}_1^2$	$\vec{v}_2^2$	R_1	ΔR	M_2 (kg) มวลที่จะเปลี่ยน	Δm_2 (10^{-6}) (kg)	$M = M_2 + \Delta m_2$ (kg)	$\vec{F}_c$ (10^{-3}N)
0.0005	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055	0.01419	5.075	0.0142	139.27
0.0010	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055	0.02839	5.075	0.0284	278.27
0.0015	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055	0.04249	5.075	0.0425	417.27
0.0020	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055	0.05669	5.075	0.0567	556.27
0.0025	1.925	10%	80(0.10)	50.24	5.53	2.76	30.58	7.61	0.11	0.055	0.07059	5.075	0.0706	695.27

หา $\Delta m_1, \Delta m_2$ จาก เชือก 1 cm มีมวล 0.0175 g

จะได้ $\boldsymbol{\Delta m_{1,2} = R_n 0.0175 \times 10^{-3}\ kg}$

ดังนั้นเชือกบน Δm_1 ยาว 11cm จะมีมวล

$$0.11(0.0175 \times 10^{-3}) = 1.925 \times 10^{-6}\ kg$$

และเชือกล่าง Δm_2 ยาว 40 - 11cm จะมีมวล

$$0.29(0.0175 \times 10^{-3}) = 5.075 \times 10^{-6}\ kg$$

คำนวณหา$\Sigma \overrightarrow{F_c}$ จากความสัมพันธ์ $\overrightarrow{F_c} = \frac{m\vec{v}^2}{R}$

จะได้ $\Sigma \overrightarrow{F_c} = \frac{m_1\vec{v}_1^2}{R_1} + \frac{\Delta m_1\vec{v}_2^2}{\Delta R}; R_1 = 2\Delta R$

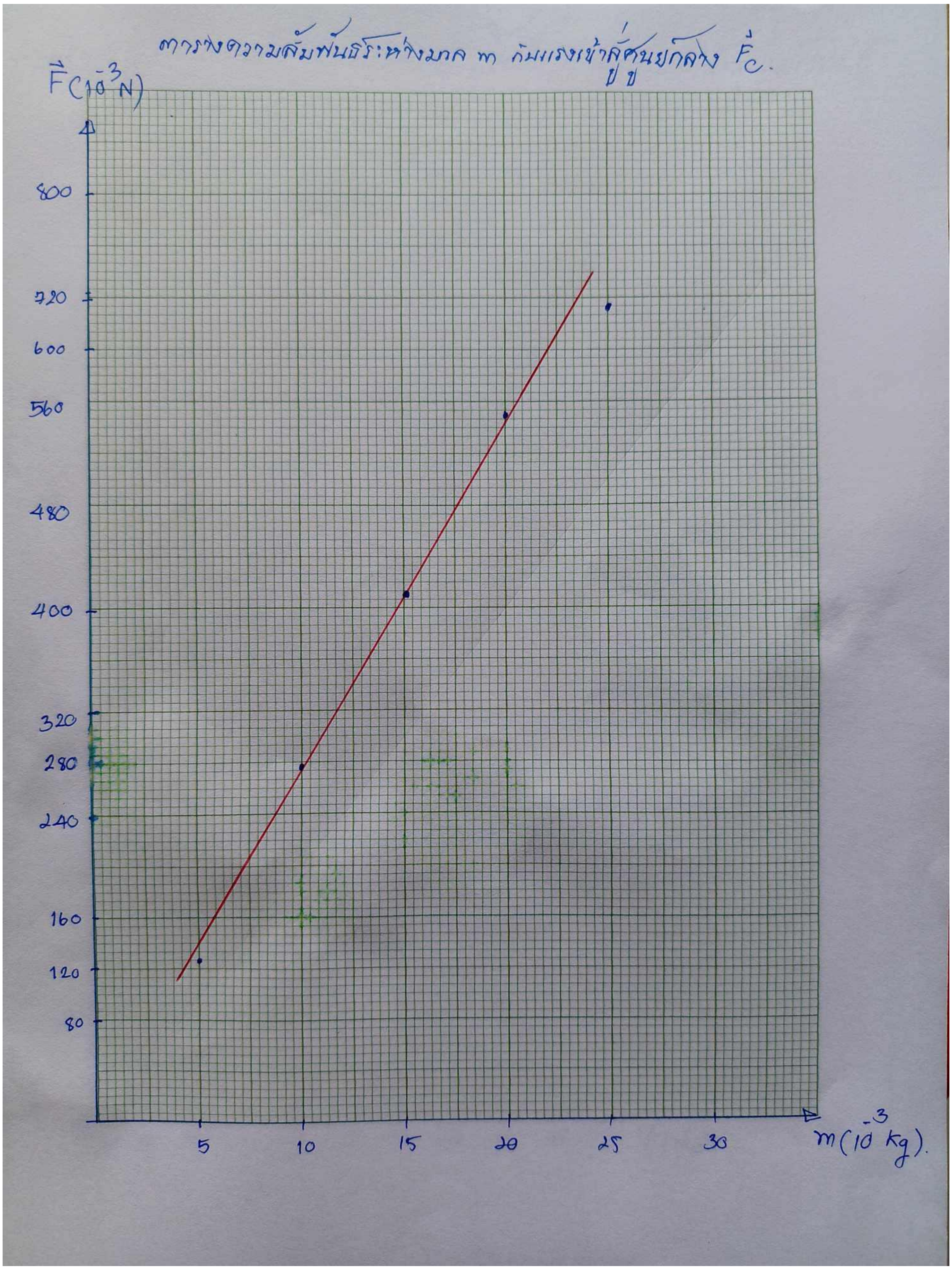
$$= \frac{m_1\vec{v}_1^2}{R_1} + \frac{\Delta m_1\vec{v}_2^2}{\frac{R_1}{2}}$$

ดังนั้น $\boldsymbol{\Sigma\vec{F}_c = \frac{m_1\vec{v}_1^2 + 2\Delta m_1\vec{v}_2^2}{R_1}}$

เมื่อแทนค่า $= \frac{\mathbf{0.0005(30.58)+2(1.925\times10^{-6})(7.61)}}{\mathbf{0.11}} = \mathbf{139.27 \times 10^{-3}}N$

จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อมวล m เพิ่มมากขึ้นแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{F_c}$ จะมากขึ้นตาม

เมื่อนำมาพล็อตกราฟจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมวล m กับแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{F}_c$ ดังนี้



__สังเกต__

หากไม่ต้องการเปลี่ยนมวล M ก็สามารถทราบแนวโน้มของ $\vec{F}_c$ จาก รัศมี R ที่เพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากเมื่อเพิ่มมวล m จะทำให้แรง $\vec{F}_c$ เพิ่มขึ้น เมื่อไม่เปลี่ยนมวล M ให้เพิ่มขึ้นตาม มวล m จะลากมวล M ให้มีรัศมีเพิ่มขึ้นเป็น ΔR

<u>สรุป</u>

จากการทดลองอุปกรณ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นคือ มวล m ความเร็ว $\vec{v}$ รัศมี R ตัวแปรตามคือแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{F_c}$ ตามสมการ $\overrightarrow{F_c} = \frac{m\vec{v}^2}{R}$ สรุปได้ว่า แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{\mathrm{F}_c}$ แปรผันตรงกับ มวล m และความเร็ว $\vec{\mathrm{v}}$ ตามสมการ แต่ไม่ได้แปรผกผันกับรัศมี R ตามสมการ เนื่องจากใช้ความเร็วเชิงเส้นในการคำนวณ และสามารถอธิบายเหตุการณนี้ได้โดย ความสัมพันธ์ของแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\overrightarrow{F_c}$ กับโมเมนตัมเชิงมุม $\vec{L}$ หรือเปลี่ยนความเร็วเชิงเส้น $\vec{\boldsymbol{v}}$ เป็นความเร็วเชิงมุม $\vec{\omega}$ ในการคำนวณ จากสมการ $\overrightarrow{F_c} = \frac{m\vec{v}^2}{R}$ เป็น $\overrightarrow{F_c} = m\vec{\omega}^2 R$ ซึ้งบ่งว่า $(\overrightarrow{F_c}\alpha R)$ จึงสามารถอธิบายเหตุการณ์การทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกัน

ภาคผนวก ฉ

ใบงานและเฉลยใบงาน

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ใบงาน

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ชื่อ - นาสกุล...ชั้น.............เลขที่.............

วันที่............เดือน.....................พ.ศ......................

1. จงเขียนความสัมพันธ์ของคาบและความถี่ พร้อมแสดงให้เห็นว่าทั้งสองปริมาณนี้ สัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุมอย่างไร พร้อมทั้งระบุหน่วย

....

....

....

....

2. วัตถุคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 20 เรเดียนต่อวินาที ความถี่ของการหมุนนี้เป็นเท่าใด

....

....

....

....

....

3. จงอธิบายองค์ประกอบของแรงเข้าสู่ศูนย์กลางในการเคลื่อนที่แบบวงกลม

....

....

....

....

....

....

4. วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 2 เมตรต่อวินาที ด้วยรัศมี 3 เมตร แรงเข้าสู่ศูนย์กลางมีค่าเป็นเท่าใด

....

....

....

....

เฉลยใบงาน

เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

1. จงเขียนความสัมพันธ์ของคาบและความถี่ พร้อมแสดงให้เห็นว่าทั้งสองปริมาณนี้ สัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุมอย่างไร พร้อมทั้งระบุหน่วย

   คาบ (T) คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หรือ วินาทีต่อรอบ (s)

   ความถี่ (f) คือ จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ รอบต่อวินาที (Hz)

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

2. วัตถุคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 20 เรเดียนต่อวินาที ความถี่ของการหมุนนี้เป็นเท่าใด ($\pi = 3.14$)

จาก $\omega = 2\pi f$

$$20 = 2\pi f$$

$$\therefore f = \frac{10}{\pi} = 3.18\ Hz$$

3. จงอธิบายองค์ประกอบของแรงเข้าสู่ศูนย์กลางในการเคลื่อนที่แบบวงกลม

   แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Force) Fc คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีทิศเดียวกับทิศของความเร่ง (a_c) ตามสมการ

$$F_c = ma_c = \frac{mV^2}{R}$$

เมื่อ m = มวลวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม (kg) , v = อัตราเร็วเชิงเส้น$(\frac{m}{s})$, R = รัศมี

4. วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 2 เมตรต่อวินาที ด้วยรัศมี 4 เมตร แรงเข้าสู่ศูนย์กลางมีค่าเป็นเท่าใด

จากสมการ $F_C = \frac{mv^2}{R}$

จะได้ $F_C = \frac{2(2)^2}{4} = 2\ N$

ภาคผนวก ช

ใบรายชื่อนักเรียน

รายชื่อนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ปีการศึกษา 2566

เลขที่	ชื่อ - สกุล				
1	นายชนาธิป ดุลยติธรรม				
2	นายทิปปกรณ์ ทาเงิน				
3	นายธนกฤต ไร่นา				
4	นายธนาคม บุตรพันธ์				
5	นายรุจิเทพ ศรีสุข				
6	นายศุภกร การรัมย์				
7	นางสาวกนกวรรณ โกรทินธาคม				
8	นางสาวเกศมณี สะอื้นรัมย์				
9	นางสาวเจนจิรา หอมชื่น				
10	นางสาวชลนิภา สังสีแก้ว				
11	นางสาวปนัดดา ฟองสูงเนิน				
12	นางสาวปัณชญา มินทรรัมย์				
13	นาวสาวรัตนาภรณ์ ลีประโคน				
14	นางสาวศศิธร คำก้อน				
15	นางสาวศิริลักษณ์ แกล้วกล้า				
16	นางสาวสุพัตรา ไชยวงศ์				
17	นางสาวสุรีพร เป็นเครือ				

ภาคผนวก ซ

ประวัติผู้จัดทำ

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ – สกุล	นายวิทยากรณ์ สวัสดีลาภา
ชื่อเล่น	เบสท์
วัน/เดือน/ปีเกิด	15 พฤษภาคม 2546
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 47 หมู่ 3 บ้านหนองใหญ่ ตำบลหัวช้าง อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45130
E-mail	640113119037@bru.ac.th
การศึกษา	ปีการศึกษา พ.ศ. 2566 กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ – สกุล นางสาวกุลธิดา เข็มบุปผา

ชื่อเล่น กุล

วัน/เดือน/ปีเกิด 25 สิงหาคม 2545

ที่อยู่ บ้านเลขที่ 160 หมู่ 5 ตำบลหนองปล่อง อำเภอชำนิ จังหวัดบุรีรัมย์ รหัสไปรษณีย์ 31110

E-mail 640113119040@bru.ac.th

การศึกษา ปีการศึกษา พ.ศ. 2566 กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

บรรณานุกรม

การเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular Motion) สืบค้นวันที่ 11 ธันวาคม 2566

http://www.pm.ac.th/files/1205031717365158/files/circular01.pdf

https://www.thaiphysicsteacher.com/physics/contentclassmech/circular-motion-and-amount/

โมเมนตัมเชิงมุม สืบค้นวันที่ 11 ธันวาคม 2566

https://th.wikipedia.org/wiki

https://www.wikiwand.com/th