



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ



ภาคผนวก ข
หนังสือขออนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย โทร. 246

ที่ บวส. 1๗๑ / 2555

วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนันท์ ธาตุทอง

ด้วย นางสาวพ ลิทธิศักดิ์ (รหัส 53G1921011) นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es กับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT”

โดยมีคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดังนี้

1. ดร.อนุมัติ เดชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
2. ดร.สนน เสนาสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ เป็นผู้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือในการวิจัย ของนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หวังว่าคงจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนันท์ ธาตุทอง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ศร 0560.06 / ว 0009

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

15 กุมภาพันธ์ 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ เกษราธิคุณ

ด้วย นางสาวภาพ ลิทธิศักดิ์ (รหัส 53G1921011) นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es กับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT”

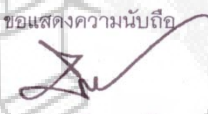
โดยมีคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดังนี้

1. ดร.อนุวัติ เตชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
2. ดร.สนธนา เสนาสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือในการวิจัย ของนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หวังว่าคงจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนันท์ ธาตุทอง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0 74-33-6935 ต่อ 246
โทรสาร. 0 74-33 6948
<http://bunddl.skru.ac.th/>

ที่ ศธ 0560.06 / 2.0009

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

15 กุมภาพันธ์ 2555

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ประธาน

ด้วย นางสุภาพ ลิทธิศักดิ์ (รหัส 53G1921011) นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es กับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT”

โดยมีคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดังนี้

- | | | |
|---------------|-------------|---------------------------------|
| 1. ดร.อนุมัติ | เดชนะ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| 2. ดร.สนธนา | เสนาสวัสดิ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือในการวิจัย ของนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หวังว่าคงจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนธนา ชวดทอง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0 74 33 6935 ต่อ 246
โทรสาร. 0 74-33 6948
<http://bndit.skr.u.ac.th/>



ที่ ศธ 0560.06 / ว 0009

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

15 กุมภาพันธ์ 2555

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน นายไพรัช ศรีมนตรีรัตน์

ด้วย นางสาวภาพ ลิทธิศักดิ์ (รหัส 53G1921011) นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es กับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT”

โดยมีคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดังนี้

- | | | |
|---------------|-------------|---------------------------------|
| 1. ดร.อนุมัติ | เดชนะ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| 2. ดร.สรณ | เสนาสวัสดิ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือในการวิจัย ของนักศึกษาดังกล่าว

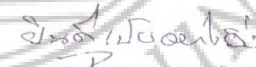

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หวังว่าคงจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ ชูดทอง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0 74-33 6935 ต่อ 246
โทรสาร. 0 74-33 6948
<http://bun.dit.skru.ac.th/>

5 มีนาคม 2555


 Manat Chudthong (Manat Chudthong)



ที่ ศธ 0560.06 / ว.0009

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

15 กุมภาพันธ์ 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน นายทวีศักดิ์ บัวทอง

ด้วย นางสาว ลิทธิศักดิ์ (รหัส 53G1921011) นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนแบบวัฏจักรกรสีบเสาะหาความรู้แบบ 5Es กับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT”

โดยมีคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ดังนี้

- | | | |
|---------------|-------------|---------------------------------|
| 1. ดร.อนุเมติ | เดชนะ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| 2. ดร.สรณ | เสนาสวัสดิ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือในการวิจัย ของนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หวังว่าคงจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

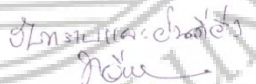

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ ชำตุทอง)

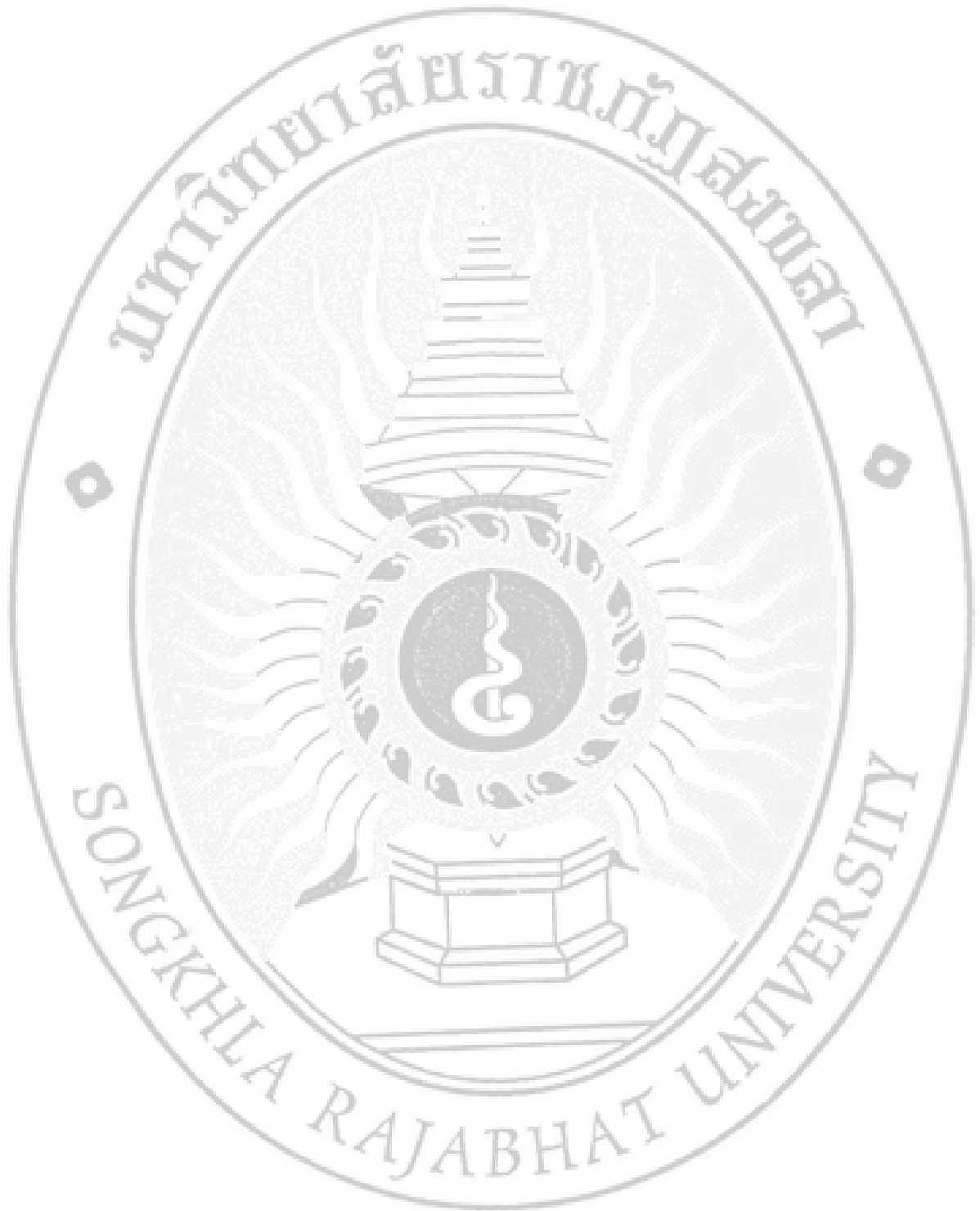
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

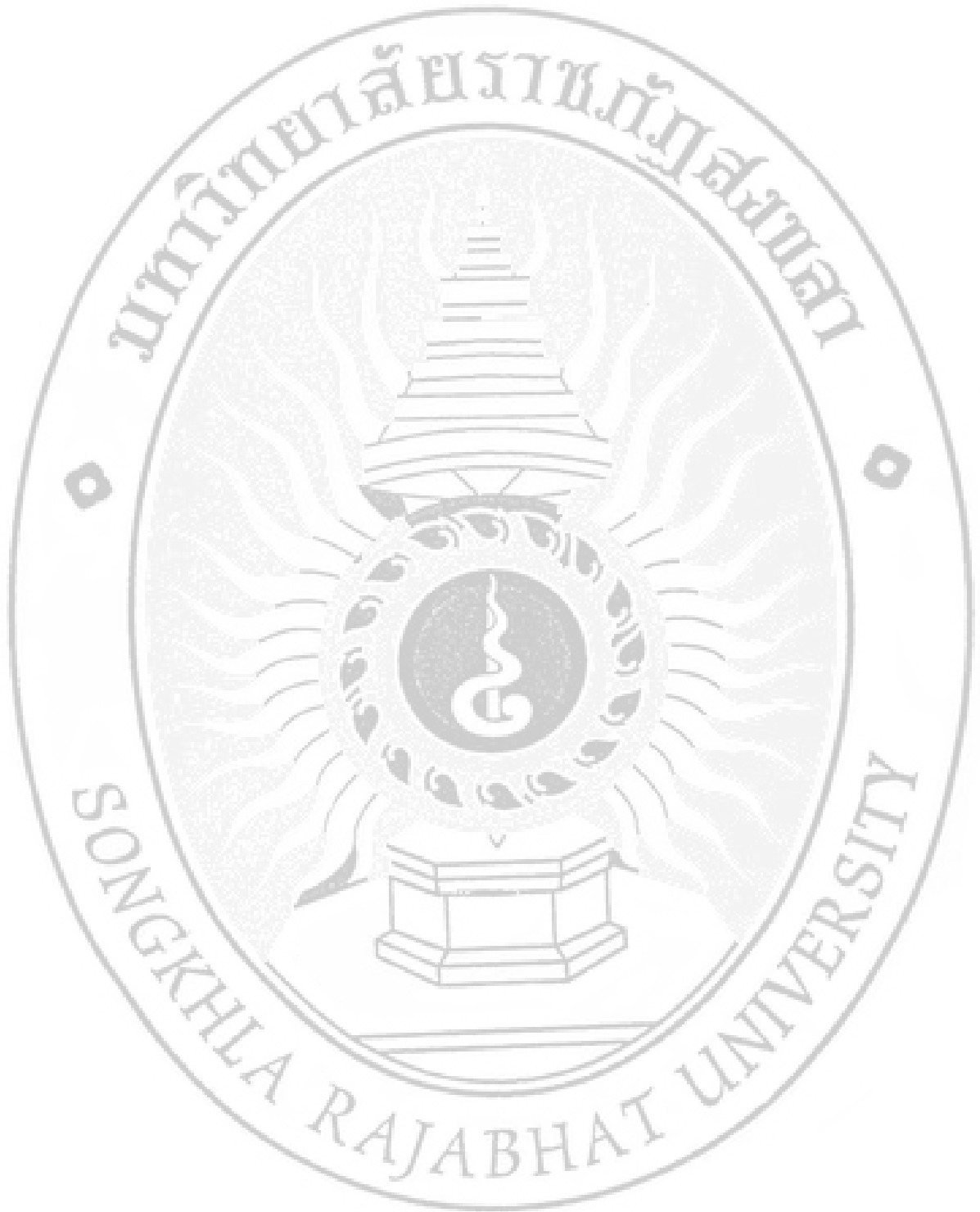
บัณฑิตวิทยาลัย

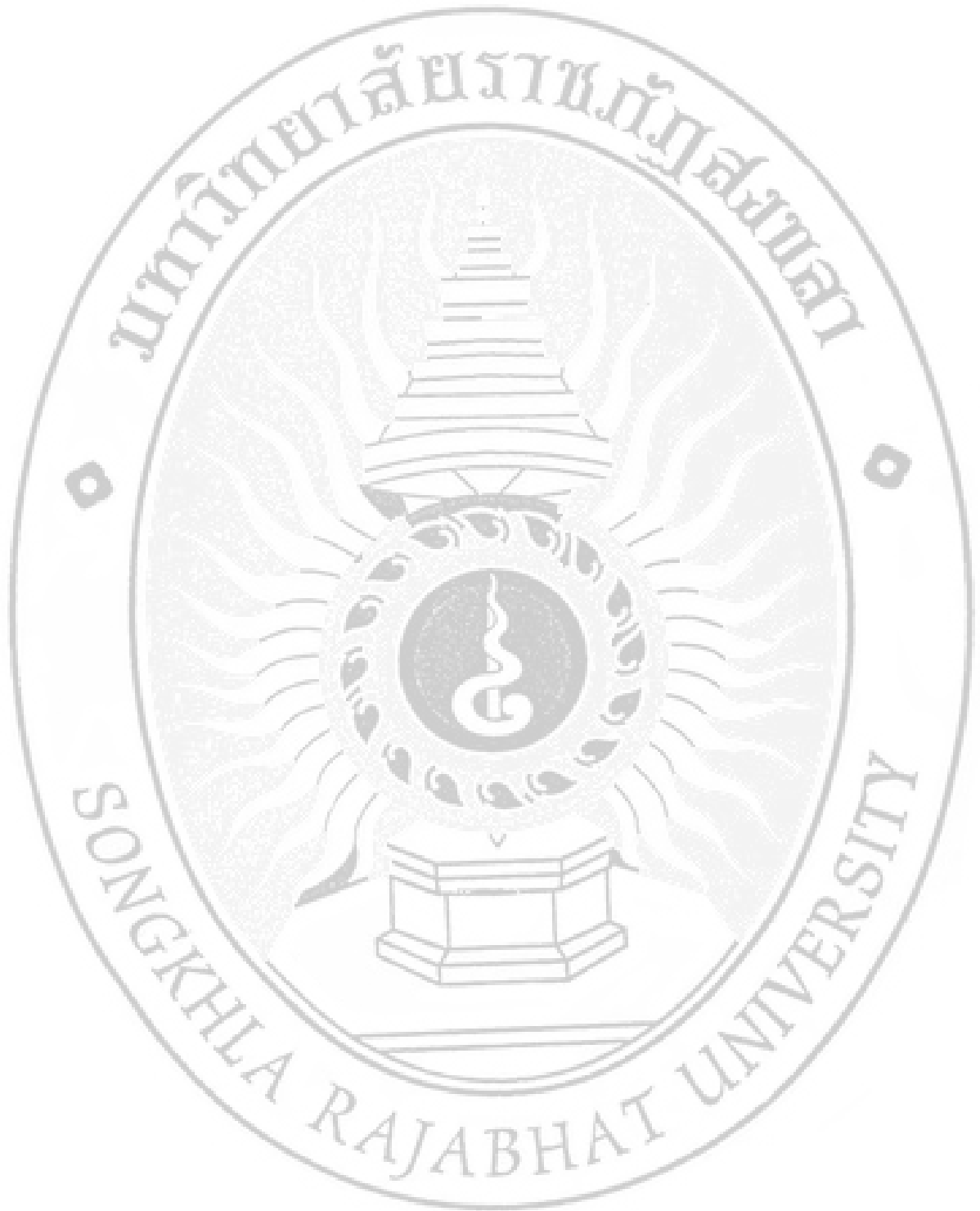
โทร. 0 74-33 6933 ต่อ 246

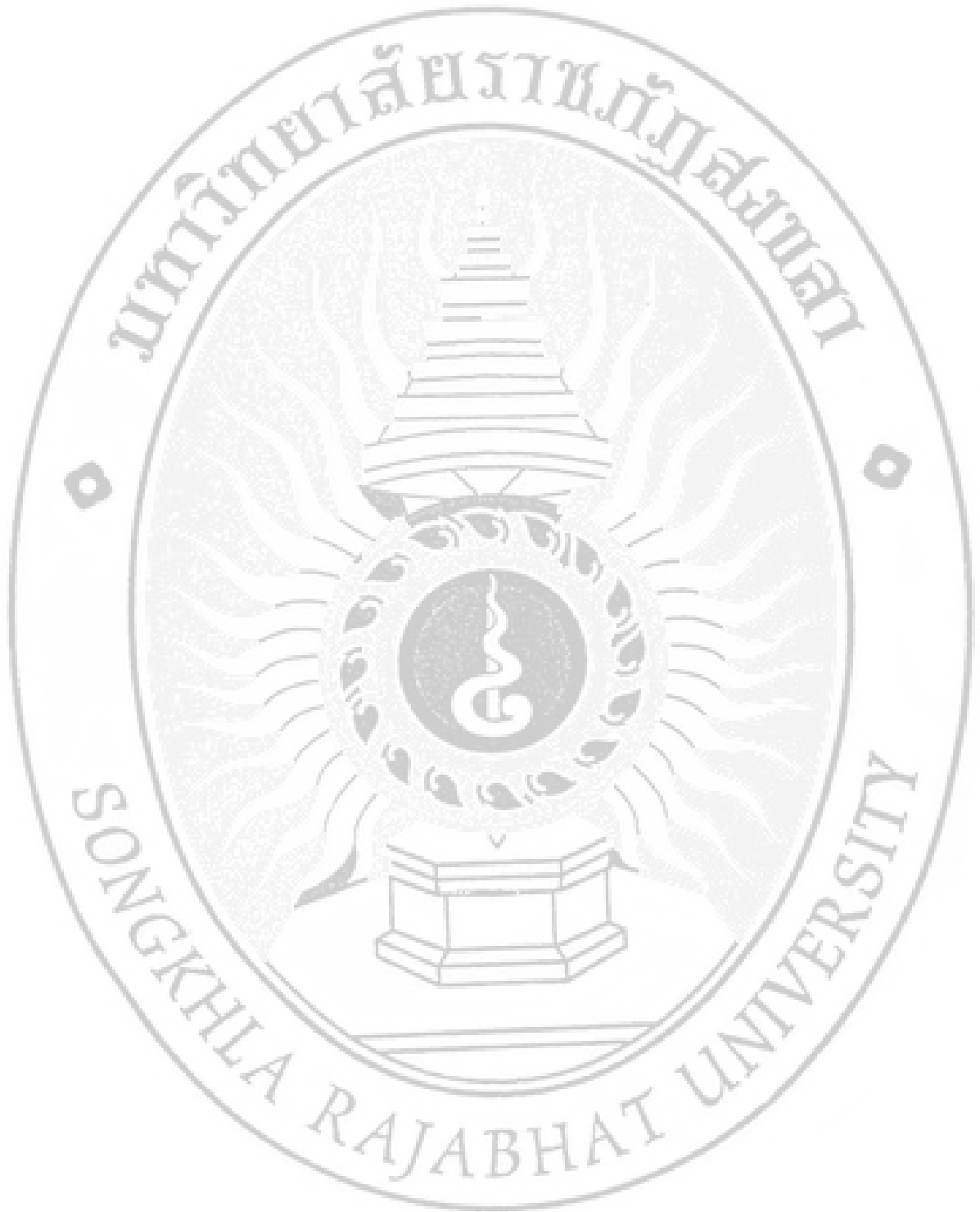
โทรสาร 0 74-33 6948

<http://bunbdi.skr.u.ac.th/>

(ศาสตราจารย์ ดร.มนต์ ชำตุทอง)











ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es และแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
- ตารางวิเคราะห์หลักสูตร
- แบบทดสอบวัดกระบวนการเรียนรู้จากการทำโครงการวิทยาศาสตร์
- แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา ฟิสิกส์ รหัสวิชา ว 30202

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนและปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

เวลา 3 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2554

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา

2. ผลการเรียนรู้

สำรวจ ตรวจสอบ วิเคราะห์ และอธิบายการเคลื่อนที่แบบหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหมุน ตลอดจนคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ได้

3. สาระสำคัญ

ความรู้ ความเข้าใจ จากการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) เมื่อมีแรงมากระทำไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล หรือไม่ผ่านแกนหมุน ทำให้อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ และการศึกษาเรื่อง การกระจัดเชิงมุม ความเร็วเชิงมุม ความเร่งเชิงมุม ทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ของปริมาณดังกล่าว และสามารถนำไปคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหมุนได้

4. สาระการเรียนรู้

4.1 การเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotation Motion)

4.2 ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนประกอบด้วย

4.2.1 การกระจัดเชิงมุม (Angular displacement) แทนด้วย θ

4.2.2 ความเร็วเชิงมุม (Angular velocity) แทนด้วย ω

4.2.3 ความเร่งเชิงมุม (Acceleration angular) แทนด้วย α

4.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุน อยู่ในรูปสมการดังนี้

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร็วเชิงมุมกับความเร่งเชิงมุมและเวลาคือ

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดการกระจัดเชิงมุม กับ ความเร็วเชิงมุม ความเร่งเชิงมุม

และเวลาคือ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดการกระจัดเชิงมุม กับความเร็วเชิงมุม และความเร่ง

คือ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$

4.4 การคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยใช้สมการใน ข้อ 4.3

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

5.1 ด้านความรู้

5.1.1 อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบหมุนได้

5.1.2 อธิบายปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้

5.1.3 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้

5.1.4 คำนวณหาปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้

5.2 ด้านทักษะกระบวนการ

5.2.1 สืบเสาะหาความรู้เรื่องการหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

5.2.2 นำเสนอผลการสืบค้น และการคำนวณเรื่องการหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

5.3 ด้านคุณลักษณะ/เจตคติทางวิทยาศาสตร์

5.3.1 มีความอยากรู้อยากเห็น

5.3.2 มีความรับผิดชอบ

5.3.3 มีเหตุผล

5.3.4 มีความซื่อสัตย์

5.3.5 มีความใจกว้าง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <p>1.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยการทำให้เหรียญเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เช่น เคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ในแนวตรง และเคลื่อนที่แบบหมุน พร้อมกับสังเกต</p> <p>1.2 ครูนำอภิปรายในประเด็นดังนี้</p> <p>1.2.1 นักเรียนมีวิธีการทำให้เหรียญเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ในแนวตรง และเคลื่อนที่แบบหมุนได้อย่างไร</p> <p>1.2.2 มีปริมาณใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ในแนวตรงและเคลื่อนที่แบบหมุน</p> <p>1.3 ครูถามนักเรียนว่า การเคลื่อนที่แบบหมุนนอกจากการเคลื่อนที่ของเหรียญแล้ว ในชีวิตประจำวัน มีการเคลื่อนที่ของวัตถุใดบ้าง และ ถ้านักเรียนจะศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน นักเรียนจะมีวิธีการศึกษาอย่างไร</p> <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <p>2.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน คณะความสามารถ</p> <p>2.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนในการสำรวจ ตรวจสอบ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบหมุน วัตถุแข็งเกร็ง ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุน และความสัมพันธ์ของปริมาณดังกล่าว</p> <p>2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำตามแผนในการสำรวจ ตรวจสอบ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบหมุน วัตถุแข็งเกร็ง ปริมาณที่</p>	<p>1. ขั้นสร้างประสบการณ์</p> <p>1.1 ครูให้นักเรียนดูคลิปวีดีโอ การเล่นเครื่องเล่นที่สวนสนุกดรีมเวิลด์</p> <p>1.2 สอบถามนักเรียนว่ามีใครเคยไปเที่ยวสวนสนุกบ้าง และเคยเล่นเครื่องเล่นอะไรบ้าง</p> <p>1.3 ให้นักเรียนระบุลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องเล่น</p> <p>2. ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์</p> <p>2.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน คณะความสามารถ</p> <p>2.2 ครูให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของพัดลมว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบใด</p> <p>2.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดว่าในสวนสนุกมีของเล่นใด ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบพัดลมบ้าง</p> <p>2.4 ครูให้นักเรียนวิเคราะห์การเตะฟุตบอลว่าเตะอย่างไร ให้ลูกบอลเคลื่อนที่แบบหมุน</p> <p>2.5 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนชื่อวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนให้มากที่สุด</p> <p>2.6 ครูให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอจำนวนวัตถุที่เคลื่อนที่แบบหมุน นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนหรือไม่ เพราะเหตุใด</p>

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุน และความสัมพันธ์ของปริมาณดังกล่าว (เช่น ศึกษาจากในหนังสือเรียน เว็บไซต์ และอินเทอร์เน็ต เป็นต้น)</p> <p>3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>3.1 ครูให้นักเรียนนำความรู้ที่ศึกษา มา สรุปเป็นความคิดรวบยอด ตามความ เข้าใจของนักเรียนเอง</p> <p>3.2 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนนำเสนอความรู้ที่ ได้หน้าชั้นเรียน</p> <p>4. ชั้นขยายความรู้</p> <p>4.1 ครูแจกใบความรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่ แบบหมุนและปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง ให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม</p> <p>4.2 ครูสอบถามนักเรียนถึงความเหมือน และความแตกต่างระหว่างความรู้ที่ นักเรียนศึกษาได้กับรายละเอียดในใบ ความรู้ที่ครูแจกให้ แล้วร่วมกันอภิปราย</p> <p>4.3 ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบความ สัมพันธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการ เคลื่อนที่แบบเลื่อนที่กับปริมาณที่ เกี่ยวข้องกับการหมุนว่าเหมือนหรือ ต่างกันอย่างไร</p> <p>4.4 ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่แบบหมุน และอธิบาย วิธีการคำนวณ หาปริมาณที่เกี่ยวข้อง โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิด วิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์</p> <p>4.5 นักเรียนทำใบงานที่ 1 เรื่อง การหมุน และปริมาณที่เกี่ยวข้อง เป็นรายบุคคล ด้วยตนเอง</p>	<p>3. ชั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบ ยอด</p> <p>3.1 นักเรียนครุทบทวนความรู้เดิมเรื่อง การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ ถาม นักเรียนว่า</p> <p>3.1.1 ปริมาณใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับ การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ (การ กระจัด ความเร็ว ความเร่ง) และปริมาณดังกล่าวมี ความสัมพันธ์กันอย่างไร</p> <p>3.1.2 การเคลื่อนที่แบบหมุนมี ปริมาณใดบ้างที่เกี่ยวข้อง และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร</p> <p>3.2 ครูให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการ เคลื่อนที่แบบหมุนปริมาณที่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่แบบหมุนและมี ความสัมพันธ์ของปริมาณดังกล่าว</p> <p>3.3 ครูให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบ ว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร</p> <p>4. ชั้นพัฒนาทฤษฎีและความคิดรวบยอด</p> <p>4.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจาก จาก ใบความรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่ แบบหมุนและปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> <p>4.2 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนตามใบ ความรู้ในเรื่องของ ลักษณะการเคลื่อนที่ แบบหมุน ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการ หมุน ความสัมพันธ์ของปริมาณที่ เกี่ยวข้อง</p>

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>5. ชั้นประเมิน</p> <p>5.1 ประเมินด้านความรู้จากการทำใบงาน</p> <p>5.2 ประเมินด้านกระบวนการเรียนรู้ จากการสังเกตพฤติกรรม</p> <p>5.3 ประเมินด้านคุณลักษณะจากการสังเกตพฤติกรรม</p>	<p>4.3 ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนและอธิบายการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์</p> <p>4.4 ครูให้นักเรียนเขียนแผนผังความคิด เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนและปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> <p>5. ชั้นปฏิบัติตามความคิดรวบยอด</p> <p>5.1 นักเรียนทำใบงานที่ 1 เรื่อง การหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้องเป็นรายบุคคลด้วยตนเอง</p> <p>5.2 นักเรียนนำผลการทำใบงานมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม</p> <p>5.3 นักเรียนวางแผนวาดภาพการหมุนของวัตถุ อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบหมุนและสร้างโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ เพื่อคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง</p> <p>6. ชั้นปรับแต่งแนวคิดของตน</p> <p>6.1 นักเรียนวาดภาพ สร้างโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ เพื่ออธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบหมุนและการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง</p> <p>6.2 นักเรียนตกแต่งภาพให้สวยงาม</p> <p>7. ชั้นวิเคราะห์เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้</p> <p>นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ผลงานให้ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาผลงานให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน</p> <p>8. ชั้นแลกเปลี่ยนความรู้ของตนเองกับผู้อื่น</p> <p>นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดแสดงผลงาน ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น</p>

7. สื่อ/นวัตกรรม

ประเภทของสื่อ	รายการสื่อ
1. บุคคล	
2. สถานที่	ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์
3. วัตถุ/เอกสาร	1. เหยียดรูปบาท พัดลม 2. คลิปวิดีโอการเล่นเครื่องเล่นสวนสนุกดรีมเวิลด์ 3. หนังสือเรียน ฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 ของ สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4. ใบความรู้และใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

8. การประเมินผลการเรียนรู้

8.1 วิธีวัดและเครื่องมือวัด

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด
ด้านความรู้	- ตรวจสอบงาน เรื่องการ ปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง ที่เกี่ยวข้องกับการหมุน - ตรวจสอบผลการปฏิบัติ ชิ้นงานการวาดภาพวัตถุ ที่เคลื่อนที่แบบหมุนและ การสร้างโจทย์ปัญหา	- แบบตรวจใบงาน - แบบตรวจชิ้นงานการ การวาดภาพวัตถุที่ เคลื่อนที่แบบหมุน และการสร้างโจทย์ ปัญหา
ด้านทักษะกระบวนการ - กระบวนการเรียนรู้	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม
ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม

8.2 เกณฑ์การประเมิน

8.2.1 ใบงาน 5 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน/คำอธิบาย	ระดับคะแนน
1. ทำใบงาน ได้ครบทุกข้อ คำตอบถูกต้องสมบูรณ์ สะอาดเรียบร้อย และส่งทันเวลาที่กำหนด	5
2. ทำใบงานได้ครบทุกข้อ คำตอบถูกต้องสมบูรณ์ ไม่สะอาดไม่เรียบร้อยบ้าง และส่งทันเวลาที่กำหนด	4
3. ทำใบงานได้ครบทุกข้อ คำตอบถูกต้องเป็นส่วนมาก ไม่เรียบร้อยบ้าง และส่งทันเวลาที่กำหนด	3
4. ทำใบงาน ไม่ครบ คำตอบไม่ถูกต้องส่วนมากไม่เรียบร้อย และส่งทันเวลาที่กำหนด	2
5. ทำใบงาน ไม่ครบ คำตอบไม่ถูกต้องส่วนมากไม่เรียบร้อยและส่งไม่ทันเวลาที่กำหนด	1

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน/ ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ
5	ดีมาก
4	ดี
3	พอใช้
ตั้งแต่ 2 ลงมา	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ระดับคุณภาพ พอใช้ขึ้นไป

8.2.2 ชิ้นงาน/ผลงาน 5 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน/คำอธิบาย	ระดับคะแนน
1. เนื้อหาถูกต้อง สาระสำคัญครบถ้วน เหมาะสมกับปัญหาหรือสถานการณ์ เชื่อมโยงสู่ชีวิตประจำวัน สวยงาม มากที่สุด	5
2. เนื้อหาถูกต้อง สาระสำคัญครบถ้วน เหมาะสมกับปัญหาหรือสถานการณ์ เชื่อมโยงสู่ชีวิตประจำวัน สวยงาม มาก	4
3. เนื้อหาถูกต้อง สาระสำคัญครบถ้วน เหมาะสมกับปัญหาหรือสถานการณ์ เชื่อมโยงสู่ชีวิตประจำวัน สวยงามปานกลาง	3
4. เนื้อหาถูกต้อง สาระสำคัญครบถ้วน เหมาะสมกับปัญหาหรือสถานการณ์ เชื่อมโยงสู่ชีวิตประจำวัน สวยงามน้อย	2
5. เนื้อหาถูกต้อง สาระสำคัญครบถ้วน เหมาะสมกับปัญหาหรือสถานการณ์ เชื่อมโยงสู่ชีวิตประจำวัน สวยงาม น้อยที่สุด	1

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน/ ช่วงคะแนน(ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ
5	ดีมาก
4	ดี
3	พอใช้
ตั้งแต่ 2 ลงมา	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ระดับคุณภาพ พอใช้ขึ้นไป

8.2.3 กระบวนการเรียนรู้

รายการประเมิน	เกณฑ์คะแนน		
	3	2	1
การสำรวจ ตรวจสอบ	สนใจ สืบค้น ข้อมูล จากแหล่งเรียนรู้มีการ บันทึกอภิปรายตรวจสอบและสรุปชัดเจนดี	สนใจ สืบค้น ข้อมูล จากแหล่งเรียนรู้มีการบันทึก อภิปราย ตรวจสอบและสรุปชัดเจนปานกลาง	สนใจ สืบค้น ข้อมูล จากแหล่งเรียนรู้มีการบันทึก อภิปราย ตรวจสอบและสรุปไม่ชัดเจน
การสื่อสาร	นำเสนอผลการสืบค้นหรือผลงานในรูปแบบที่ชัดเจนดี	นำเสนอผลการสืบค้นหรือผลงานใน รูปแบบที่ชัดเจนปานกลาง	นำเสนอผลการสืบค้นหรือผลงานในรูปแบบที่ไม่ชัดเจน
การนำความรู้ไปใช้	นำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ในการสร้างชิ้นงานได้ดี	นำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ในการสร้างชิ้นงานได้ปานกลาง	นำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ในการสร้างชิ้นงานได้น้อย

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน/ ช่วงคะแนน(ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ
8-9	ดี
6-8	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ระดับคุณภาพ พอใช้ -ขึ้นไป

8.2.4 คุณลักษณะ

รายการประเมิน	เกณฑ์คะแนน		
	3	2	1
ความอยากรู้ อยากเห็น	มีความกระตือรือร้นสนใจ ต่อการทำกิจกรรมดี	มีความกระตือรือร้นสนใจ ต่อการทำกิจกรรมปานกลาง	มีความกระตือรือร้น สนใจต่อการทำ กิจกรรมน้อย
ความรับผิดชอบ และเพียรพยายาม การทำงาน	มีความรับผิดชอบและ เพียรพยายามมาก	มีความรับผิดชอบและ เพียรพยายามปานกลาง	มีความรับผิดชอบ และเพียรพยายาม น้อย
ด้านมีเหตุผล	อธิบายหรือแสดงความ คิดอย่างมีเหตุผลชัดเจนดี	อธิบายหรือแสดงความ คิดอย่างมีเหตุผลชัดเจน ปานกลาง	แสดงความคิดไม่ค่อย เป็นเหตุเป็นผล
ด้านความซื่อสัตย์	เสนอข้อมูลด้วยผลงาน ของตนเองจริง	เสนอข้อมูลด้วยผลงาน ของตนเองเป็นส่วนมาก	ลอกเลียนแบบผลงาน ของผู้อื่น
ด้านความใจกว้าง	ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็น ของผู้อื่น	ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็น ของผู้อื่นบ้าง	ไม่ยอมรับคำวิพากษ์ วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือ ข้อคิดเห็นของผู้อื่น

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน/ ช่วงคะแนน(ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ
13-15	ดีมาก
10-12	ดี
8-9	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ระดับคุณภาพ ดีขึ้นไป

8.3.2 แบบตรวจผลงานการวาดภาพวัตถุที่เคลื่อนที่แบบหมุนและการสร้างโจทย์
ปัญหา

แบบตรวจผลงานเรื่องการหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้อง

วิชา.....ชั้น.....

หน่วยการเรียนรู้.....เรื่อง.....

คำชี้แจง ให้ผู้สอนตรวจผลงาน เรื่องการหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้องตามแบบดังต่อไปนี้
โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในตารางตรงกับระดับคุณภาพของผลงาน (ดูเกณฑ์จากหน้าที่ 100)

เลขที่	ชื่อ-สกุล	ระดับคะแนน					สรุปผลการประเมิน	
		5	4	3	2	1	ผ่าน	ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

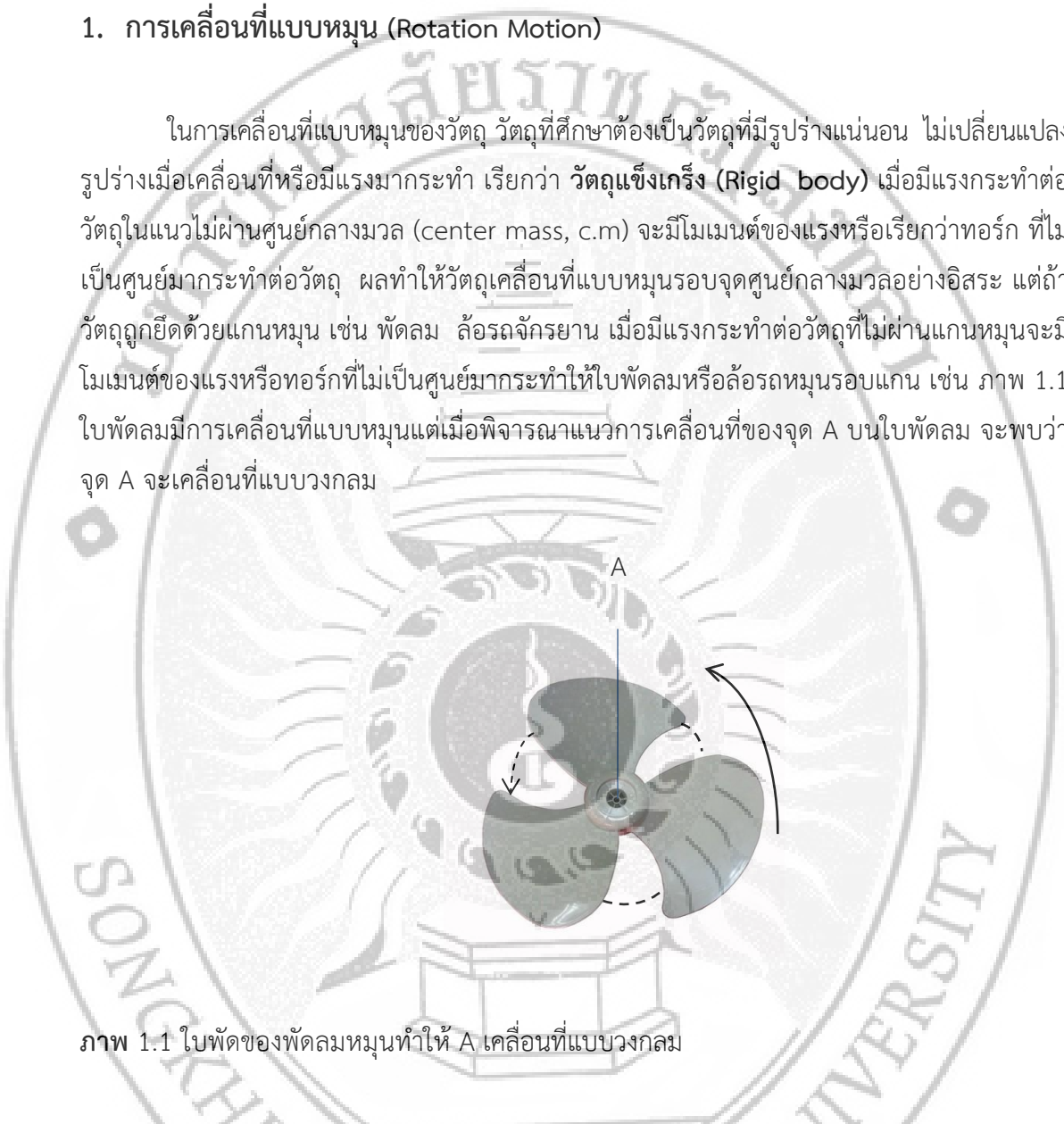
...../...../.....

ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนและปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

1. การเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotation Motion)

ในการเคลื่อนที่แบบหมุนของวัตถุ วัตถุที่ศึกษาต้องเป็นวัตถุที่มีรูปร่างแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อเคลื่อนที่หรือมีแรงกระทำ เรียกว่า วัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุในแนวไม่ผ่านศูนย์กลางมวล (center mass, c.m) จะมีโมเมนต์ของแรงหรือเรียกว่าทอร์ก ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ ผลทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบหมุนรอบจุดศูนย์กลางมวลอย่างอิสระ แต่ถ้าวัตถุถูกยึดด้วยแกนหมุน เช่น พัดลม ล้อรถจักรยาน เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุที่ไม่ผ่านแกนหมุนจะมีโมเมนต์ของแรงหรือทอร์กที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำทำให้ใบพัดลมหรือล้อรถหมุนรอบแกน เช่น ภาพ 1.1 ใบพัดลมมีการเคลื่อนที่แบบหมุนแต่เมื่อพิจารณาแนวการเคลื่อนที่ของจุด A บนใบพัดลม จะพบว่าจุด A จะเคลื่อนที่แบบวงกลม

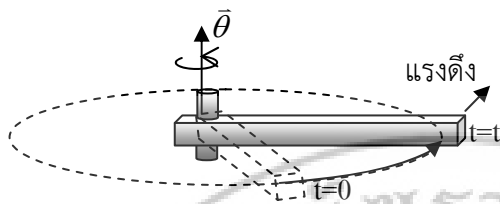


ภาพ 1.1 ใบพัดของพัดลมหมุนทำให้ A เคลื่อนที่แบบวงกลม

2. ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

2.1 การกระจัดเชิงมุม (Angular displacement)

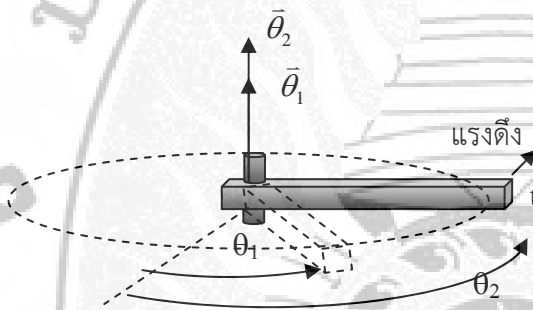
จากภาพ 1.2 วัตถุที่หมุนรอบแกนตรง ทำให้ตัววัตถุเป็นรัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลม กวาดมุมที่จุดศูนย์กลางให้โตขึ้นอย่างมีทิศทางที่เป็นไปตามหลักมือขวา เรียกว่า การกระจัดเชิงมุม (Angular displacement) จึงจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยใช้สัญลักษณ์หรือเขียนแทนด้วย θ



ให้ $\bar{\theta}$ เป็นการกระจัดเชิงมุม ขนาด θ ที่ถูกรัศมีกวาดให้เปลี่ยนไปช่วง เวลา 0 ถึง t ทิศไปตามในแนว แกนหมุนตามหลักมือขวา

ภาพ 1.2 การหมุนของวัตถุรอบแกนตรึง

ถ้าการกวาดไปของรัศมีที่เวลาเป็น t_1 การกระจัดเชิงมุมเป็น $\bar{\theta}_1$ ขนาด θ_1 ผ่านไปเป็น t_2 การกระจัดเชิงมุมเป็น $\bar{\theta}_2$ ขนาด θ_2 แสดงว่าช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 หรือเวลา $t_2 - t_1$ การกระจัดเชิงมุม



เปลี่ยนไป $\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_1$ หรือ $\Delta\bar{\theta}$ กรณีแกนไม่ส่าย $\Delta\bar{\theta}$ ทิศอยู่ในแนว เดียวกันกับ $\bar{\theta}_2$ และ $\bar{\theta}_1$ ให้ $\Delta\theta$ เป็นขนาด ของการกระจัดเชิงมุมที่ เปลี่ยนไปช่วงเวลา $t_2 - t_1$ หรือ Δt

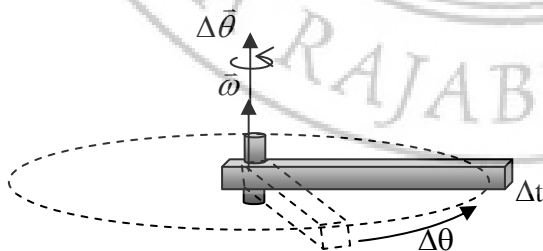
ภาพ 1.3 การเปลี่ยนตำแหน่งเชิงมุม

2.2 ความเร็วเชิงมุม (Angular velocity)

ปริมาณของการกระจัดเชิงมุมในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า **ความเร็วเชิงมุม** (Angular velocity) เขียนแทนด้วย $\bar{\omega}$ ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น ความเร็วเชิงมุมเขียนเป็นสมการเวกเตอร์ ได้ดังนี้

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\bar{\theta}}{\Delta t} \quad (1.1)$$

และมีทิศทางเดียวกับ $\Delta\bar{\theta}$ แสดงได้ดังภาพ 1.4



ภาพ 1.4 ทิศความเร็วเชิงมุม

และเขียนเป็นสมการของขนาดความเร็วเชิงมุมได้ดังนี้

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (1.2)$$

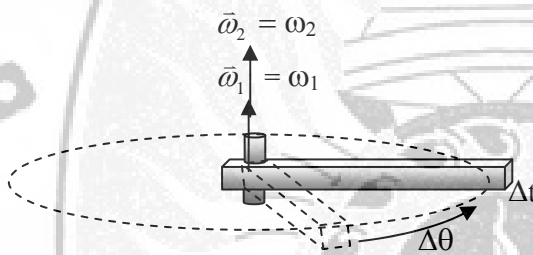
เมื่อ $\Delta\theta$ เป็นการกระจัดเชิงมุม มีหน่วย เรเดียน (rad)

ω เป็นความเร็วเชิงมุม มีหน่วย เรเดียนต่อวินาที (rad/s)

2.3 ความเร่งเชิงมุม (Acceleration angular)

ในการหมุนของวัตถุอาจมีความเร็วเชิงมุมไม่คงตัว แสดงว่าวัตถุมีความเร่งเชิงมุม (Acceleration angular) ซึ่งหมายถึง ความเร็วเชิงมุมที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา แสดงได้ดังภาพ

1.5 การเปลี่ยนความเร็วเชิงมุม



ภาพ 1.5 การเปลี่ยนความเร็วเชิงมุม และสมการที่มีความเร่งเชิงมุมเขียนเป็นสมการเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\vec{\alpha} = \frac{\vec{\omega}_2 - \vec{\omega}_1}{\Delta t} \quad (1.3)$$

เมื่อ α เป็นความเร่งเชิงมุม มีหน่วย เรเดียนต่อวินาที² (rad/s²) มีทิศเดียวกับ $\Delta\vec{\omega}$ เมื่อพิจารณาการหมุนรอบแกนตรงจะได้ขนาดความเร่งเชิงมุมดังนี้

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (1.4)$$

3. ความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

ถ้าการหมุนของวัตถุเริ่มต้นจาก θ_1 มีค่าเป็นศูนย์และ θ_2 มีค่าเป็น θ ดังนั้นการกระจัดเชิงมุมจึงมีค่าเป็น θ มีความเร็วเชิงมุมเริ่มต้นที่เวลา $t=0$ เป็น ω_0 และที่เวลา t ใดๆ ซึ่ง $\Delta t = t - 0 = t$ ความเร็วเชิงมุมเป็น ω จะมีความเร่งเชิงมุมคงตัวเท่ากับ α สมการการเคลื่อนที่แบบหมุนจากสมการ (1.4) จะได้ดังนี้

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad (1.5)$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \quad (1.6)$$

เมื่อพิจารณาการกระจัดเชิงมุม โดยใช้ความเร็วเชิงมุมเฉลี่ยจะได้ดังนี้

$$\theta = \frac{(\omega_0 + \omega)t}{2} \quad (1.7)$$

เมื่อนำ t จากสมการ (1.5) แทนในสมการ (1.7) จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{(\omega + \omega_0)(\omega - \omega_0)}{2\alpha} \\ &= \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\alpha} \\ \omega^2 &= \omega_0^2 + 2\alpha\theta \end{aligned} \quad (1.8)$$

เมื่อนำ ω จากสมการ (1.6) แทนในสมการ (1.7) จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{(\omega_0 + \omega_0 + \alpha t)t}{2} \\ \theta &= \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \end{aligned} \quad (1.9)$$

สมการสำหรับการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบแกนหมุนตรึงแน่นมีรูปแบบสมการเช่นเดียวกับสมการการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ในแนวตรง เมื่อเปรียบเทียบกันจะได้ดังตาราง 1.1 การเปรียบเทียบสมการการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่กับสมการการเคลื่อนที่แบบหมุน

ตาราง 1.1 การเปรียบเทียบสมการการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่กับสมการการเคลื่อนที่แบบหมุน

สมการการเคลื่อนที่ แบบเลื่อนที่ในแนวตรง	สมการการเคลื่อนที่ แบบหมุน	เปรียบเทียบ
$v = u + at$	$\omega = \omega_0 + \alpha t$	$u \Rightarrow \omega_0$
$s = ut + \frac{1}{2}at^2$	$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$	$v \Rightarrow \omega$
$s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$	$\theta = \frac{(\omega_0 + \omega)t}{2}$	$a \Rightarrow \alpha$
$v^2 = u^2 + 2as$	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$	$s \Rightarrow \theta$

ตัวอย่าง 1.1 ล้ออันหนึ่งใช้เวลา 2 วินาที ในการหมุนเป็นมุม 146 เรเดียน วัดความเร็วเชิงมุมขณะนั้น ได้ 108 เรเดียนต่อวินาที จงหาความเร่งเชิงมุมของการหมุน

วิธีทำ

โจทย์ต้องการหา α

เมื่อกำหนด

$$t = 2s$$

$$\theta = 146 \text{ rad}$$

$$\omega = 108 \text{ rad/s}$$

หา α จากสมการ

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad (1)$$

จากสมการ (1) จะต้องหา ω_0 ก่อน

จากสมการ
$$\theta = \frac{(\omega_0 + \omega)t}{2}$$

แทนค่า

$$146 \text{ rad} = \frac{(\omega_0 + (108 \text{ rad/s}))2s}{2}$$

$$\omega_0 = 38 \text{ rad/s}$$

แทนค่าในสมการ (1) ได้ดังนี้

$$\alpha = \frac{108 \text{ rad/s} - 38 \text{ rad/s}}{2s} = 35 \text{ rad/s}^2$$

ดังนั้น ความเร่งเชิงมุมของการหมุนมีค่าเท่ากับ 35 เรเดียนต่อวินาที²

ตัวอย่าง 1.2 จักรยานคันหนึ่งเริ่มเคลื่อนที่ออกไปด้วยความเร่งเชิงมุม 3 เรเดียนต่อวินาที² ถ้าล้อรถจักรยานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร จงหาระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้ในเวลา 8 วินาที

วิธีทำ โจทย์ต้องการหา s
เมื่อกำหนด

$$\omega_0 = 0 \text{ rad}$$

$$\alpha = 3 \text{ rad/s}^2$$

$$d = 1\text{m} \Rightarrow r = 0.5\text{m}$$

$$t = 8\text{s}$$

หา s จากสมการ

$$\theta = \frac{s}{r} \quad (1)$$

จะต้องหา θ ก่อน จากสมการ

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

แทนค่า

$$\theta = 0 + \frac{1}{2} (3 \text{ rad/s}^2) (8\text{s})^2$$

$$\theta = 96 \text{ rad}$$

แทนค่าในสมการ (1) ได้ดังนี้

$$96 \text{ rad} = \frac{s}{0.5\text{m}}$$

$$s = 48\text{m}$$

ดังนั้นระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้ในเวลา 8 วินาที มีค่าเท่ากับ 48 เมตร

ใบงานที่ 1

เรื่อง การหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้อง

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม

เวลา 40 นาที

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

จุดประสงค์

1. อธิบายลักษณะการเคลื่อนแบบหมุนได้
2. อธิบายปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้
4. คำนวณหาปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อกำหนด

คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบายและตอบคำถามต่อไปนี้

1. การเคลื่อนที่แบบหมุนของวัตถุมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

2. ระบุความหมาย สัญลักษณ์ หน่วย ทิศ ของปริมาณดังต่อไปนี้

2.1 การกระจัดเชิงมุม

.....

.....

.....

2.2 ความเร็วเชิงมุม

.....

.....

.....

2.3 ความเร่งเชิงมุม

.....

.....

.....

3. การกระจัด ความเร็วเชิงมุม ความเร่งเชิงมุม มีความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

4. จงเปรียบเทียบเปรียบเทียบสมการการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่กับสมการการเคลื่อนที่แบบหมุน

.....

.....

.....

.....

5. ล้ออันหนึ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร หมุนจากจุดหยุดนิ่งจนมีความเร็วเชิงมุมขนาด 120 เรเดียนต่อวินาที ในเวลา 10 วินาที ให้หาขนาดความเร่งเชิงมุมและมุมที่หมุนไปทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา ฟิสิกส์

รหัสวิชา ว 30202

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

เวลา 3 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2554

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา

2. ผลการเรียนรู้

อธิบาย ทอร์ก กับการเคลื่อนที่แบบหมุน ตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง

3. สาระสำคัญ

จากการศึกษาการเรื่อง ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุนทำให้สรุปได้ว่า ทอร์กเป็นโมเมนต์ของแรง ที่ทำให้วัตถุแข็งเกร็งเกิดการหมุนรอบแกนตรึง ขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำต่อวัตถุห่างจากจุดศูนย์กลางการหมุน หรือเป็นผลคูณของโมเมนต์ความเฉื่อยกับความเร่งเชิงมุมของวัตถุ

4. สาระการเรียนรู้

4.1 ทอร์ก (Torque) ที่กระทำต่อวัตถุมวล m มีขนาดเท่ากับขนาดของแรงคูณระยะทางที่ตั้งฉากกับแนวแรงที่ทำให้เกิดการหมุนหรือเกิดการบิดรอบแกนหมุนเขียนเป็นสมการเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

หาขนาดของทอร์กได้จาก

$$\tau = rF \sin \theta$$

กรณี $\theta = 90^\circ$ จะได้ $\tau = rF$ มีหน่วยเป็นนิวตัน เมตร (Nm) ทิศทางหาได้จากกฎมือขวา

เมื่อ \vec{r} คือ เวกเตอร์บอกตำแหน่งของจุดที่แรงกระทำต่อมวล m

θ คือ มุมที่เวกเตอร์บอกตำแหน่ง \vec{r} ทำกับแรง \vec{F}

4.2 โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia) เป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงความเฉื่อยต่อการหมุน จะมีบทบาทเหมือนกับมวลในกรณีของการเลื่อนตำแหน่ง เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตร² (kg m^2) ใช้สัญลักษณ์ I ในกรณีของวัตถุที่เป็นจุดมีมวล m รัศมีของการหมุน r หมุนรอบแกนหมุนตรึงแน่น คำนวณได้จาก $I = mr^2$ และ ถ้ามีวัตถุหลายๆ ชิ้น คำนวณได้จาก

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย เป็นไปตามสมการ $\vec{\tau} = I\alpha$

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

5.1 ด้านความรู้

- 5.1.1 อธิบายความหมายของทอร์กได้
- 5.1.2 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร่งเชิงมุมได้
- 5.1.3 คำนวณหาปริมาณ ที่เกี่ยวข้องกับทอร์กของการเคลื่อนที่แบบหมุน

5.2 ด้านทักษะกระบวนการ

- 5.2.1 ปฏิบัติการทดลอง สืบค้นเกี่ยวกับ ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุนได้
- 5.2.2 นำเสนอผลการสืบค้นเกี่ยวกับ ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน ได้

5.3 ด้านคุณลักษณะ/เจตคติทางวิทยาศาสตร์

- 5.3.1 มีความความอยากรู้อยากเห็น
- 5.3.2 มีความรับผิดชอบและเพียรพยายามการทำงาน
- 5.3.3 มีเหตุผล
- 5.3.4 มีความซื่อสัตย์
- 5.3.5 มีความใจกว้าง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <p>1.1 ครูให้นักเรียนลองเปิดประตูหรือหน้าต่าง โดยออกแรงกระทำที่ตำแหน่งต่าง ๆ ห่างจากแนวบานพับของประตูและหน้าต่าง</p> <p>1.2 ครูถามนักเรียนว่าตำแหน่งที่ออกแรงผลักบานหน้าต่างหรือการเปิดประตู มีผลต่อการหมุนหรือไม่อย่างไร และเกี่ยวข้องกับปริมาณใด</p> <p>1.3 ถามนักเรียนว่า ถ้านักเรียนจะศึกษาเรื่องทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน นักเรียนจะมีวิธีการศึกษาอย่างไร</p> <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <p>2.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน คละความสามารถ</p> <p>2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนในการสำรวจ ตรวจสอบทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อย และความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อยตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง</p> <p>2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนในการสำรวจ ตรวจสอบ ทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อย และความสัมพันธ์ระหว่างทอร์ก กับโมเมนต์ความเฉื่อย ตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง</p> <p>2.4 ครูนำเสนอแนวทางโดยทำการทดลองหมุนลูกข่างกระดาษ โดยให้นักเรียนประดิษฐ์เองจากกระดาษกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วเสียบแกนกลางด้วยไม้เสียบลูกชิ้น</p>	<p>1. ขั้นสร้างประสบการณ์</p> <p>1.1 ครูถามนักเรียนว่า ถ้าตนเองกำลัง เปิดหน้าต่างหรือประตูแรงกระทำผ่านบานพับซึ่งเป็นจุดหมุนหรือไม่</p> <p>1.2 ครูถามนักเรียนว่าถ้าเราออกแรงผลักตำแหน่งต่าง ๆ ห่างจากแนวบานพับของประตูและหน้าต่าง จะมีผลต่อการหมุนหรือไม่</p> <p>2. ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์</p> <p>2.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน คละความสามารถ</p> <p>2.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับตำแหน่งที่ออกแรงผลักบานหน้าต่างหรือประตู ว่ามีผลต่อการหมุนหรือไม่อย่างไร</p> <p>2.3 ครูถามนักเรียนว่านอกจากหน้าต่างและประตูแล้ว การทำกิจกรรมใดบ้างที่มีลักษณะคล้ายกัน ให้นักเรียนช่วยกันคิดและเขียนนำเสนอเป็นกลุ่ม ครูชมเชยกลุ่มที่เขียนได้มากที่สุด</p> <p>3. ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบยอด</p> <p>3.1 ครูให้ตัวแทนกลุ่มเปิดหน้าต่าง ประตู โดยใช้แรงกระทำในตำแหน่งต่าง ๆ กัน</p> <p>3.2 สมาชิกในกลุ่มสังเกตผล</p> <p>3.3 ครูให้นักเรียนดูคลิปวีดีโอการแข่งขันเบสบอล</p> <p>4. ขั้นพัฒนาทฤษฎีและความคิดรวบยอด</p> <p>4.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจาก</p>

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>2.5 ครูแนะนำก่อนการทดลองโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ดังนี้</p> <p>2.5.1 นักเรียนคนที่ 1 ออกแบบลำดับขั้นการทดลอง</p> <p>2.5.2 นักเรียนคนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์</p> <p>2.4.3 นักเรียนคนที่ 3 ลงมือทำการทดลอง</p> <p>2.4.4 นักเรียนคนที่ 4 บันทึกผล</p> <p>2.4.5 นักเรียนคนที่ 5 อำนวยความสะดวก</p> <p>3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอผลการทดลอง</p> <p>3.2 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียน</p> <p>3.3 นักเรียนสรุปผลการทดลอง</p> <p>4. ชั้นขยายความรู้</p> <p>4.1 นักเรียนศึกษาทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อย และความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย ตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องจากใบความรู้ที่ 2 เรื่อง ทอร์ก กับการเคลื่อนที่แบบหมุน</p> <p>4.2 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความเข้าใจ</p> <p>4.3 ครูยกตัวอย่างการคำนวณ หาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับทอร์ก โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์</p> <p>4.4 นักเรียนทำใบงานที่ 2 เรื่อง ทอร์ก กับการเคลื่อนที่แบบหมุน</p>	<p>ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง ทอร์ก กับการเคลื่อนที่แบบหมุน</p> <p>4.2 ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายตามรายละเอียดในใบความรู้</p> <p>4.3 ครูยกตัวอย่างการคำนวณ หาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับทอร์ก โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์</p> <p>5. ชั้นปฏิบัติตามความคิดรวบยอด</p> <p>5.1 นักเรียนทำใบงานที่ 2 เรื่อง ทอร์ก กับการเคลื่อนที่แบบหมุน</p> <p>5.2 นักเรียนนำผลการทำใบงานมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม</p> <p>5.3 นักเรียนออกแบบและวางแผนการประดิษฐ์ลูกข่างจากกระดาษ</p> <p>6. ชั้นปรับแต่งแนวคิดของตน</p> <p>6.1 นักเรียนประดิษฐ์ลูกข่างจากกระดาษ</p> <p>6.2 นักเรียนตกแต่งให้แข็งแรงและสวยงาม</p> <p>7. ชั้นวิเคราะห์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้</p> <p>นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ผลงาน ให้ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาผลงานให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน</p> <p>8. ชั้นแลกเปลี่ยนความรู้ของตนเองกับผู้อื่น</p> <p>นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดแสดงผลงาน ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น โดยจัดแข่งขันการหมุนของลูกข่างกระดาษ</p>

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
5. ชั้นประเมิน 5.1 ประเมินด้านความรู้จากการทำใบงาน 5.2 ประเมินด้านกระบวนการเรียนรู้ โดยการสังเกตพฤติกรรม จากการปฏิบัติ การทดลอง 5.3 ประเมินด้านคุณลักษณะจากการ	สังเกตพฤติกรรม

7. สื่อ/นวัตกรรม

ประเภทของสื่อ	รายการสื่อ
1. บุคคล	ครูผู้สอน เพื่อน
2. สถานที่	ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์
3. วัสดุ/เอกสาร	1. ประตู่ หน้าต่าง กระจกแข็ง โปสเตอร์สีหน้าเดียว และไม่เสียบลูจิ้น 2. หนังสือเรียน ฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 3. ใบความรู้และใบงาน เรื่อง ทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อยของการเคลื่อนที่แบบหมุน

8. การประเมินผลการเรียนรู้

8.1 วิธีวัดและเครื่องมือวัด

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด
ด้านความรู้	- ตรวจใบงาน ทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อยของการเคลื่อนที่แบบหมุน - ตรวจผลงาน/ผลการแข่งขัน	- แบบตรวจใบงาน - แบบบันทึกผลการแข่งขัน
ด้านทักษะกระบวนการ - กระบวนการเรียนรู้	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม
ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม

8.2 เกณฑ์การประเมิน

8.2.1 ใบงาน 5 คะแนน (รายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 100)

8.2.2 ชิ้นงาน/ผลงาน 5 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน/คำอธิบาย	ระดับคะแนน
ผลการแข่งขันได้ลำดับ 1 - 2	5
ผลการแข่งขันได้ลำดับ 3 - 4	4
ผลการแข่งขันได้ลำดับ 5 - 6	3
ผลการแข่งขันได้ลำดับ 7 - 8	2
ผลการแข่งขันได้ลำดับ 9	1

หมายเหตุ นักเรียนมี 9 กลุ่ม

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน/ ช่วงคะแนน(ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ
5	ดีมาก
4	ดี
3	พอใช้
ตั้งแต่ 2 ลงมา	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ระดับคุณภาพ พอใช้ขึ้นไป

8.2.3 กระบวนการเรียนรู้

รายการประเมิน	เกณฑ์คะแนน		
	3	2	1
การสำรวจ ตรวจสอบ	สนใจ สืบค้น ข้อมูล จากแหล่งเรียนรู้มีการ บันทึก อภิปราย ตรวจสอบและสรุปชัดเจนดี	สนใจ สืบค้น ข้อมูล จากแหล่งเรียนรู้ มีการบันทึก อภิปราย ตรวจสอบและสรุป ชัดเจนปานกลาง	สนใจสืบค้นข้อมูล จากแหล่งเรียนรู้ มีการบันทึกอภิปราย ตรวจสอบ และสรุปไม่ชัดเจน
การแก้ปัญหา(สร้างลูกข้าง)	วางแผนการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติตรวจสอบ ชัดเจนดี	วางแผนการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติตรวจสอบ ชัดเจนปานกลาง	ขาดการวางแผน การแก้ปัญหาและ ตรวจสอบ
การสื่อสาร	นำเสนอผลการสืบค้น หรือผลงานในรูปแบบ ที่ชัดเจนดี	นำเสนอผลการสืบค้น หรือผลงานในรูปแบบ ที่ชัดเจนปานกลาง	นำเสนอผลการ สืบค้นหรือผลงาน ในรูปแบบที่ไม่ ชัดเจน
การนำความรู้ไปใช้	นำความรู้ไปใช้กับ สถานการณ์ใหม่ใน การสร้างชิ้นงานได้ดี	นำความรู้ไปใช้กับ สถานการณ์ใหม่ใน การสร้างชิ้นงานได้ ปานกลาง	นำความรู้ไปใช้กับ สถานการณ์ใหม่ ในการสร้างชิ้นงาน ได้น้อย

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน/ช่วงคะแนน(ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ
11 - 12	ดีมาก
9 - 10	ดี
7 - 8	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ระดับคุณภาพ พอใช้ ขึ้นไป

8.2.4 คุณลักษณะ (รายละเอียดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 102)

8.3 เครื่องมือวัด

8.3.1 แบบตรวจใบงานเรื่องทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน (รายละเอียดตามแบบใน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 100)

8.3.2 แบบตรวจผลงาน

แบบตรวจผลงาน เรื่อง ลูกช่างกระตาด

วิชา.....ชั้น.....

หน่วยการเรียนรู้.....เรื่อง.....

คำชี้แจง ให้ผู้สอนตรวจผลงาน เรื่อง การแข่งขันลูกช่างกระตาดตามแบบดังต่อไปนี้โดยระบุลำดับที่และระดับคะแนนตามแบบตรวจผลงาน (ดูเกณฑ์จากหน้าที่ 119)

เลขที่	กลุ่มที่	ลำดับที่	ระดับคะแนน	สรุปผลการประเมิน	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

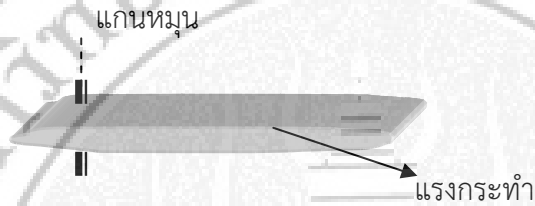
...../...../.....

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

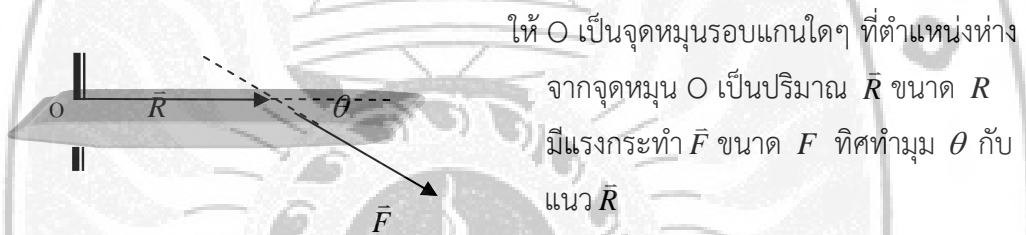
ใบความรู้ที่ 2

เรื่อง ทอร์ก กับการเคลื่อนที่แบบหมุน

วัตถุที่มีการตรึงจุดๆ หนึ่งไว้เป็นจุดหมุน เมื่อออกแรงกระทำที่ตำแหน่งหนึ่งในระยะห่างจากจุดหมุนโดยมีทิศไม่ผ่านจุดหมุน จะทำให้วัตถุนั้นหมุนรอบจุดที่ตรึงไว้ได้ ดังรูป



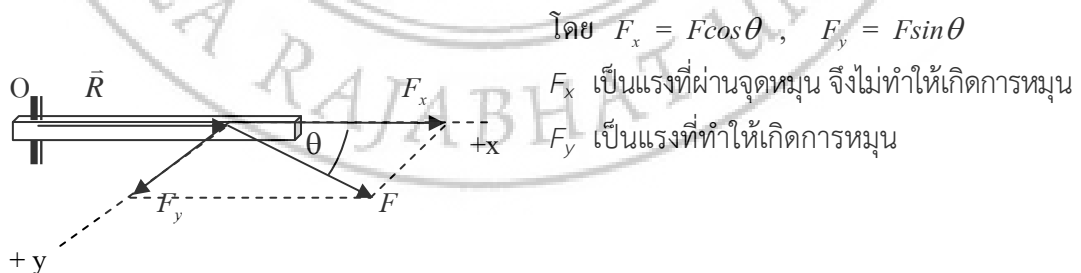
ภาพ 2.1 ออกแรงกระทำต่อวัตถุในระยะห่างจากแกนหมุน



ภาพ 2.2 แรงขนาด F ทิศทำมุม θ กับ แนว \vec{R}

โดยผลคูณของระยะทางจากจุดหมุนไปยังแนวแรงกับแรงกระทำ เรียกว่า ความพยายามทำให้เกิดการหมุน หรือ ทอร์ก (Torque)

เมื่อแรงกระทำ \vec{F} มีทิศทำมุม θ ใดๆ กับปริมาณจากจุดหมุนไปยังแนวแรง \vec{R} แยกเวกเตอร์ของแรงขนาด F ไปตามแนว \vec{R} หรือแกน x ของวัตถุ และแนวตั้งฉากกับ \vec{R} เป็นแกน y ขนาดเป็น F_x และ F_y



$$\text{โดย } F_x = F \cos \theta, \quad F_y = F \sin \theta$$

F_x เป็นแรงที่ผ่านจุดหมุน จึงไม่ทำให้เกิดการหมุน

F_y เป็นแรงที่ทำให้เกิดการหมุน

ภาพ 2.3 แยกเวกเตอร์ของแรงขนาด F ไปตามแนว \vec{R}

ปริมาณ $RF_y =$ ผลคูณของระยะจากจุดหมุนไปยังจุดที่แรงกระทำกับขนาดของแรงกระทำ
ที่อยู่ในแนวตั้งฉากกับแนวระยะทางนั้น หรือเรียกว่า ทอร์ก แทนด้วย τ หน่วย นิวตัน เมตร

$$\begin{aligned} \text{หรือ} \quad \tau &= RF_y \\ &= RF \sin \theta \end{aligned} \quad (2.1)$$

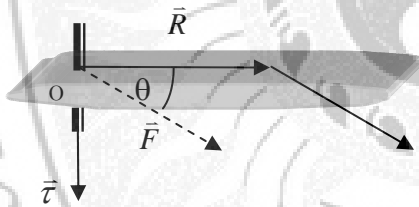
ถ้า \vec{F} ทำมุม 90° กับ \vec{R} ดังนั้นขนาดของทอร์กในสมการที่ (2.1) จึงลดรูปดังสมการที่ (2.2)

$$\tau = RF \quad (2.2)$$

จากสมการที่ (2.2) ขนาดของทอร์กมีค่ามากที่สุดเนื่องจากค่า $\sin \theta$ จะมีค่ามากที่สุด เมื่อ $\theta = 90^\circ$ แสดงว่าทอร์กเกิดจากการคูณเวกเตอร์ของ \vec{R} กับ \vec{F} เป็นแบบ cross vector ทิศเป็นไปตามหลักมือขวา อยู่ในแนวแกนหมุน แทนด้วย $\vec{\tau}$ สมการในรูปเวกเตอร์เป็น

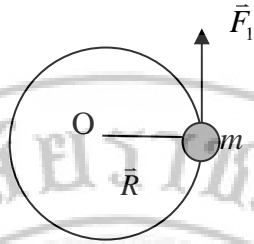
$$\vec{\tau} = \vec{R} \times \vec{F} \quad (2.3)$$

โดยที่ทิศของทอร์กสามารถแสดงได้ดังภาพ 2.4



ภาพ 2.4 ทิศของทอร์ก

ในการศึกษาการหมุนของวัตถุ เมื่อทอร์กที่ไม่เท่ากับศูนย์มากระทำกับวัตถุ เช่น มีมวล m ติดอยู่ที่ปลายแท่งวัตถุเล็ก ๆ เบา ๆ ยาว R โดยปลายอีกข้างหนึ่งตรึงอยู่กับจุด O บนพื้นที่ปราศจากแรงเสียดทาน เมื่อมีแรง \vec{F}_1 มากระทำต่อวัตถุมวล m ในทิศตั้งฉากกับแท่งวัตถุเล็ก ๆ ตลอดเวลา โดยแนวแรง \vec{F}_1 สัมผัสกับแนววงกลม หรือตั้งฉากกับรัศมี \vec{R} ดังรูป 2.5



ภาพ 2.5 แรงกระทำต่อวัตถุที่สัมผัสกับแนววงกลม

เมื่อวัตถุมวล m ถูกแรง \vec{F}_1 กระทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งตามแนวสัมผัส \vec{a}_T แสดงว่าผลของแรงกระทำเป็นไปตามกฎข้อ 2 ของนิวตัน ได้ว่า

$$\vec{F} = m\vec{a}_T$$

เมื่อพิจารณาเฉพาะขนาดจะได้ว่า

$$F = ma_T$$

หรือ

$$RF = Rma_T$$

ดังนั้นทอร์กของแรง F เป็น

$$\tau_F = Rma_T \quad (2.4)$$

จากการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งเชิงมุมกับความเร่งเชิงเส้นจะได้ว่า

$$v = \omega R \quad (2.5)$$

จากสมการที่ (2.5) เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งเชิงมุมกับความเร่งเชิงเส้นจะได้

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \left[\frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right]$$

แทนค่า $\frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \alpha$ จะได้

$$a_T = \alpha R \quad (2.6)$$

นำค่า a_T จากสมการ (6) แทนใน สมการ (5) จะได้

$$\begin{aligned} \tau_F &= Rm\alpha R \\ \tau_F &= (mR^2)\alpha \end{aligned} \quad (2.7)$$

เรียก mR^2 ว่า โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia) ของวัตถุมีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตร² (kgm^2) ใช้สัญลักษณ์ I แทนในสมการ (7) จะได้

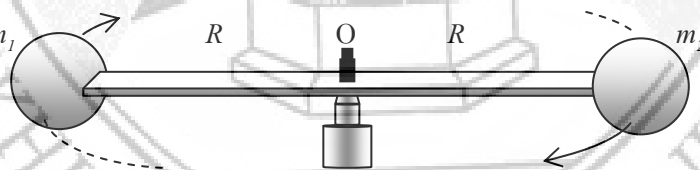
$$\tau_F = I\alpha \quad (2.8)$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่า ปริมาณของทอร์ก นอกจากมีความสัมพันธ์กับปริมาณจากจุดหมุนไปยังแนวแรงแล้ว ยังจะมีความสัมพันธ์กับโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร่งเชิงมุมด้วย จากสมการ (2.8) เขียนความสัมพันธ์แบบเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\vec{\tau} = I\vec{\alpha} \quad (2.9)$$

จากสมการ (8) จะเห็นได้ว่า ทอร์กและความเร่งเชิงมุมมีทิศเดียวกัน

กรณีติดวัตถุ 2 ก้อน มวลเป็น m_1 และ m_2 ที่ปลายคานาเบาสองข้าง แล้วทำให้หมุนรอบแกนกลาง ห่างจากจุดหมุนเท่ากันเป็น R ดังภาพ 2.6



ภาพ 2.6 โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ 2 ก้อน

ให้ I_1, I_2 เป็นโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล m_1 และ m_2 ที่หมุนรอบแกนห่างจากแกนหมุนเท่ากัน เป็น R

I เป็นโมเมนต์ความเฉื่อยรวมที่เกิดขึ้นรอบแกนหมุน

โดย $I = I_1 + I_2$

$$I = m_1R^2 + m_2R^2$$

ถ้ามวลทั้งสองเท่ากันเป็น m

$$\text{จะได้ว่า } I = 2mR^2 \quad (2.10)$$

ตัวอย่างที่ 2.1 อนุภาคหนึ่งมวล 1.2 กิโลกรัม วางห่างจากแกนหมุน 1.5 เมตร เมื่อหมุนรอบแกน หมุนจะมีความเร่งเชิงมุม 4 เรเดียนต่อวินาที² จงหาทอร์กของการหมุน

วิธีทำ โจทย์ต้องการหา τ

กำหนด

$$m = 12\text{kg}$$

$$r = 1.5\text{m}$$

$$\alpha = 4\text{rad} / \text{s}^2$$

จากสมการ

$$\tau = I\alpha \quad (1)$$

จะต้องหา I ก่อน

จากสมการ

$$I = mR^2$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} I &= 1.2\text{kg} \times 1.5^2\text{m}^2 \\ &= 2.7\text{kgm}^2 \end{aligned}$$

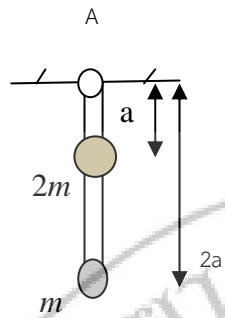
แทน τ ในสมการ(1)

จะได้

$$\begin{aligned} \tau &= 2.7\text{kgm}^2 \times 4\text{rad} / \text{s}^2 \\ &= 10.8\text{N.m} \end{aligned}$$

ดังนั้น ทอร์กของการหมุนมีค่าเท่ากับ 10.8 นิวตัน.เมตร

ตัวอย่างที่ 2.2 แท่งโลหะเบาอันหนึ่ง มีจุดหมุนอยู่ที่ปลาย A ซึ่งสามารถหมุนได้คล่อง เมื่อนำมวล 2 ก้อน คือ $2m$ และ m ติดอยู่ที่ปลายโลหะที่ระยะห่างจากแกนหมุนเป็น a และ $2a$ ดังรูป ถ้าแท่งโลหะ ถูกปล่อยจากแนวระดับ จงหาความเร่งเชิงมุมของระบบ



ภาพ 2.7 ประกอบตัวอย่างที่ 2.2

วิธีทำ

หา α ของระบบ

จาก

$$\tau = I\alpha$$

และขนาด

$$\tau = RF$$

จะได้ว่า

$$\sum F \times R = (\sum mR^2)\alpha$$

หรือ

$$\tau_1 + \tau_2 = (I_1 + I_2)\alpha$$

แทนค่า

$$(2a \times mg) + (a + 2mg) = [m \times (2a)^2 + 2ma^2]\alpha$$

$$4mga = 5ma^2\alpha$$

$$\alpha = \frac{4g}{5a}$$

$$\alpha = \frac{8 \text{ rad}}{a \text{ s}^2}$$

ดังนั้นความเร่งเชิงมุมของระบบมีค่าเท่ากับ $\alpha = \frac{8 \text{ rad}}{a \text{ s}^2}$

ใบงานที่ 2

เรื่อง ทอร์ก กับการเคลื่อนที่แบบหมุน

รายวิชาฟิสิกส์

เวลา 40 นาที

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

จุดประสงค์

1. อธิบายความหมายของทอร์กได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร่งเชิงมุมได้
3. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับทอร์กของการเคลื่อนที่แบบหมุนได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบายและตอบคำถามต่อไปนี้

1. อธิบายความหมายของทอร์กที่กระทำต่อวัตถุให้เกิดการหมุนได้
2. อธิบายความหมายของโมเมนต์ความเฉื่อยได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างทอร์ก กับ โมเมนต์ความเฉื่อยและความเร่งเชิงมุมได้
4. คำนวณหาปริมาณ ที่เกี่ยวข้องกับทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

1. ระบุความหมายสัญลักษณ์ หน่วย และทิศ ของทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อยต่อการหมุน

2. ทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อยความสัมพันธ์กันอย่างไร

3. เมื่อเปิดขวดน้ำโดยใช้มือขวาจับที่ฝาขวดและใช้มือซ้ายจับที่ก้นขวด มีวิธีการบิดอย่างไรจึงจะทำให้ออกแรงน้อยและเปิดสะดวก

4. งานหมุนอันหนึ่งมวล 1 กิโลกรัม มีทอร์กขนาดคงที่ 20 นิวตัน.เมตร มากระทำให้งานหมุน ด้วยขนาดความเร่งเชิงมุม 10 เรเดียนต่อวินาที² จงหารัศมีของงานหมุนนี้

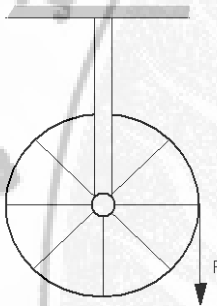
.....

.....

.....

.....

5. วงล้อรัศมี 50 เซนติเมตร มีแกนหมุนตั้งรูป และมีโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนหมุนเท่ากับ 4 กิโลกรัม เมตร² วงล้อนี้ถูกพันด้วยเชือกขนาดเล็กและเบาจำนวนหลายรอบ ถ้าออกแรง ขนาดคง ตัวเท่ากับ 10 นิวตัน ดึงปลายเชือก จงหาความยาวของเชือกที่ถูกดึงออกมาในเวลา 10 วินาทีโดยกำหนดว่าวงล้อเริ่มหมุนจากจุดหยุดนิ่ง (ให้ตอบในหน่วยเมตร)



.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ฟิสิกส์

รหัสวิชา ว 30202

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อย

เวลา 3 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2554

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา

2. ผลการเรียนรู้

อธิบาย โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ ตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง

3. สาระสำคัญ

จากการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อศึกษาธรรมชาติของโมเมนต์ความเฉื่อย ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ ว่า โมเมนต์ความเฉื่อย เป็นปริมาณที่บอกค่าความสามารถในการต้านการเปลี่ยนสภาพการหมุน ต่างกัน เป็นค่าที่ขึ้นกับมวล และการกระจายของมวลที่ห่างจากแกนหมุน ถ้าวัตถุใด ๆ มีมวลเท่ากัน แต่การกระจายมวลต่างกัน วัตถุนั้นจะมีโมเมนต์ความเฉื่อยต่างกัน วัตถุก้อนเดียวกันถ้ามีแกนหมุนต่างกัน ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยย่อมต่างกันด้วย นอกจากนี้โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุยังขึ้นอยู่กับรูปทรงของ วัตถุนั้น ๆ ด้วยและจากความสัมพันธ์ของปริมาณดังกล่าว สามารถนำไปคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง ได้

4. สาระการเรียนรู้

โมเมนต์ความเฉื่อยเป็นปริมาณสเกลาร์ ที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนสภาพการหมุนมีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตร² (kg m^2) ใช้สัญลักษณ์ I ในกรณีของวัตถุที่เป็นจุดมีมวล m รัศมีของการหมุน r หมุนรอบแกนหมุนตรงแน่น คำนวณได้จาก $I = mr^2$ และ ถ้ามีวัตถุหลาย ๆ ชิ้น คำนวณได้จาก

$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$ และถ้าวัตถุใดๆ ที่มีมวลเท่ากันแต่การกระจายของมวลต่างกัน จะดำเนินการเปลี่ยนสภาพการหมุนต่างกัน นั่นคือ วัตถุนั้นมีโมเมนต์ความเฉื่อยต่างกัน

ดังนั้นการบอกค่าโมเมนต์ความเฉื่อยจะต้องบอกว่ารอบแกนใด วัตถุก้อนเดียวกันถ้าแกนหมุนต่างกัน ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยย่อมต่างกันด้วย ส่วนในกรณีที่วัตถุมีรูปร่างต่างๆ โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุจะมีค่าต่างๆ ของอยู่กับรูปร่างของวัตถุนั้น

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

5.1 ด้านความรู้

5.1.1 อธิบายความสัมพันธ์ของโมเมนต์ความเฉื่อยกับมวลของวัตถุและระยะห่างกำลังสองที่มวลย่อยห่างจากแกนหมุนได้

5.1.2 เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปร่างต่างกันได้

5.1.3 คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับโมเมนต์ความเฉื่อยได้

5.2 ด้านทักษะกระบวนการ

5.2.1 ปฏิบัติการทดลอง ตรวจสอบเกี่ยวกับ โมเมนต์ความเฉื่อย ได้

5.2.2 นำเสนอผลการทดลองเรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อย ได้

5.3 ด้านคุณลักษณะ/เจตคติทางวิทยาศาสตร์

5.3.1 มีความความอยากรู้อยากเห็น

5.3.2 มีความรับผิดชอบและเพียรพยายามการทำงาน

5.3.3 มีเหตุผล

5.3.4 มีความซื่อสัตย์

5.3.5 มีความใจกว้าง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <p>1.1 ครูขอตัวแทนนักเรียน 2 คน มวลเท่ากัน ยืนบนแป้นหมุนสำหรับออกกำลังกาย คนหนึ่งกางแขนออกถือดัมเบล มวล 1 กิโลกรัม ช้างละอันอีกคนหนึ่งกางแขนออกเช่นกันแต่ไม่ถือดัมเบลให้นักเรียนอีก 2 คน ช่วยกันหมุน นักเรียน 2 คนแรกให้มีความเร็วเชิงมุมใกล้เคียงกัน</p> <p>1.2 ครูให้นักเรียนที่เหลือทำนายว่านักเรียนคนใดหยุดก่อนแล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น โดยยังไม่บอกคำตอบเพื่อ นำไปสู่การทำกิจกรรมโมเมนต์ความเฉื่อย</p> <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <p>2.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน คละความสามารถ</p> <p>2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนทำกิจกรรมโมเมนต์ความเฉื่อย โดยศึกษาจากใบกิจกรรม</p> <p>2.3 ครูสุ่มถามความเข้าใจเกี่ยวกับการทำกิจกรรม เรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย</p> <p>2.4 ครูแนะนำก่อนการทดลองโดยนักเรียนให้แต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ดังนี้</p> <p>2.4.1 นักเรียนคนที่ 1 ออกแบบลำดับขั้นการทดลอง</p> <p>2.4.2 นักเรียนคนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์</p> <p>2.4.3 นักเรียนคนที่ 3 ลงมือทำการทดลอง</p> <p>2.4.4 นักเรียนคนที่ 4 บันทึกผล</p> <p>2.4.5 นักเรียนคนที่ 5 อำนวยความสะดวก</p> <p>2.5 นักเรียนปฏิบัติการทดลอง</p>	<p>1. ขั้นสร้างประสบการณ์</p> <p>1.1 ครูให้นักเรียนจินตนาการว่า มีนักเรียน 2 คน ยืนบนแป้นหมุนออกกำลังกาย โดยคนที่หนึ่งกางแขนออกถือดัมเบล มวล 1 กิโลกรัม ช้างละอันและนักเรียนคนที่สองไม่ถือดัมเบลมีนักเรียนอีก 2 คน ช่วยกันหมุน นักเรียน 2 คนแรกให้มีความเร็วเชิงมุมใกล้เคียงกัน</p> <p>1.2 ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนคนใดจะหยุดก่อน</p> <p>2. ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์</p> <p>2.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน คละความสามารถ</p> <p>2.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการการหมุนในการถือและไม่ถือดัมเบล กางแขนยืนหมุนบนแป้นหมุนว่ามีปริมาณใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการหยุดหมุนและเกี่ยวข้องอย่างไร</p> <p>3. ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบยอด</p> <p>3.1 ครูให้ตัวแทนนักเรียน 2 คน ยืนบนแป้นหมุนสำหรับออกกำลังกาย คนหนึ่งกางแขนออกถือดัมเบล มวล 1 กิโลกรัม ช้างละอันอีกคนหนึ่งกางแขนออกเช่นกัน แต่ไม่ถือดัมเบลให้นักเรียนอีก 2 คน ช่วยกันหมุนนักเรียน 2 คนแรก ให้มีความเร็วเชิงมุมใกล้เคียงกัน</p>

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอผลการทดลอง</p> <p>3.2 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียน</p> <p>3.3 นักเรียนสรุปผลการทดลอง</p> <p>4. ชั้นขยายความรู้</p> <p>4.1 นักเรียนศึกษาเรื่องโมเมนต์ความเฉื่อยตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องจากใบความรู้ที่ 3</p> <p>4.2 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความเข้าใจเกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อย</p> <p>4.3 ครูยกตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องโมเมนต์ความเฉื่อย โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์</p> <p>4.4 นักเรียนทำใบงานที่ 3 เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนหมุน</p> <p>5. ชั้นประเมิน</p> <p>5.1 ประเมินด้านความรู้จากการทำใบงานและการเขียนรายงานผลการทดลอง</p> <p>5.2 ประเมินด้านกระบวนการเรียนรู้ จากการสังเกตพฤติกรรม</p> <p>5.3 ประเมินด้านคุณลักษณะจากการสังเกตพฤติกรรม</p>	<p>3.2 ครูให้นักเรียนที่เหลือสังเกตผล โดยยังไม่บอกคำตอบ เพื่อนำไปสู่การทำกิจกรรมโมเมนต์ความเฉื่อย</p> <p>4. ชั้นพัฒนาทฤษฎีและความคิดรวบยอด</p> <p>4.1 ให้นักเรียนศึกษาการทำกิจกรรมโมเมนต์ความเฉื่อย โดยศึกษาจากใบกิจกรรม</p> <p>4.2 ครูสุ่มถามความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม เรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย</p> <p>4.3 นักเรียนทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผล</p> <p>4.4 ครูสุ่มถามตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลเพื่อร่วมกันอภิปรายและนำไปสู่การสรุปผล</p> <p>4.5 นักเรียนศึกษาเรื่องโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสมมาตรตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม จากใบความรู้ที่ 3</p> <p>4.6 ครูอธิบายเพิ่มเติมพร้อมยกตัวอย่างการคำนวณเรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย</p> <p>5. ชั้นปฏิบัติตามความคิดรวบยอด</p> <p>5.1 นักเรียนทำใบงานที่ 3 เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสมมาตร</p> <p>5.2 นักเรียนนำผลการทำใบงานมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม</p> <p>5.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการสร้างโจทย์ปัญหาเรื่องโมเมนต์ความเฉื่อยโดยให้เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ในรูปแบบชาร์ตแผ่นพับหรืออื่นๆ ตามความถนัด</p>

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
	<p>6. ขั้นปรับแต่งแนวคิดของตน</p> <p>6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างผลงาน</p> <p>6.2 ตกแต่งให้สวยงาม</p> <p>7. ขั้นวิเคราะห์เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้</p> <p>นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ผลงาน ให้ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาผลงานให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวันและนำไปใช้ได้จริง</p> <p>8. ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ของตนเองกับผู้อื่น</p> <p>นักเรียนจัดแสดงผลงาน ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น</p>



7. สื่อ/นวัตกรรม

ประเภทของสื่อ	รายการสื่อ
1. บุคคล	ครูผู้สอน เพื่อน
2. สถานที่	ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์
3. วัสดุ/เอกสาร	1. ดัมเบล แป้นหมุน 2. หนังสือเรียน ฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 3. ใบความรู้และใบงาน เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อย

8. การประเมินผลการเรียนรู้

8.1 วิธีวัดและเครื่องมือวัด

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด
ด้านความรู้	- ตรวจสอบใบงาน เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสมมาตร - ตรวจสอบผลงาน	- แบบตรวจสอบใบงาน - แบบตรวจสอบผลงาน
ด้านทักษะกระบวนการ - กระบวนการเรียนรู้	- สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลอง	แบบสังเกตพฤติกรรมการทดลอง
ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม

8.2 เกณฑ์การประเมิน

8.2.1 ใบงาน 5 คะแนน (รายละเอียดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 100)

8.2.2 ชิ้นงาน/ผลงาน 5 คะแนน (รายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 100)

8.2.3 กระบวนการเรียนรู้จากการทดลอง

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
1. ปฏิบัติการทดลองได้คล่องแคล่ว ใช้อุปกรณ์ได้เหมาะสมถูกต้อง บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองและเขียนรายงานได้ถูกต้องสมบูรณ์เป็นขั้นตอนชัดเจนดีมาก	5
2. ปฏิบัติการทดลองได้คล่องแคล่ว ใช้อุปกรณ์ได้เหมาะสมถูกต้อง บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองและเขียนรายงานได้ถูกต้องสมบูรณ์เป็นขั้นตอนชัดเจนดี	4

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
3. ปฏิบัติการทดลองได้ ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองและเขียนรายงานได้ถูกต้องเป็นขั้นตอนชัดเจนปานกลาง	3
4. ปฏิบัติการทดลองได้บ้าง ใช้อุปกรณ์ไม่ค่อยถูกต้องบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองและเขียนรายงานได้ไม่ชัดเจน	2
5. ไม่สามารถปฏิบัติการทดลอง ใช้อุปกรณ์บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองและเขียนรายงานได้เอง	1

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน/ ช่วงคะแนน(ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ
5	ดีมาก
4	ดี
3	พอใช้
ตั้งแต่ 2 ลงมา	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ระดับคุณภาพ พอใช้ขึ้นไป

8.2.4 คุณลักษณะ (รายละเอียดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 102)

8.3 เครื่องมือวัด

8.3.1 แบบตรวจใบงานเรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 103)

8.3.2 แบบตรวจผลงาน (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 104)

8.3.3 แบบสังเกตพฤติกรรมกระบวนการเรียนรู้

8.3.4 แบบประเมินคุณลักษณะเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 106)

ใบกิจกรรมที่ 1

โมเมนต์ความเฉื่อย

จุดประสงค์

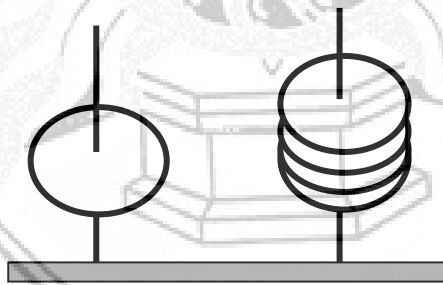
1. เพื่อศึกษาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับโมเมนต์ความเฉื่อย

อุปกรณ์

1. กระดาษแข็งโปสเตอร์หนา 1 แผ่น
2. สกอตเทป วงเวียน กรรไกรตัดกระดาษ
3. ดินสอชนิดเดียวกัน 2 แท่ง

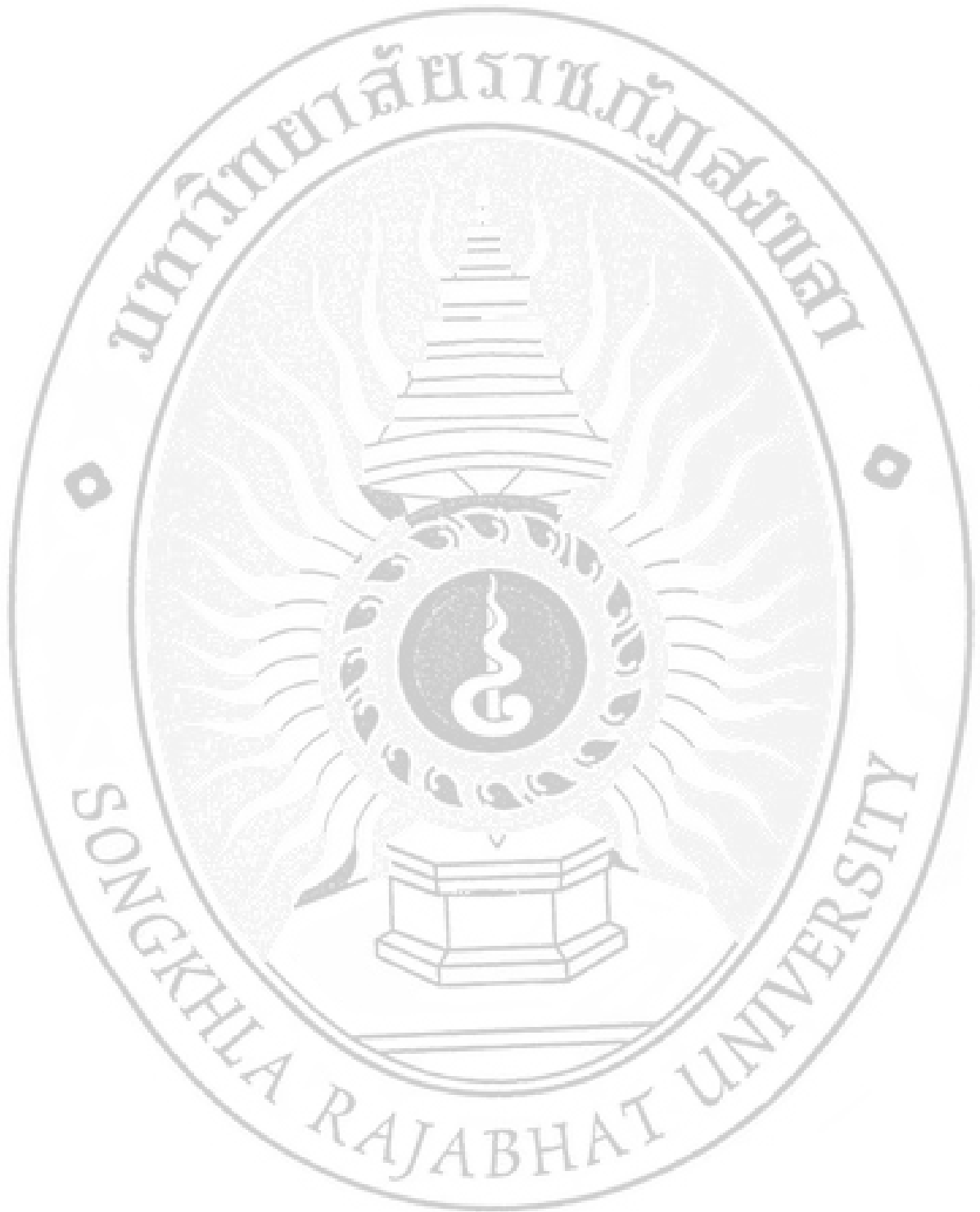
วิธีทำกิจกรรม

1. นักเรียนตัดกระดาษแข็งเป็นรูปวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร 1 แผ่น และเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร 4 แผ่น
2. แบ่งกระดาษออกเป็นสองชุด โดยชุดแรกเป็นกระดาษแผ่นกลม 1 แผ่น มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ชุดที่สอง เป็นกระดาษรูปวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร 4 แผ่น จะได้กระดาษวงกลมใหญ่ 1 แผ่น มีพื้นที่เท่ากับกระดาษวงกลมเล็ก 4 แผ่น
3. เสียบดินสอชนิดเดียวกันที่มีมวลขนาดเท่ากันไว้ที่ศูนย์กลางกระดาษทั้งสองชุด ดังรูป



4. ใช้มือหมุนดินสอให้แผ่นกระดาษวงกลมทั้งสองหมุนรอบแกนตั้ง ให้นักเรียนสังเกตและบันทึกผล
5. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมแล้วตอบคำถามดังต่อไปนี้
 - 5.1 แผ่นกระดาษทั้งสองจะมีพื้นที่เท่ากันแล้วมีมวลเท่ากันหรือไม่อย่างไร
 - 5.2 เมื่อออกแรงหมุนดินสอด้วยขนาดแรงเท่ากัน กระดาษวงกลมแบบไหนหมุนตั้งอยู่ได้นานกว่ากันเพราะเหตุใด

- 5.3 สมบัติการด้านการเปลี่ยนสภาพการหมุนของวัตถุขึ้นอยู่กับอะไร
6. นักเรียนสรุปผลการทำกิจกรรมพร้อมเขียนรายงานผลการทำกิจกรรม



ใบความรู้ที่ 3

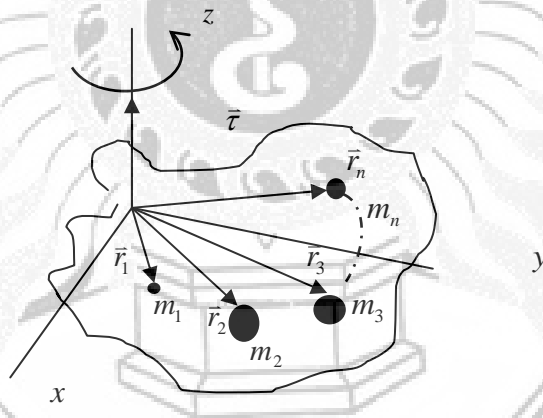
เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อย

โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia) เป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงความเฉื่อยต่อการหมุน เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม เมตร² (kg m^2) ใช้สัญลักษณ์ I ในกรณีของวัตถุที่เป็นจุดมีมวล m รัศมีของการหมุน r หมุนรอบแกนหมุนตรึงแน่น คำนวณได้จาก $I = mr^2$ และ ถ้ามีวัตถุหลายๆ ชิ้น คำนวณได้ ดังนี้

การศึกษาเรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย ในกรณีที่วัตถุหมุนเป็นชิ้นมวลขนาดใหญ่เช่น การพิจารณาการหมุนของแผ่นวัตถุรอบแกนตั้ง และทำการแบ่งมวลเป็น n ชิ้น ดังภาพ 3.1 จะได้ว่า α ของมวลทุกชิ้นเท่ากัน เนื่องจากหมุนไปพร้อมกันและแกนหมุนตรึง โมเมนต์ความเฉื่อยรวม I จะเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลทุกชิ้น ดังนี้

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2$$

หรือ
$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \quad (3.1)$$




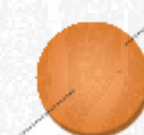




ภาพ 3.1 โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลหลายๆ ชิ้นในมวลขนาดใหญ่

การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปต่างๆ รอบแกนสมมาตร สามารถคำนวณได้โดยวิธีแคลคูลัส ซึ่งจะได้ศึกษาต่อในระดับชั้นที่สูงขึ้น คือ

$$I = \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \int r^2 dm$$

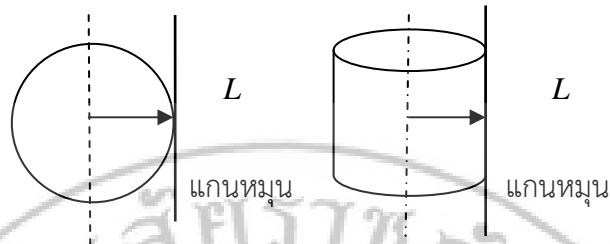
สำหรับโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปต่างๆ ที่น่ารู้ แสดงดังตาราง 3.1 ต่อไปนี้

ตาราง 3.1 โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนหมุนสมมาตรของวัตถุรูปทรงต่าง ๆ

รูปร่างวัตถุ	แกนหมุน	รูป	โมเมนต์ความเฉื่อย I
ทรงกลมตัน มวล m รัศมี R	รอบแกนผ่านจุด ศูนย์กลาง		$I = \frac{2}{5} mR^2$
ทรงกลมกลวง มวล m รัศมี R	รอบแกนผ่านจุด ศูนย์กลาง		$I = \frac{2}{3} mR^2$
ทรงกระบอกตัน มวล m รัศมี R ยาว L	รอบแกนของ ทรงกระบอก		$I = \frac{1}{2} mR^2$
แผ่นกลมบาง มวล m รัศมี R	รอบแกนผ่าน ศูนย์กลาง ตั้งฉากกับแผ่น		$I = \frac{1}{2} mR^2$
แผ่นกลมบาง มวล m รัศมี R	รอบแกนผ่าน ศูนย์กลาง บนระนาบของแผ่น		$I = \frac{1}{4} mR^2$
แท่งวัตถุเล็ก มวล m ยาว L	รอบแกนผ่าน ศูนย์กลางมวล ตั้งฉากกับแท่ง		$I = \frac{1}{12} mL^2$

การหมุนของวัตถุทั้งหมดในตารางข้างบนเป็นการหมุนรอบแกนผ่านจุดศูนย์กลางมวลและเป็นแกนสมมาตรของวัตถุ มีหลักที่สามารถพิสูจน์ได้ว่า ถ้าเลื่อนแกนหมุนไปเป็นระยะ L ให้ขนานแกนสมมาตรเดิม โมเมนต์ความเฉื่อยจะเพิ่มขึ้น mL^2 เท่ากัน(ต้องนำค่า mL^2 มาบวกค่าในตาราง) เช่น

ในกรณีวัตถุหมุนรอบแกนที่ขนานกับแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุดังภาพ 3.2 หาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุดังกล่าวได้จากทฤษฎีบทขนาน ดังต่อไปนี้



ก. ทรงกลมตัน

ข. ทรงกระบอกตัน

ภาพ 3.2 ทฤษฎีแกนขนาน

นั่นคือ

$$I = I_{CM} + mL^2 \quad (3.2)$$

โดยที่ I_{CM} คือ โมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลจะได้โมเมนต์ความเฉื่อยที่หมุนรอบแกนขนานกับแกนกลางของทรงกลมตันและทรงกระบอกตันในภาพ 3.3 ดังนี้

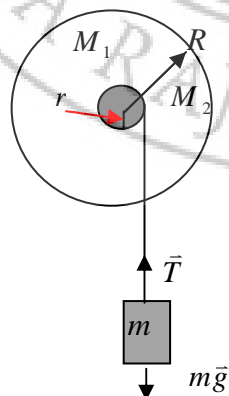
ทรงกลมตัน

$$I = \frac{2}{5} mR^2 + mL^2$$

ทรงกระบอกตัน

$$I = \frac{1}{2} mR^2 + mL^2$$

ตัวอย่าง 3.1 ระบบล้อกับเพลาประกอบด้วยล้อมวล M_1 รัศมี R ยึดติดกับเพลามวล M_2 รัศมี r ถ้าถ่วงน้ำหนักของมวล m ที่เชือกพันรอบเพลา ดังภาพ 3.3 ขนาด ความเร่งเชิงมุมของล้อและเพลาจะเป็นเท่าใด



ภาพ 3.3 ประกอบตัวอย่าง 3.1

วิธีทำ โมเมนต์ความเฉื่อยของล้อและเพลา รอบแกนหมุนคือ

$$I = \frac{1}{2} M_1 R^2 + \frac{1}{2} M_2 r^2$$

ให้ T เป็นแรงดึงในเส้นเชือก จะมีสมการการเคลื่อนที่สองสมการ คือ สมการการเคลื่อนที่เชิงเส้นของมวล m และสมการการเคลื่อนที่แบบหมุนของล้อและเพลา คือ

$$mg - T = ma \quad (1)$$

และ
$$\tau = TR = I\alpha \quad (2)$$

จากสมการ (1) จะได้ $T = mg - ma$ นำค่า T ไปแทนในสมการ (2) แล้วใช้ความสัมพันธ์ $a = \alpha R$ จะหาค่า α ได้ดังนี้

$$(mg - mR\alpha)R = I\alpha$$

$$\alpha = \frac{mgR}{I + mR^2}$$

ซึ่งสามารถหาค่าได้จากที่ $I = \frac{1}{2} M_1 R^2 + \frac{1}{2} M_2 r^2$

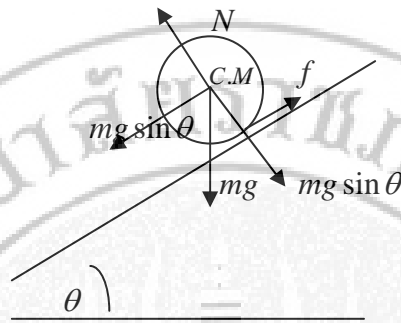
ดังนั้น ขนาดความเร่งเชิงมุมของล้อและเพลา จะมีค่าเท่ากับ $\alpha = \frac{mgR}{I + mR^2}$ โดยที่

$$I = \frac{1}{2} M_1 R^2 + \frac{1}{2} M_2 r^2$$

ตัวอย่าง 3.2 ทรงกระบอกกลวงบาง มวล m รัศมี R กลิ้งลงตามพื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระนาบระดับ โดยไม่มีการไถล จุดศูนย์กลางมวลของทรงกระบอกมีความเร่งเท่าใด

วิธีทำ เนื่องจากทุกส่วนของมวลทรงกระบอกกลวงบางจะอยู่ห่างจากแกนหมุนซึ่งผ่านศูนย์กลางมวลเท่ากันทั้งหมดและเท่ากับรัศมี R ดังนั้น โมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกระบอกกลวงบางรอบแกนหมุนดังกล่าว คือ $I = mR^2$

แรงที่กระทำต่อทรงกระบอกทรงวงบางแสดงดังภาพ 3.4



ภาพ 3.4 ประกอบตัวอย่าง 3.2

การเคลื่อนที่เชิงเส้นของ $C.M$ ตามสมการ $mg \sin \theta - f = ma$ (1)

และการหมุนรอบแกน $C.M$ ตามสมการ $\tau = fr = I\alpha$ (2)

นำค่า f จากสมการ (2) ไปแทนในสมการ (1) และอาศัยความสัมพันธ์ $a = \alpha R$ สำหรับการกลิ้งโดยไม่ไถล จะหาค่า a ได้จาก

$$mg \sin \theta - \frac{Ia}{R^2} = ma \quad \text{แล้วแทนค่า } I \text{ จะได้ } a = \frac{1}{2} g \sin \theta$$

ดังนั้นจุดศูนย์กลางมวลมีความเร่งลงตามพื้นเอียงเท่ากับ $\frac{1}{2} g \sin \theta$

ใบงานที่ 3

เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อย

รายวิชาฟิสิกส์

เวลา 40 นาที

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

จุดประสงค์

1. อธิบายความสัมพันธ์ของโมเมนต์ความเฉื่อยกับมวลของวัตถุและระยะทางกำลังสองที่มวล
ย่อยห่างจากแกนหมุนได้
2. เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุต่างชนิดกันได้
3. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับโมเมนต์ความเฉื่อยได้

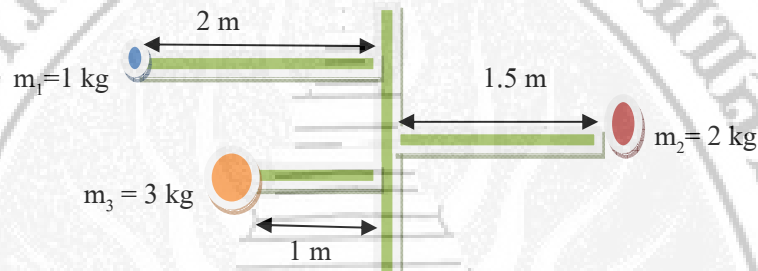
คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบายและตอบคำถามต่อไปนี้

1. อธิบายความสัมพันธ์ของโมเมนต์ความเฉื่อยกับมวลของวัตถุและระยะทางกำลังสองที่มวล
ย่อยห่างจากแกนหมุน

2. เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปทรงต่างๆ 5 ชนิด

3. ทรงกลมตันกับทรงกลมกลวง มวล 1 กิโลกรัมเท่ากัน รัศมี 30 เซนติเมตรเท่ากัน กำลัง
หมุนรอบ จุดศูนย์กลางมวล วัตถุใดมีโมเมนต์ความเฉื่อยมากกว่า และมากกว่าอยู่เท่าใด

4. มวลค่าต่าง ๆ ติดกับกับเสาหมุนรอบแกนในแนวตั้งดังรูป จงหาโมเมนต์ความเฉื่อยทั้งหมด เมื่อกำหนดโมเมนต์ความเฉื่อยของเสาเท่ากับกำหนดมวลทั้งหมด 10 กิโลกรัม เมตร²



5. ทรงกลมกลวงมวล 1 กิโลกรัม รัศมี 0.3 เมตร กลิ้งไปตามพื้นราบ ด้วยแรง F ด้วยความเร็วเชิงมุม 10 เรเดียนต่อวินาที² โดยไม่ไถล แรง F ที่กระทำต่อทรงกลมนี้มีค่าเท่าใด และทอร์กที่ทำให้วัตถุนี้หมุนมีค่าเท่าใด กำหนดให้ โมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกลมกลวงเท่ากับ $\frac{2}{3}mR^2$

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา ฟิสิกส์

รหัสวิชา ว 30202

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง โมเมนตัมเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม

เวลา 3 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2554

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายโมเมนตัมเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม

3. สาระสำคัญ

การปฏิบัติกิจกรรมถือดัมเบลเหยียดแขนและหดแขนยื่นบนแป้นหมุน แล้วหมุน นำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของโมเมนตัมเชิงมุม และความสัมพันธ์ของโมเมนต์ความเฉื่อยกับความเร็วเชิงมุม สำหรับการวิเคราะห์ทอร์กกับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม สามารถใช้ในการอธิบายความหมายกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม จากความรู้ ความเข้าใจดังกล่าว ทำให้สามารถนำความรู้เรื่องกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม ทอร์กไปคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องและนำไปอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันเช่น การหมุนของนักสเกตน้ำแข็ง และลูกข่างโรสโคปได้

4. สาระการเรียนรู้

4.1 โมเมนตัมเชิงมุม (angular momentum) เป็นโมเมนตัมของวัตถุในขณะที่กำลังเคลื่อนที่แบบวงกลมหรือการหมุน มีความสัมพันธ์กับโมเมนตัมเชิงเส้นดังสมการ

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

มีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตร² ต่อวินาที (kgm^2 / s) ทิศทางหาได้จากกฎมือขวา

4.2 อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม มีค่าเท่ากับผลรวมของทอร์กเนื่องจากแรงภายนอก เขียนสมการเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\vec{\tau}_{\text{รวม}} = \sum_{i=1}^n \vec{\tau}_i = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$$

4.3 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม (Law of conservation of angular momentum) คือ เมื่อทอร์กหรือผลรวมทอร์กเนื่องจากแรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุที่กำลังหมุนเท่ากับศูนย์ ทำให้ความเร็วเชิงมุมของวัตถุมีค่าคงตัวจะได้

$$\vec{L}_1 = \vec{L}_2$$

$$I_1 \vec{\omega}_1 = I_2 \vec{\omega}_2$$

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

5.1 ด้านความรู้

5.1.1 อธิบายความหมายของโมเมนตัมเชิงมุม ตามสมการ $\vec{L} = I\vec{\omega}$ ได้

5.1.2 อธิบายความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุม ตามสมการ $\vec{\tau} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$ ได้

5.1.3 อธิบายได้ว่าขณะที่วัตถุกำลังหมุน ผลรวมของทอร์กที่กระทำกับวัตถุนั้นมีค่าเป็นศูนย์วัตถุนั้นจะหมุนแบบมีโมเมนตัมเชิงมุมคงตัว ซึ่งจะนำไปสู่กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม

5.1.4 นำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม ไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และใช้อธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้

5.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ

5.2.1 ทดลองตรวจสอบเกี่ยวกับโมเมนตัมเชิงมุมได้

5.2.2 นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุมได้

5.2.3 ทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์สู่การคิดทำโครงการปัญหาที่ศรัทธาแห่งการหมุน

5.3 ด้านคุณลักษณะ/เจตคติทางวิทยาศาสตร์

5.3.1 มีความความอยากรู้อยากเห็น

5.3.2 มีความรับผิดชอบและเพียรพยายามการทำงาน

5.3.3 มีเหตุผล

5.3.4 มีความซื่อสัตย์

5.3.5 มีความใจกว้าง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <p>1.1 ครูซักถามนักเรียนเพื่อทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อยและอัตราเร็วเชิงมุม</p> <p>1.2 ครูให้นักเรียนสาธิตการทำกิจกรรมโดยให้นักเรียนยืนบนแป้นหมุนสำหรับออกกำลังกาย ถือดัมเบลกลางแขนทั้งสองข้าง ให้เพื่อนหมุนแป้นหมุนจนมีความเร็วพอประมาณจึงปล่อย แล้วหุบแขนแนบชิดลำตัว</p> <p>1.3 ครูตั้งคำถามว่าความเร็วของผู้ที่ยืนบนแป้นหมุนหลังจากหอดมือแนบชิดลำตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร และเป็นเพราะเหตุใด</p> <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <p>2.1 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนทบทวนความหมายของโมเมนต์เชิงเส้น</p> <p>2.2 ครูให้นักเรียนศึกษาความหมายและสมการของโมเมนต์เชิงมุมที่เป็นเวกเตอร์ จากใบความรู้ที่ 4.1</p> <p>2.3 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนทบทวนความหมายของทอร์ก</p> <p>2.4 ให้นักเรียนศึกษาความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์เชิงมุม จากใบความรู้ที่ 4.2 เพื่อเชื่อมโยงไปสู่กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม</p>	<p>1. ขั้นสร้างประสบการณ์</p> <p>1.1 ครูให้นักเรียนจินตนาการว่าตนเองกำลังถือดัมเบลยืนอยู่บนแป้นหมุนสำหรับออกกำลังกาย</p> <p>1.2 ครูให้นักเรียนจินตนาการว่ากำลังหมุนตัวบนแป้นหมุน โดยในตอนแรกถือดัมเบลกลางแขนทั้งสองข้าง แล้วหมุนแป้นหมุนจนมีความเร็วพอประมาณ และต่อมาหุบแขนเข้าแนบชิดลำตัว</p> <p>1.3 ครูให้นักเรียนช่วยกันเขียนกิจกรรมหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการหมุนที่มีลักษณะคล้ายกับการถือดัมเบลแล้วหมุนบนแป้นหมุน (นักเรียนเล่นสเก็ตน้ำแข็ง คนนั่งบนเก้าอี้หมุนลูกข่างใจโรสโคป เป็นต้น)</p> <p>2. ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์</p> <p>ครูให้นักเรียนอภิปรายและวิเคราะห์กับสมาชิกในกลุ่ม เกี่ยวกับการหมุนตัวบนแป้นหมุน โดยในตอนแรกถือดัมเบลกลางแขนทั้งสองข้าง แล้วหมุนแป้นหมุนจนมีความเร็วพอประมาณ และต่อมาหุบแขนเข้าแนบชิดลำตัวลำตัวว่าความเร็ว ในการหมุนรอบตัวเองจะเป็นเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร</p> <p>3. ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบยอด</p>

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>3.1 ให้นักเรียนนำความรู้ที่ศึกษาจากใบความรู้ที่ 4.1 และ 4.2 มาสรุปเป็นความคิดรวบยอด ตามความเข้าใจของนักเรียนเอง</p> <p>3.2 สุ่มตัวแทนนักเรียนนำเสนอความรู้ที่ได้หน้าชั้นเรียน 3.3 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียน ในเรื่อง ความหมายของโมเมนตัมเชิงมุม, ความสัมพันธ์ ของทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม</p> <p>4. ชั้นขยายความรู้</p> <p>4.1 ครูอธิบายการนำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม มาใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่แบบหมุนในกิจกรรมต่างๆ เช่น การหมุนตัวของนักเล่นสเกตน้ำแข็ง ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย</p> <p>4.2 ครูใช้คำถามทบทวนการสาธิตการทำกิจกรรมโดยให้นักเรียนยืนบนแป้นหมุนสำหรับออกกำลังกาย ถือดัมเบลเหยียดแขนทั้งสองข้าง แล้วหมุนแป้นหมุนจนมีความเร็วพอประมาณแล้วหดแขนแนบชิดลำตัวว่าความเร็วของผู้ที่ยืนบนแป้นหมุนหลังจากหอดมือแนบชิดลำตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร และเป็นเพราะเหตุใด</p> <p>4.3 ครูใช้ตัวอย่างการนำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้ในการคำนวณ หาดตราเร็วเชิงมุม ตามใบความรู้ที่ 4.3</p> <p>4.4 ให้นักเรียนฝึกทักษะการแก้ปัญหา โจทย์ฟิสิกส์การนำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เชิงมุมไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องในใบงานที่ 4.1</p>	<p>3.1 ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอเกี่ยวกับการหมุนตัวบนแป้นหมุน โดยในตอนแรกถือดัมเบลกางแขนทั้งสองข้างแล้วหมุนแป้นหมุนจนมีความเร็วพอประมาณและต่อมาหุบแขนเข้าแนบชิดลำตัว</p> <p>3.2 ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบสิ่งที่นักเรียนจินตนาการไว้กับการสังเกตจากวิดีโอแล้วปรับความคิดใหม่</p> <p>4. ชั้นพัฒนาทฤษฎีและความคิดรวบยอด</p> <p>4.1 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนทบทวนความหมายของโมเมนตัมเชิงเส้น</p> <p>4.2 ให้นักเรียนศึกษาความหมายและสมการของโมเมนตัมเชิงมุมที่เป็นเวกเตอร์จากใบความรู้ที่ 4.1</p> <p>4.3 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนทบทวนความหมายของทอร์ก</p> <p>4.4 ให้นักเรียนศึกษาความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุม จากใบความรู้ที่ 4.2 เพื่อเชื่อมโยงไปสู่กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม</p> <p>4.5 ครูใช้ตัวอย่างการนำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมไปใช้ในการคำนวณ หาดตราเร็วเชิงมุม ตามใบความรู้ที่ 4.3</p> <p>5. ชั้นปฏิบัติตามความคิดรวบยอด</p> <p>5.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยยืนบนแป้นหมุนสำหรับออกกำลังกายถือดัมเบลกางแขนทั้งสองข้าง แล้วหมุนแป้นหมุนจนมีความเร็วพอประมาณแล้วหุบแขนแนบชิดลำตัวเพื่อตรวจสอบความคิด</p> <p>5.2 ให้นักเรียนฝึกทักษะการแก้ปัญหา</p>

4.5 ให้นักเรียนศึกษาการนำกฎการอนุรักษ	โจทย์ฟิสิกส์เรื่องการนำกฎการอนุรักษ
แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>โมเมนตัมเชิงมุมไปใช้ในสถานการณ์หรือชีวิตประจำวัน เช่น การหมุนควงของลูกข่างโรสโคป การหมุนของใบพัดของเรือในน้ำ การหมุนของใบพัดของเฮลิคอปเตอร์ในอากาศ หรือการหมุนของล้อส่งกำลังของรถยนต์ เป็นต้นว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการหมุนเพื่อนำไปคิดหัวข้อในการทำโครงการปัญหามหัตศจรยแห่งการหมุนในคาบถัดไป</p> <p>5. ชั้นประเมิน</p> <p>5.1 ประเมินด้านความรู้จากการทำใบงาน</p> <p>5.2 ประเมินด้านกระบวนการเรียนรู้จากการทดลอง</p> <p>5.3 ประเมินด้านคุณลักษณะจากการสังเกตพฤติกรรม</p>	<p>โมเมนตัมเชิงมุมไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องในใบงานที่ 4.1</p> <p>5.3 ให้นักเรียนศึกษาการนำกฎการอนุรักษโมเมนตัมเชิงมุมไปใช้ในสถานการณ์หรือชีวิตประจำวัน เช่น การหมุนควงของลูกข่างโรสโคป การหมุนของใบพัดของเรือในน้ำ การหมุนของใบพัดของเฮลิคอปเตอร์ในอากาศหรือการหมุนของล้อส่งกำลังของรถยนต์ เป็นต้นว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อ การหมุนเพื่อนำไปคิดหัวข้อในการทำโครงการปัญหามหัตศจรยแห่งการหมุน</p> <p>6. ชั้นปรับแต่งเป็นแนวคิดของตน</p> <p>นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาการนำกฎการอนุรักษโมเมนตัมเชิงมุมไปใช้ในสถานการณ์หรือชีวิตประจำวัน มาสร้างสรรค์ผลงานอาจจะใช้ชื่อเรื่อง มหัตศจรยแห่งการหมุน และเตรียมนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น วาดภาพประกอบคำบรรยาย แสดงสถานการณ์จำลอง โครงการ ฯลฯ</p> <p>7. ชั้นวิเคราะห์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้</p> <p>สมาชิกในกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ผลงานให้ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาผลงาน</p> <p>8. ชั้นแลกเปลี่ยนความรู้ของตนเองกับผู้อื่น</p> <p>นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดแสดงผลงาน ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น</p>

7. สื่อ/นวัตกรรม

ประเภทของสื่อ	รายการสื่อ
1. บุคคล	เพื่อน
2. สถานที่	ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์
3. วัตถุ/เอกสาร	1. ตั้มเบล และแป้นหมุน 2. หนังสือเรียน ฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 3. ใบความรู้ ใบงานเรื่องโมเมนตัมเชิงมุม ความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุม และกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัมเชิงมุม 4. คลิปวิดีโอการหมุนตัวบนแป้นหมุน

8. การประเมินผลการเรียนรู้

8.1 วิธีวัดและเครื่องมือวัด

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด
ด้านความรู้	- ตรวจสอบงาน เรื่องโมเมนตัมเชิงมุม ความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม - ตรวจสอบผลงาน	- แบบตรวจสอบงาน - แบบตรวจผลงาน
ด้านทักษะกระบวนการ	- สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลอง	แบบสังเกตพฤติกรรมการทดลอง
ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม

8.2 เกณฑ์การประเมิน

- 8.2.1 ใบงาน 5 คะแนน (รายละเอียดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 100)
8.2.2 ชิ้นงาน/ผลงาน 5 คะแนน (รายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 100)
8.2.3 กระบวนการเรียนรู้จากการทดลอง (รายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

หน้า 101)

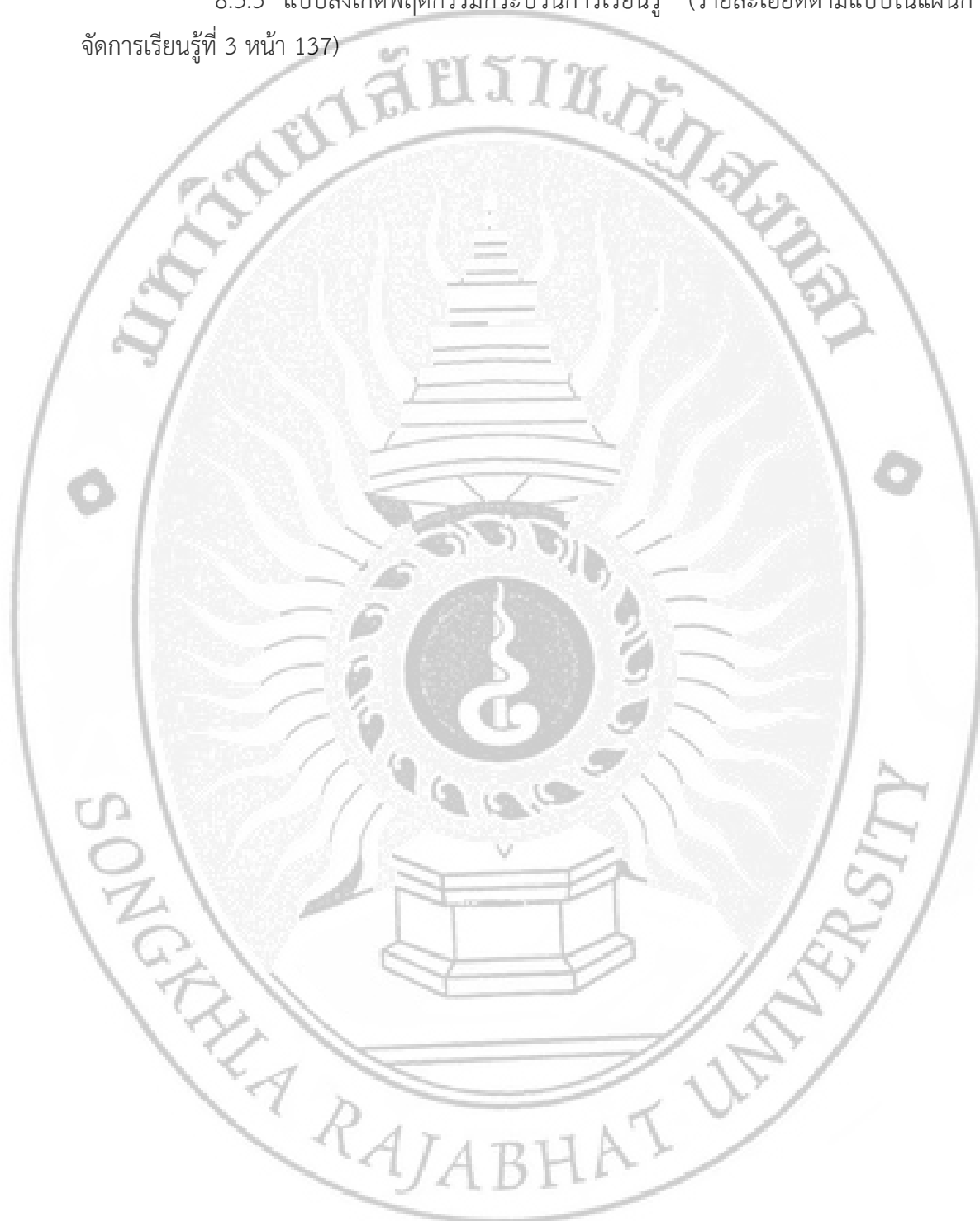
- 8.2.4 คุณลักษณะ (รายละเอียดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 102)

8.3 เครื่องมือวัด

8.3.1 แบบตรวจใบงานเรื่อง ทอร์กกับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 103)

8.3.2 แบบตรวจผลงาน (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 104)

8.3.3 แบบสังเกตพฤติกรรมกระบวนการเรียนรู้ (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 หน้า 137)



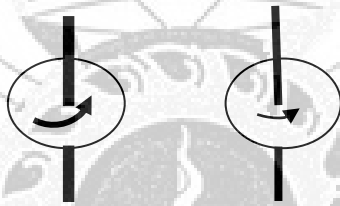
ใบความรู้ 4.1

เรื่อง โมเมนตัมเชิงมุม

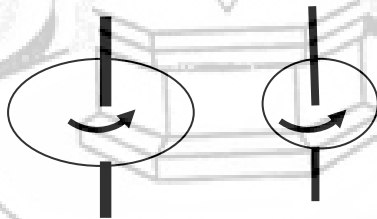
โมเมนตัมเชิงมุม(Angular momentum) คือ ผลคูณระหว่างโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร็วเชิงมุมของวัตถุ เป็นปริมาตรเวกเตอร์ มีทิศเดียวกับทิศความเร็วเชิงมุม มีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตร²/วินาที เขียนแทนด้วย \vec{L}

ในการเคลื่อนที่แบบหมุนทอร์กที่กระทำต่อวัตถุที่เป็นอนุภาคเดี่ยวหรือวัตถุที่ประกอบด้วยหลายๆ อนุภาค เช่นเดียวกัน คือเป็นไปตามสมการ $\tau = I\alpha$

ในกรณีนี้จะได้ศึกษาทอร์กที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมเชิงมุมดังนี้



ก. แสดงมวลและรัศมีเท่ากัน แต่หมุนด้วย ω ต่างกัน



ข. แสดงการหมุนด้วย ω เท่ากันแต่มีมวลหรือรัศมีต่างกัน

ภาพ 4.1 แสดงการหมุนของแผ่นกระดาษ

จากภาพ 4.1 ถ้าทำการทดลองโดยใช้แผ่นกระดาษกลมทั้งสองที่มีมวลเท่ากัน ถูกป้อนให้มีความเร็วเชิงมุมเท่ากัน แต่เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เท่ากัน (โมเมนต์ความเฉื่อยไม่เท่ากัน) แผ่นกระดาษวงกลมที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยมาก จะรักษาสภาพการหมุนได้นานกว่า

ภาพ 4.1 ก และ ข เป็นการทดลองหมุนแผ่นกระดาษวงกลมรอบแกนหมุนที่ผ่านจุดศูนย์กลางของแผ่นกระดาษ

จากภาพ 4.1 ก ถ้าทำการทดลองโดยใช้แผ่นกระดาษกลมทั้งสองมวลเท่ากัน รัศมีเท่ากันถูกปั่นให้มีความเร็วเชิงมุมไม่เท่ากัน แผ่นกระดาษวงกลมที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุมากกว่า (หรือมีความเร็วเชิงมุมมากกว่า) จะรักษาสภาพการหมุนได้นานกว่า

จากภาพ 4.2 ข ถ้าทำการทดลองโดยนำแผ่นกระดาษกลม 2 แผ่น ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน แต่ทำให้มวลไม่เท่ากัน นำดินสอเสียบที่จุดศูนย์กลาง แล้วใช้มือปั่น ทำให้แผ่นวงกลมหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมค่าหนึ่งเท่ากัน สังเกตการหมุน จะพบว่า ถ้าแผ่นกระดาษกลมทั้งสองหมุนด้วยความเฉื่อยมาก จะใช้เวลามากในการหมุนจนหยุดนิ่ง นั่นคือ มีการรักษาสภาพการหมุนไว้ได้นาน

สรุปได้ว่า การรักษาสภาพการหมุนของวัตถุขึ้นอยู่กับความเร็วเชิงมุม และโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ ปริมาณที่ใช้บอกรักษาสภาพการหมุนของวัตถุ เรียกว่า โมเมนต์เชิงมุม วัตถุใดมีโมเมนต์เชิงมุมมากกว่าจะรักษาสภาพการหมุนได้นานกว่า ดังสมการ (4.1)

$$\vec{L} = I\vec{\omega} \quad (4.1)$$

\vec{L} เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศเดียวกับทิศของความเร็วเชิงมุม มีหน่วยเป็น กิโลกรัม.เมตร²ต่อวินาที

I เป็นโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ มีหน่วย เป็น กิโลกรัม.เมตร²

$\vec{\omega}$ เป็นความเร็วเชิงมุมของวัตถุ มีหน่วย เป็น เรเดียนต่อวินาที

ถ้าวัตถุหมุนรอบแกนหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ วัตถุจะมีโมเมนต์เชิงมุมคงที่ นั่นคือ ไม่มีทอร์กมากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะมีความเร่งเชิงมุมเป็นศูนย์

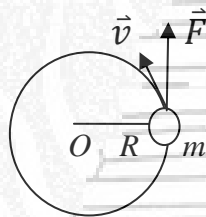
แต่ถ้าวัตถุหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมไม่คงที่ โมเมนต์เชิงมุมของวัตถุนั้นจะมีค่าเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากมีทอร์กมากระทำต่อวัตถุ

ตัวอย่างในชีวิตประจำวัน เช่น

1. นักบิลเลียด สามารถหมุนตัวอยู่บนปลายเท้าข้างเดียวได้ เนื่องจาก การหมุนของนักบิลเลียดจะมีโมเมนต์เชิงมุมอยู่ในแนวแกนหมุนของนักบิลเลียด โมเมนต์เชิงมุมนี้มีค่าสูงพอที่จะทำให้ นักบิลเลียดไม่ล้ม เพราะต้องมีทอร์กมากระทำทำให้โมเมนต์เชิงมุมเปลี่ยนแปลง สามารถตั้งตรงอยู่ได้นานโดยไม่ล้ม เมื่อเทียบกับอยู่นิ่ง ซึ่งไม่มีโมเมนต์เชิงมุมจึงล้มได้ง่าย

2. คนขี่จักรยานที่กำลังเคลื่อนที่ จะทรงตัวได้ดีกว่าขี่จักรยานที่อยู่นิ่ง เพราะรถที่กำลังเคลื่อนที่ จะมีขนาดโมเมนต์เชิงมุมมากกว่ารถที่อยู่นิ่ง ($L = I\omega$)

จากการศึกษา เมื่อมีทอร์กมากกระทำกับอนุภาคมวล m ติดอยู่กับปลายแท่งวัตถุเล็กเบาๆ ยาว R ถูกทำให้เคลื่อนที่ในแนววงกลมรอบจุด O บนพื้นที่มีความเสียดทานน้อยมาก โดยมีความเร็วเชิงเส้นเป็น v และมีความเร็วเชิงมุมเป็น ω ดังภาพ 4.2



ภาพ 4.2 วัตถุมวล m เคลื่อนที่ในแนววงกลม

จาก
$$L = I\omega$$

เนื่องจาก
$$I = mR^2 \quad \text{และ} \quad v = \omega R$$

ดังนั้น
$$L = (mR^2) \left(\frac{v}{R} \right) = mvR$$

จะพบว่า ผลคูณของ mv กับ R คือโมเมนต์ของโมเมนตัมเชิงเส้น

ดังนั้น โมเมนตัมเชิงมุม มีค่าเท่ากับ โมเมนต์ของโมเมนตัมเชิงเส้น ดังสมการ (4.2)

$$\vec{L} = I\vec{\omega} = m\vec{v} = m\vec{v}R \quad (4.2)$$

ใบความรู้ 4.2

เรื่อง ทอร์กกับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม

พิจารณาการเคลื่อนที่แบบหมุนเมื่อมีทอร์ก ($\bar{\tau}$) ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะมีความเร่งเชิงมุม ($\bar{\alpha}$) ทำให้ความเร็วเชิงมุม ($\bar{\omega}$) เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะทำให้โมเมนตัมเชิงมุม (\bar{L}) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จาก
$$\bar{\tau} = I\bar{\alpha} \quad (4.3)$$

นำ
$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta\bar{\omega}}{\Delta t}$$
 แทนในสมการ (4.3) จะได้

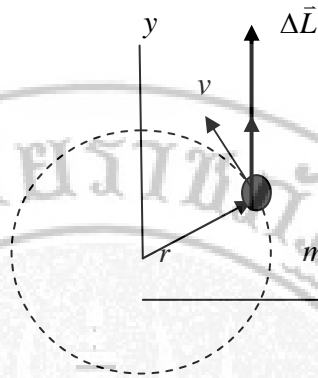
$$\bar{\tau} = I \frac{\Delta\bar{\omega}}{\Delta t}$$

เมื่อ I คงตัว จะได้

$$\bar{\tau} = \frac{\Delta(I\bar{\omega})}{\Delta t}$$

หรือ
$$\bar{\tau} = \frac{\Delta\bar{L}}{\Delta t} \quad (4.4)$$

จากสมการ (4.4) ที่ได้กล่าวได้ว่า ทอร์ก มีค่าเท่ากับ อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงมุม หมายความว่า ถ้ามีทอร์กไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ วัตถุนั้นจะมีการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม โดยอาจมีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงหรือเปลี่ยนทิศซึ่งขึ้นอยู่กับทอร์กที่มากระทำ ดังภาพ 4.2



ภาพ 4.2 ทิศของทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุมที่เปลี่ยนไป

ในหัวข้อนี้ จะพิจารณาเฉพาะกรณีที่วัตถุหมุนรอบแกนคงตัว มีทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุมอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันเท่านั้น แต่อาจจะมิติศเดียวกันหรือสวนทางกันก็ได้ ในกรณีทิศเดียวกันวัตถุจะหมุนเร็วขึ้น แต่ถ้าทิศตรงข้ามกันจะหมุนช้าลง

ใบความรู้ 4.3

เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม (Law of conservation of angular momentum)

พิจารณาจากสมการ (4.4)
$$\vec{\tau} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$$

เมื่อมี $\vec{\tau}_1, \vec{\tau}_2, \dots, \vec{\tau}_n$ มากระทำต่อวัตถุจะสรุปได้ว่า

$$\vec{\tau}_{\text{รวม}} = \sum_{i=1}^n \vec{\tau}_i = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t} \quad (4.5)$$

จากสมการ (4.5) กล่าวได้ว่า ผลรวมของทอร์กเนื่องจากแรงภายนอกมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม แต่ถ้าทอร์กหรือผลรวมของทอร์กที่กระทำต่อวัตถุที่กำลังหมุนมีค่าเป็นศูนย์ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงมุมจะมีค่าเป็นศูนย์ด้วย หรือวัตถุจะมีโมเมนตัมเชิงมุมคงที่จะได้ ดังนี้

$$\vec{\tau}_{\text{รวม}} = \sum_{i=1}^n \vec{\tau}_i = 0$$

หรือ

$$\frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t} = 0$$

$$\Delta L = 0$$

นั่นคือ

$$\vec{L}_1 = \vec{L}_2 \quad (4.6)$$

จากสมการ (4.6) สรุปได้ว่า ถ้าทอร์กหรือผลรวมของทอร์กเนื่องจากแรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุที่กำลังหมุนเท่ากับศูนย์ ทำให้โมเมนตัมเชิงมุมของวัตถุมีค่าคงตัว เรียกความสัมพันธ์นี้ว่ากฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม

พิจารณาจากสมการ (4.6) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2 \quad (4.7)$$

หรือ
$$mR_1^2\omega_1 = mR_2^2\omega_2 \quad (4.8)$$

ตัวอย่างการใช้กฎอนุรักษ์โมเมนตัมในชีวิตประจำวัน อธิบาย เช่น

1. นักสเก็ตน้ำแข็งหมุนตัวบนลานน้ำแข็ง ในตอนแรกหมุนตัวโดยกางแขนและขาด้วยความเร็วเชิงมุมค่าหนึ่ง ต่อมาเขาหุบแขนและขาไว้ข้างลำตัว ปรากฏว่าตัวเขามีการหมุนรอบตัวเองเร็วขึ้นแสดงว่าความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายตามสมการ (4.6), (4.7) และ (4.8) ได้ว่า เมื่อนักสเก็ตหุบแขนและขาลงระยะกระจายของมวลรอบแกนหมุนน้อยลง ทำให้โมเมนต์ความเฉื่อยน้อยลง โดยโมเมนตัมเชิงมุมยังคงเท่าเดิม จึงทำให้ค่าความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้น

2. การหมุนของล้อจักรยานที่มีเชือกผูกแกนกลาง ปกติจะวางตัวในแนวราบ แต่เมื่อหมุนแล้วโดยจับเชือกแทนล้อจะตั้งในแนวตั้งได้ เนื่องจาก เมื่อไม่มีทอร์กกระทำต่อล้อ ล้อจะหมุนด้วยโมเมนตัมเชิงมุมคงที่

3. สาเหตุที่บูมเมอแรงเคลื่อนที่กลับมาที่เดิมได้ เนื่องจาก เมื่อไม่มีทอร์กกระทำต่อบูมเมอแรงซึ่งทำให้บูมเมอแรงหมุนด้วยขนาดโมเมนตัมเชิงมุมคงที่ นั่นคือ $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$ โดยขณะที่หมุนจะมีขนาดความเร็วเชิงมุมเปลี่ยนไป เนื่องจากทิศการหมุนเปลี่ยนไป ทำให้แกนหมุนของบูมเมอแรงเปลี่ยนไปเนื่องจากรูปทรงและรูปร่างของบูมเมอแรงที่มีการกระจายของมวล จึงสามารถหมุนกลับมาได้

ตัวอย่างที่ 4.1 นักยิมนาสติกคนหนึ่งมีโมเมนต์ความเฉื่อย 0.3 กิโลกรัม เมตร² ออกแรงหมุนตัวเองในแนวตั้ง จากจุดหยุดนิ่งจนมีความเร็วเชิงมุม 100 เรเดียนต่อวินาที ภายในเวลา 10 วินาที จงหาขนาดของทอร์กที่กระทำต่อนักยิมนาสติกคนนี้

วิธีทำ โจทย์ต้องการหา τ

กำหนด

$$I = 0.3 \text{ kgm}^2$$

$$\omega_1 = 0$$

$$\omega_2 = 100 \text{ rad/s}$$

$$\Delta t = 10 \text{ s}$$

จาก

$$\tau = I\alpha = I \left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t} \right)$$

แทนค่า จะได้

$$\tau = (0.3 \text{ kgm}^2) \frac{(100 \text{ rad/s}) - (0)}{10 \text{ s}} = 3 \text{ N}$$

ดังนั้นทอร์กที่กระทำต่อนักยิมนาสติกมีค่าเท่ากับ 3 นิวตัน

ตัวอย่างที่ 4.2 นักสเก็ตน้ำแข็งคนหนึ่งหมุนตัวบนลานน้ำแข็ง ในตอนแรกเขาหมุนตัวโดยกางแขนห่างจากลำตัว 1 เมตร ด้วยความเร็วเชิงมุม 6 เรเดียนต่อวินาที ต่อมาเขาหุบแขนเข้าหาลำตัวห่างจากลำตัว 0.2 เมตร ความเร็วเชิงมุมของการหมุนตัวของนักสเก็ตน้ำแข็งมีขนาดเป็นเท่าใด

วิธีทำ โจทย์ต้องการหา ω_2
เมื่อกำหนด

$$R_1 = 1 \text{ m}$$

$$\omega_1 = 6 \text{ rad/s}$$

$$R_2 = 0.2 \text{ s}$$

จากสมการ (4.8) จะได้

$$mR_1^2 \omega_1 = mR_2^2 \omega_2$$

แทนค่า

$$m(1m)^2(6rad/s) = m(0.2m)^2 \omega_2$$

$$\omega_2 = \frac{6}{0.04} = 150 \text{ rad/s}$$

ดังนั้นความเร็วเชิงมุมของการหมุนตัวของนักสเก็ตน้ำแข็งขณะหุบแขนเข้าหาลำตัวมีขนาด 150 เรเดียนต่อวินาที



ใบงานที่ 4.1

เรื่อง โมเมนตัมเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม

จุดประสงค์

1. อธิบายความหมายของโมเมนตัมเชิงมุม ตามสมการ $\vec{L} = I\vec{\omega}$ ได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุม ตามสมการ $\vec{\tau} = \frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}$ ได้
3. อธิบายได้ว่าขณะที่วัตถุกำลังหมุน ผลรวมของทอร์กที่กระทำกับวัตถุนั้นมีค่าเป็นศูนย์วัตถุนั้นจะหมุนแบบมีโมเมนตัมเชิงมุมคงตัว ซึ่งจะนำไปสู่กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม
4. นำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม ไปคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและใช้อธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบายและตอบคำถามต่อไปนี้

1. อธิบายความหมาย สัญลักษณ์ สูตร หน่วย ของโมเมนตัมเชิงมุม

.....

.....

2. ถ้าประชากรทั้งหมดบนโลก อพยพไปอยู่ที่บริเวณขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ เวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองครบหนึ่งรอบ จะเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

.....

.....

3. อธิบายความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนตัมเชิงมุม

.....

.....

4. เมื่อทอร์กัลฟ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ ความเร็วเชิงมุมของวัตถุอาจคงตัว เพิ่มขึ้น หรือ ลดลงก็ได้ จงอธิบายในแต่ละกรณี

.....

.....

5. จงให้เหตุผลว่า ทำไมคนขี่รถจักรยานที่เคลื่อนที่จึงทรงตัวได้ดีกว่าขี่รถจักรยานที่อยู่นิ่ง

.....

.....

.....

6. วัตถุ A มีมวล 5 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกเบา ปลายอีกข้างหนึ่งของเชือกคล้องกับรอกกลมมวล 1 กิโลกรัม รัศมี 0.2 เมตร ดังรูป เมื่อปล่อยให้วัตถุ A เคลื่อนที่ลงมา 2 เมตร จงหาขนาด ความเร็วของวัตถุ A



รูป 4.4 ประกอบคำถามที่ 6

.....

.....

.....

7. ชายคนหนึ่งถือดัมเบลไว้สองมือ ยืนบนพื้นเป็นหมุนได้อย่างเสรี ไม่มีแรงเสียดทานและมีแกน หมุนอยู่ในแนวตั้ง ขณะที่เขากางแขนออก โมเมนต์ความเฉื่อยของชายคนนั้นรวมดัมเบลและ แขนเท่ากับ $2.25 \text{ กิโลกรัม เมตร}^2$ ความเร็วเชิงมุมในการหมุน 5 เรเดียนต่อวินาที ต่อมาเมื่อเขา หุบแขนทั้งสองข้างเข้าหาตัว โมเมนต์ความเฉื่อยรวมเท่ากับ $1.80 \text{ กิโลกรัม เมตร}^2$ ขนาดของ ความเร็วเชิงมุมในการหมุนขณะที่หุบแขนมีค่าเท่าใด

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา ฟิสิกส์
เรื่อง พลังงานการกลิ้ง
ภาคเรียนที่ 2

รหัสวิชา ว 30202

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เวลา 4 ชั่วโมง
ปีการศึกษา 2554

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา

2. ผลการเรียนรู้

สำรวจ ตรวจสอบ วิเคราะห์ และอธิบาย พลังงานการกลิ้ง ตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง

3. สาระสำคัญ

จากการศึกษาสถานการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีทั้งการเลื่อนที่และการหมุน หรือเรียกว่า การกลิ้ง โดยในการหมุนของวัตถุ มวลย่อยของวัตถุแต่ละมวลจะมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากันและเท่ากับความเร็วเชิงมุมของวัตถุ เป็นพลังงานจลน์ของวัตถุเนื่องจากการหมุน ซึ่งขึ้นอยู่กับโมเมนต์ความเฉื่อย และความเร็วเชิงมุมของวัตถุ สำหรับการกลิ้งของวัตถุจะมีพลังงานจลน์ทั้งหมดเป็นพลังงานจลน์ของการเลื่อนที่ของศูนย์กลางมวล และพลังงานจลน์ของการหมุนรอบจุดศูนย์กลาง

มวล เรียกว่า พลังงานการก่ิ่ง จากความรู้ ความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวทำให้ สามารถนำไปคำนวณหา ปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

4. สารการเรียนรู้

พลังงานการก่ิ่ง

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

5.1 ด้านความรู้

5.1.1 อธิบายความหมายพลังงานจลน์ของการหมุนได้

5.1.2 อธิบายพลังงานของการก่ิ่งได้

5.1.3 คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับก่ิ่งได้

5.2 ด้านทักษะกระบวนการ

5.2.1 สืบค้น เกี่ยวกับ พลังงานการก่ิ่งได้

5.2.2 นำเสนอผลการสืบค้น พลังงานการก่ิ่งได้

5.3 ด้านคุณลักษณะ/เจตคติทางวิทยาศาสตร์

5.3.1 มีความความอยากรู้อยากเห็น

5.3.2 มีความรับผิดชอบและเพียรพยายามการทำงาน

5.3.3 มีเหตุผล

5.3.4 มีความซื่อสัตย์

5.3.5 มีความใจกว้าง



6. กิจกรรมการเรียนรู้

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <p>1.1 ครูยกสถานการณ์การเคลื่อนที่ ที่มีทั้ง การเลื่อนที่และการหมุน เช่น ท่อ ทรงกระบอกกลิ้งไปตามพื้น</p> <p>1.2 ครูถามนักเรียนว่า</p> <p>1.2.1 ในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่แบบเลื่อน ที่จะมีพลังงานจลน์เป็นอย่างไร</p> $\left(E_k = \frac{1}{2}mv^2 \right)$ <p>1.2.2 แต่ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่แบบ หมุนด้วยหรือกลิ้งไปจะมีพลังงาน จลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน หรือไม่ ถ้ามีจะหาได้อย่างไร</p> <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <p>2.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน คณะความสามารถ</p> <p>2.2 ครูให้นักเรียนสาธิตการทำกิจกรรมโดย ให้นักเรียนปล่อยท่อพีวีซี ให้เคลื่อนที่ บนพื้นเอียง โดยให้มีการเคลื่อนที่ 2 ลักษณะคือ แบบกลิ้งและแบบเลื่อน</p>	<p>1. ขั้นสร้างประสบการณ์</p> <p>ครูให้นักเรียนแต่ละคนวาดภาพการกลิ้ง ของวัตถุไปตามพื้นระนาบ และพื้นเอียง หรือแล้วแต่นักเรียนจินตนาการ</p> <p>2. ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์</p> <p>2.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน คณะความสามารถ</p> <p>2.2 ครูให้นักเรียนที่เป็นตัวแทนกลุ่มนำ เสนอภาพวาด การกลิ้งของวัตถุ</p> <p>2.3 ครูถามนักเรียนเพื่ออภิปรายเกี่ยวกับ ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการการกลิ้งของ วัตถุโดยครูถามนักเรียนว่า</p> <p>2.3.1 วัตถุเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่จะมี พลังงานจลน์เป็นอย่างไร</p> $\left(E_k = \frac{1}{2}mv^2 \right)$ <p>2.3.2 แต่ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่แบบกลิ้ง จะมีพลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่ หรือไม่ถ้ามีจะหาได้อย่างไร</p>

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
<p>2.3 ครูตั้งคำถามก่อนสาธิตว่าทำอย่างไรจึงจะทำให้ท่อพีวีซีมีลักษณะการเคลื่อนที่ต่างกัน และในขณะที่เคลื่อนที่ทั้งสองแบบมีพลังงานจลน์เหมือนหรือต่างกันอย่างไร</p> <p>2.4 ครูให้นักเรียนสาธิตการทำกิจกรรมและเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มต่าง ๆ ลองทำดู</p> <p>2.5 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเพิ่มเติมโดยใช้ไม้เมตร 2 อัน ไม้เมตรอันหนึ่งติดดินน้ำมันไว้ ส่วนไม้เมตรอีกอันไม่ติดดินน้ำมันวางไม้เมตรในระดับความสูงที่เท่ากัน แล้วปล่อยให้ไม้เมตรทั้งสองตกลงมาพร้อมกัน</p> <p>2.6 แล้วให้นักเรียนสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของไม้เมตร</p>	<p>3. ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบยอด</p> <p>3.1 ครูตั้งคำถามก่อนสาธิตว่าทำอย่างไรจึงจะทำให้ท่อพีวีซีมีลักษณะการเคลื่อนที่ต่างกัน และในขณะที่เคลื่อนที่ทั้งสองแบบมีพลังงานจลน์เหมือนหรือต่างกันอย่างไร</p> <p>3.2 ครูให้ นักเรียนสาธิตการทำกิจกรรมโดยให้นักเรียนปล่อยท่อพีวีซี ให้เคลื่อนที่บนพื้นเอียง โดยให้มีการเคลื่อนที่ 2 ลักษณะคือ แบบกลิ้งและแบบเลื่อน</p> <p>3.3 ครูให้นักเรียนที่เหลือสังเกตผล</p>
<p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอผลการทำกิจกรรม</p> <p>3.2 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียน</p> <p>3.3 นักเรียนสรุปผลการทดลอง</p>	<p>4. ขั้นพัฒนาทฤษฎีและความคิดรวบยอด</p> <p>4.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเพิ่มเติมโดยใช้ไม้เมตร 2 อัน ไม้เมตรอันหนึ่งติดดินน้ำมันไว้ ส่วนไม้เมตรอีกอันไม่ติดดินน้ำมัน วางไม้เมตรในระดับความสูงที่เท่ากัน แล้วปล่อยให้ไม้เมตรทั้งสองตกลงมาพร้อมกัน</p> <p>4.2 ครูให้นักเรียนสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของไม้เมตร</p> <p>4.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน</p>
<p>4. ขั้นขยายความรู้</p> <p>4.1 นักเรียนศึกษาเรื่อง พลังงานการกลิ้ง</p>	

<p>จากใบความรู้ที่ 5 และหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2</p> <p>4.2 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความเข้าใจ</p> <p>4.3 ครูยกตัวอย่างการคำนวณ หาพลังงานการกลิ้ง โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์</p> <p>4.4 นักเรียนทำใบงานที่ 5 เรื่องพลังงานการกลิ้ง</p>	<p>นำเสนอผลการทำกิจกรรม</p> <p>4.4 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียน</p> <p>4.6 นักเรียนสรุปผลการทดลอง</p> <p>4.7 นักเรียนศึกษาเรื่องพลังงานการกลิ้งตลอดจนคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากใบความรู้ที่ 5 และหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม</p> <p>4.6 ครูอธิบายเพิ่มเติมพร้อมยกตัวอย่างการคำนวณเรื่อง พลังงานการกลิ้ง</p>
<p>แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es</p>	<p>แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT</p>
<p>5. ขั้นประเมิน</p> <p>5.1 ประเมินด้านความรู้จากการทำใบงาน</p> <p>5.2 ประเมินด้านกระบวนการเรียนรู้จากการสังเกตพฤติกรรม</p> <p>5.3 ประเมินด้านคุณลักษณะจากการสังเกตพฤติกรรม</p>	<p>5. ขั้นปฏิบัติตามความคิดรวบยอด</p> <p>5.1 นักเรียนทำใบงานที่ 5 เรื่อง พลังงานการกลิ้ง</p> <p>5.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการสร้างชิ้นงานเรื่องการกลิ้ง ในรูปแผ่นชาร์ตแผ่นพับหรืออื่นๆ ตามความถนัด</p> <p>6. ขั้นปรับแต่งแนวคิดของตน</p> <p>6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างผลงาน</p> <p>6.2 ตกแต่งให้สวยงาม</p> <p>7. ขั้นวิเคราะห์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้</p> <p>นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ผลงาน ให้ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาผลงานให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวันและนำไปใช้ได้จริง</p> <p>8. ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ของตนเองกับผู้อื่น</p> <p>นักเรียนจัดแสดงผลงาน ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น</p>

7. สื่อ/นวัตกรรม

ประเภทของสื่อ	รายการสื่อ
1. บุคคล	ครูผู้สอน เพื่อน

ประเภทของสื่อ	รายการสื่อ
2. สถานที่	ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์
3. วัสดุ/เอกสาร	1. ไม้เมตร ดินน้ำมัน ท่อพีวีซี 2. หนังสือเรียน ฟิสิกส์ เพิ่มเติม 2 3. ใบความรู้และใบงาน เรื่อง พลังงานการกลิ้ง

8. การประเมินผลการเรียนรู้

8.1 วิธีวัดและเครื่องมือวัด

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด
ด้านความรู้	- ตรวจใบงาน เรื่อง พลังงานการกลิ้ง - ตรวจผลงาน	- แบบใบงาน - แบบตรวจผลงาน
ด้านทักษะกระบวนการ - กระบวนการเรียนรู้	- สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม

8.2 เกณฑ์การประเมิน

8.2.1 ใบงาน 5 คะแนน (รายละเอียดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 100)

8.2.2 ชิ้นงาน/ผลงาน 5 คะแนน (รายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 100)

8.2.3 กระบวนการเรียนรู้ (รายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 101)

8.2.4 คุณลักษณะ (รายละเอียดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 102)

8.3 เครื่องมือวัด

8.3.1 แบบตรวจใบงานเรื่องการหมุนและปริมาณที่เกี่ยวข้อง (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 103)

8.3.2 แบบตรวจผลงาน (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 104)

8.3.3 แบบสังเกตพฤติกรรมกระบวนการเรียนรู้ (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 105)

8.3.4 แบบประเมินคุณลักษณะเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 106)

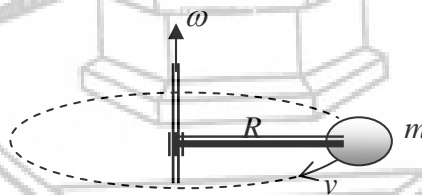
ใบความรู้ที่ 5

เรื่อง พลังงานจลน์ของการหมุนและกลิ้ง

1. พลังงานจลน์ของการหมุน

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆ เป็นวงกลมรอบแกนหมุน เรียกว่า การหมุน (Rotation) การเคลื่อนที่ของวัตถุรอบแกนหมุนนั้น ย่อมมีพลังงานในตัววัตถุนั้น พลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุรอบแกนหมุนนี้ เป็นพลังงานจลน์

กำหนดให้วัตถุมวล m เคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบแกนหมุนรัศมี R ด้วยขนาดความเร็วเชิงเส้น v มีขนาดความเร็วเชิงมุมเป็น ω ทำให้มีพลังงานจลน์รอบแกนหมุนนั้นเป็น E_k ดังภาพ 5.1



ภาพ 5.1 พลังงานจลน์ของมวล m รอบแกนหมุน

จากสูตร
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5.1)$$

เมื่อ
$$v = R\omega$$

แทนค่าในสมการ (5.1) จะได้ว่า $E_k = \frac{1}{2} mR^2 \omega^2$

เมื่อ mR^2 เป็นโมเมนต์ความเฉื่อย แทนด้วย I

จะได้ว่า $E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$ (5.2)

เมื่อ I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของการหมุน

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของการหมุน

E_k คือ พลังงานจลน์ของการหมุน มีหน่วยเป็นจูล (J)

สำหรับวัตถุรูปทรงต่างๆ โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปทรงนั้นมีค่าแตกต่างกันออกไปด้วย เช่น ถ้าเป็นแผ่นวัตถุกลม โมเมนต์ความเฉื่อยสมการเป็น $I = \frac{1}{2} mR^2$ ส่วนก้อนวัตถุที่หมุนรอบแกน โมเมนต์ความเฉื่อยเป็น $I = mR^2$ ก้อนวัตถุทรงกลมมีโมเมนต์ความเฉื่อยเป็น $I = \frac{2}{5} mR^2$ เป็นต้น

2. พลังงานการกลิ้ง

ล้อรถจักรยาน มวลของล้อซึ่งส่วนใหญ่อยู่ตรงส่วนขอบนอก หากทำให้ล้อรถจักรยาน เคลื่อนที่ไปตามพื้นราบได้ จะทำให้ล้อเคลื่อนที่ในสองลักษณะ คือ ถ้าพื้นลื่น แรงเสียดทานที่ขอบล้อกับพื้นไม่มี ล้อจะเคลื่อนที่ไปด้วยขนาดความเร็ว v โดยไม่เกิดการหมุน พลังงานที่มีในตัววัตถุนิดนี้จะมีเพียงพลังงานจลน์ E_k โดย มีพลังงานจลน์เป็น $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ ดังภาพ 5.2



ภาพ 5.2 พลังงานจลน์ ของล้อรถจักรยานบนพื้นลื่น

แต่ถ้าเป็นพื้นฝืดแล้วที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อกับพื้นจะมีแรงเสียดทาน ในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของล้อ ล้อจึงถูกกระทำให้หมุนไปรอบแกนด้วยพร้อมกับการเคลื่อนที่

การหมุนของวัตถุบนพื้นที่มีแรงเสียดทาน จะทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนตำแหน่งไปด้วย เรียกว่า การกลิ้ง (Rolling)

โดยการพิจารณากับวัตถุชิ้นหนึ่งที่เป็นแผ่นกลมมวล m รัศมี R โมเมนต์ความเฉื่อยวัตถุนี้เป็น I ถูกทำให้กลิ้งไปตามพื้นราบที่มีแรงเสียดทานโดยไม่มีการลื่นไถล หมุนไปด้วยความเร็วเชิงมุม ω จุดศูนย์กลางของมวลเคลื่อนที่ไปในแนวราบด้วยขนาดความเร็วเชิงเส้น v เกิดพลังงานการหมุนในตัววัตถุเป็น $E_{\text{หมุน}}$ และพลังงานการเปลี่ยนตำแหน่งหรือเคลื่อนที่เป็นพลังงานจลน์

$E_{\text{จลน์}}$ รวมกัน เรียกว่า พลังงานการกลิ้ง (Rolling energy) ดังภาพ 5.3



ภาพ 5.3 พลังงานการกลิ้ง

ให้ $E_{\text{กลิ้ง}}$ เป็นพลังงานการกลิ้ง

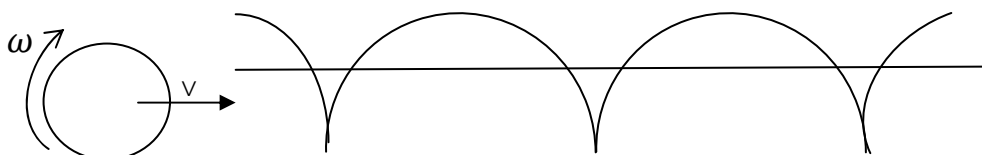
ตามหลักอนุรักษพลังงาน (Conservative of energy)

พลังงานการกลิ้ง = พลังงานการหมุน + พลังงานจลน์

$$\text{หรือ} \quad E_{\text{กลิ้ง}} = E_{\text{หมุน}} + E_{\text{จลน์}} \quad (5.3)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad E_{\text{กลิ้ง}} = \frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2 \quad (5.4)$$

จากที่ศึกษามาจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่แบบกลิ้งเป็นการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่การเคลื่อนที่ 2 แบบพร้อมๆ กันคือ การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ในแนวตรงของจุดศูนย์กลางมวล กับ การเคลื่อนที่แบบหมุนรอบจุดศูนย์กลางมวล เช่น ลูกแก้วกลิ้งบนโต๊ะ ล้อรถที่กำลังแล่นไปบนถนนราบด้วยอัตราเร็วคงที่ มีลักษณะการเคลื่อนที่ที่แกนหมุนผ่านศูนย์กลางมวล ศูนย์กลางของล้อเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่อย่างเดียวและมีความเร็วเท่ากับความเร็วของรถ แต่ถ้าพิจารณาจุดบนขอบล้อจะพบว่า มีแนวการเคลื่อนที่ ที่เป็นเส้นทางขึ้นลงระหว่างพื้นถนนกับระดับที่ห่างจากผิวถนนเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อ ดังภาพ 5.4



ภาพ 5.4 การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของล้อและการเคลื่อนที่แบบหมุนพร้อมกับการเคลื่อนที่ของจุดบนขอบล้อรถ

ถ้าวัตถุทรงกลมรัศมี R กลิ้งไปตามพื้นโดยไม่มีการไถล (Slide) ด้วยความเร็วเชิงเส้นของจุดศูนย์กลางมวล v วัตถุนั้นจะหมุนแกนที่ผ่านศูนย์กลางมวลด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω โดย $\omega = \frac{v}{R}$

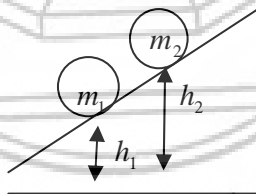
วัตถุจะกลิ้งอย่างเดียวยังไม่มีการไถล บนพื้นผิวใดๆ โดยไม่มีความเร่งได้ก็ต่อเมื่อผิวนั้นจะต้องมีความเสียดทานพอที่จะทำให้วัตถุหมุนได้

แต่ยังมีกรณีพิเศษที่วัตถุจะกลิ้งบนพื้นลื่น หรือแรงเสียดทานเป็นศูนย์ เช่น เราโยนลูกแก้วกลมให้มีความเร็วที่จุดศูนย์กลางมวล และความเร็วเชิงมุมพอเหมาะลงบนพื้นลื่น ลูกแก้วจะกลิ้งไปได้ด้วยความเร็วจุดศูนย์กลางมวล

ถ้าวัตถุกลิ้งโดยไม่มีการไถล จะได้ว่า ความเร็วของจุดศูนย์กลางมวลเท่ากับความเร็วเชิงเส้นของการหมุน

$$v_{cm} = v$$

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมก็ตาม ลักษณะของพลังงานจะเป็นไปตามกฎอนุรักษ์พลังงาน ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม พลังงานจลน์ของวัตถุก็จะมีทั้งพลังงานจลน์เชิงเส้นและเชิงมุม ตัวอย่าง เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียงตามภาพ 5.5



ภาพ 5.5 แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

จากภาพ ซึ่งเขียนสมการอนุรักษ์พลังงานได้ดังนี้

$$\sum E_1 = \sum E_2$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}I\omega_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}I\omega_2^2 + mgh_2$$

หรือใช้ความสัมพันธ์

$$E_{k2} = E_{k1} + W_{1 \rightarrow 2}$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}I\omega_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}I\omega_1^2 + mg(h_1 - h_2)$$

ตัวอย่างที่ 1 ม้าหมุนชนิดหนึ่งมีโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนหมุนในแนวตั้ง 90 กิโลกรัม เมตร² ถ้าผลึกให้หมุนรอบแกนนี้ในอัตรานาทีละ 12 รอบ จงหาพลังงานจลน์ของม้าหมุนนี้
แนวคิด ใช้สมการพลังงานของการหมุนอย่างเดียว

วิธีทำ $\omega = 2\pi f$

เมื่อ $f = \frac{12}{60} \text{ s}^{-1}$

ดังนั้น อัตราเร็วเชิงมุม $\omega = 2\pi \left(\frac{12 \text{ rad}}{60 \text{ s}} \right)$

เมื่อ $I = 90 \text{ kgm}^2$

จากสมการ $E_k = \frac{1}{2}I\omega^2$

แทนค่า $E_k = \frac{1}{2} (90 \text{ kgm}^2) \left[2\pi \left(\frac{12 \text{ rad}}{60 \text{ s}^2} \right) \right]^2$

จะได้ $E_k = 710.6 \text{ J}$

ตอบ พลังงานจลน์ของการหมุนเท่ากับ 710.6 จูล

ตัวอย่างที่ 2 คานอันหนึ่งยาว 2.6 เมตร มวล 10 กิโลกรัม มีแกนหมุนตรงกลางวางตัวอยู่แนวตั้งที่ปลายคานมีเด็กนั่งอยู่ข้างละคน แต่ละคนมวล 25 กิโลกรัม เมื่อถูกทำให้หมุนด้วยอัตรา 5 รอบ/นาที จงหา

ก. จงหาโมเมนต์ความเฉื่อยของการหมุนขณะมีเด็กนั่งที่ปลายสุดของคาน

ข. ถ้าเด็กทั้งสองคนขยับเข้าหาจุดศูนย์กลางคนละ 60 เซนติเมตร จะทำให้คานหมุน

ไปด้วยขนาดความเร็วเชิงมุมเท่าไร

ค. พลังงานจลน์การหมุนเปลี่ยนแปลงไปเท่าไร

วิธีทำ

ก. โมเมนต์ความเฉื่อยของการหมุน ขณะมีเด็กนั่งที่ปลายสุดของคาน

โดยโมเมนต์ความเฉื่อยขณะหมุน $I_{รวม} =$ โมเมนต์ความเฉื่อยของคาน +

โมเมนต์ความเฉื่อยของเด็กกรอบแกนหมุน

$$\begin{aligned} \text{โมเมนต์ความเฉื่อยของคาน } I_1 &= \frac{1}{12} ML^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 10 \times 2.6^2 \end{aligned}$$

$$= 5.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{โมเมนต์ความเฉื่อยของเด็กกรอบแกนหมุน } I_2 &= 2MR^2 \\ &= 2 \times 25 \times (1.3)^2 \end{aligned}$$

$$= 84.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$I_{รวม} = 5.6 + 84.5$$

$$= 90.1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

ตอบ โมเมนต์ความเฉื่อยของช่องการหมุน ขณะเด็กนั่งที่ปลายสุดของคาน เป็น 90.1 กิโลกรัม
· เมตร²

ข. ขนาดความเร็วเชิงมุม เมื่อเด็กทั้งสองคนขยับเข้าหาจุดศูนย์กลางคนละ 60 เซนติเมตร
ให้ ω_1, ω_2 เป็นขนาดความเร็วเชิงมุมของคานรอบแกนหมุนก่อน และหลัง

I_1, I_2 เป็นโมเมนต์ความเฉื่อยก่อน และหลังเปลี่ยนที่นั่งของเด็ก

$$I_1 = 90.1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$I_2 = 5.6 + 2 \times 25 \times (1.3 - 0.6)^2 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$= 5.6 + 24.5$$

$$= 30.1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$\omega_1 = 5 \times 2\pi / 60$$

$$= \pi / 6 \text{ rd/s}$$

ตามหลักการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม

โมเมนตัมเชิงมุมก่อน = โมเมนตัมเชิงมุมหลัง

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

$$\text{แทนค่า } 90.1 \times \pi / 6 = 30.1 \times \omega_2$$

$$\omega_2 = \pi / 2$$

$$= \frac{1}{4} \text{ รอบ/วินาที}$$

$$= \frac{1}{4} \times 60$$

$$= 15 \text{ รอบ/นาที}$$

ตอบ ขนาดความเร็วเชิงมุมเปลี่ยนเป็น 15 รอบ/นาที

ค. พลังงานจลน์การหมุนเปลี่ยนแปลงไปเท่าไร
พลังงานจลน์การหมุนขณะระบบอยู่กับที่ เป็นพลังงานการหมุน

ให้ $E_{\text{หมุนก่อน}} =$ พลังงานการหมุนก่อนเลื่อน

$E_{\text{หมุนหลัง}} =$ พลังงานการหมุนหลังการเลื่อนเข้าหาจุดหมุนของเด็ก

$$\text{โดย } E_{\text{หมุน}} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

พลังงานการหมุนเปลี่ยนไป เป็น $\Delta E_{\text{หมุน}}$

จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\Delta E_{\text{หมุน}} &= E_{\text{หมุนหลัง}} - E_{\text{หมุนก่อน}} \\ &= \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2 - \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2\end{aligned}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned}\Delta E_{\text{หมุน}} &= \frac{1}{2} \times 30.1 \times (\pi/2)^2 - \frac{1}{2} \times 90.1 \times (\pi/6)^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 30 \times (\pi/2)^2 \left(1 - 3 \times \frac{1}{9}\right) \\ &= 2.62 \pi^2 \\ &= 26.2 \text{ J}\end{aligned}$$

ตอบ พลังงานการหมุนเปลี่ยนแปลงไป 26.2 จูล

ตัวอย่างที่ 3 ปล่อยวงล้อรัศมี 40 เซนติเมตร กลิ้งลงมาจากเนิน ณ ตำแหน่งที่สูง 3.6 เมตร จงหาอัตราเร็วเชิงมุมเมื่อถึงปลายล่างเนิน

วิธีทำ

โจทย์กำหนด $r = 0.4 \text{ m}$, $h = 3.6 \text{ m}$ ต้องการหา ω

จาก $E_k(B) = E_p(A)$

$$\frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 = mgh$$

$$\frac{1}{2} m(\omega r)^2 + \frac{1}{2} (mr^2) \omega^2 = mgh$$

$$\omega = \frac{1}{r} \sqrt{gh}$$

$$= \frac{1}{4} \sqrt{10 \times 3.6}$$

ตอบ อัตราเร็วเชิงมุมเมื่อถึงปลาย่างเนินมีค่า 15 เรเดียนต่อวินาที



ใบงานที่ 5
เรื่อง พลังงานการกลิ้ง

รายวิชาฟิสิกส์ เวลา 50 นาที
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

จุดประสงค์

1. อธิบายความหมายพลังงานจลน์ของการหมุนได้
2. อธิบายพลังงานของการกลิ้งได้
3. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับกลิ้งได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบายและตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายความหมาย สมการ หน่วย ของพลังงานจลน์ของการหมุน

2. จงอธิบายความหมาย สมการ หน่วย ของพลังงานการกลิ้ง

3. แผ่นไม้กลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร มวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวตรงบนพื้นระดับมีความเร็ว
 ศูนย์กลางมวล 4 เมตรต่อวินาที จงหาพลังงานจลน์ของแผ่นไม้นี้ เมื่อ
- ก. เคลื่อนที่แบบเลื่อนที่บนพื้นเกลี้ยง(ไม่มีแรงเสียดทาน)
- ข. เคลื่อนที่แบบกลิ้งโดยไม่ไถล

.....

.....

.....

.....

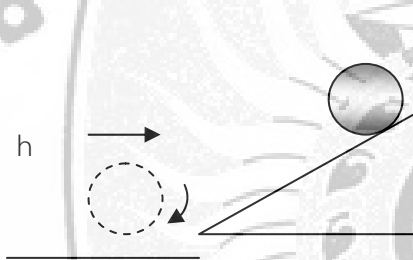
.....

.....

.....

.....

4. วัตถุทรงกลม มวล m กลิ้งไปบนพื้นราบด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที พุ่งขึ้นบนพื้น
 เอียงที่



ไม่มีแรงเสียดทาน จะขึ้นไปได้สูงสุดจากพื้นเท่าไร
 โดยโมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกลมเป็น $\frac{2}{5}$
 กิโลกรัม · เมตร²

ภาพ ประกอบคำถามข้อ 4

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. แบริ่งหมุนมีโมเมนต์ความเฉื่อย 1000 กิโลกรัม·เมตร² อัตราเร็วเชิงมุมตอนต้นเป็น 5 เรเดียนต่อ
 วินาที ต่อมาแรงเสียดทานในระบบการหมุนทำให้แบริ่งหมุนเสียพลังงานจลน์ไป 5000 จูล
 อัตราเร็วเชิงมุมจะเหลือเท่าใด

.....

.....

.....



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายวิชา ฟิสิกส์

รหัสวิชา ว 30202

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง โครงการงานปัญหาหัตถ์จรรยาการหมุน

เวลา 6 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2554

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา

2. ผลการเรียนรู้

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ ในการทำและนำเสนอ โครงการงานปัญหาหัตถ์จรรยาการหมุน

3. สาระสำคัญ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์สามารถนำมาใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหา เรื่อง การหมุนของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ตามความสนใจของนักเรียน

โดยการทำให้โครงการวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นการศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติหรือศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้การแนะนำ คำปรึกษา และการดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ และอาจใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ช่วยในการศึกษาค้นคว้าให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

การทำโครงการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ การคิดและการเลือกเรื่องที่จะทำโครงการ การวางแผนในการทำโครงการ การลงมือทำโครงการ การเขียนรายงานโครงการ และการแสดงผลงาน

4. สาระการเรียนรู้

- 4.1 ความหมายโครงการวิทยาศาสตร์
- 4.2 ประเภทโครงการวิทยาศาสตร์
- 4.3 ลำดับขั้นตอนการทำโครงการวิทยาศาสตร์

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

5.1 ด้านความรู้

- 5.1.1 ระบุปัญหาที่สนใจ และระบุเรื่องในการทำโครงการเกี่ยวกับการหมუნได้
- 5.1.2 อธิบายผลการคาดคะเนคำตอบของปัญหาได้
- 5.1.3 นำความรู้ที่ได้จากการศึกษา เขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ได้

5.2 ด้านทักษะกระบวนการ

- 5.2.1 ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก้ปัญหาที่สนใจ ได้
- 5.2.2 นำเสนอผลของโครงการได้

5.3 ด้านคุณลักษณะ/เจตคติทางวิทยาศาสตร์

- 5.3.1 มีความความอยากรู้อยากเห็น
- 5.3.2 มีความรับผิดชอบและเพียรพยายามการทำงาน
- 5.3.3 มีเหตุผล
- 5.3.4 มีความซื่อสัตย์
- 5.3.5 มีความใจกว้าง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
1. ขั้นสร้างความสนใจ 1.1 ครูสอบถามนักเรียนว่าเคยทำโครงการวิทยาศาสตร์หรือไม่ ถ้าเคยทำ ทำเรื่องอะไร มีขั้นตอนอย่างไร 1.2 ครูร่วมกับนักเรียนทบทวนความหมาย	1. ขั้นสร้างประสบการณ์ ครูให้นักเรียนวาดภาพการหมუნของวัตถุในชีวิตประจำวันที่ตนเองสนใจ 2. ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ ครูให้นักเรียนอภิปรายและวิเคราะห์ว่าวัตถุ

<p>ประเภท และขั้นตอนการทำโครงการงาน วิทยาศาสตร์จากใบความรู้ที่ 6 โครงการงาน วิทยาศาสตร์</p> <p>1.3 ครูให้นักเรียนดูข่าวนักเรียนไทยคว้า 2 รางวัลจากการประกวดโครงการในงาน Intel ISEF 2008 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา คือโครงการ การหมนของ เมล็ดหญ้า หนวดฤๅษี</p> <p>1.4 ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอ การหมนควง ของลูกข้างใจโรสโคปการหมนของใบพัด ของเรือในน้ำการหมนของใบพัดของ เฮลิคอปเตอร์ในอากาศ หรือการหมน ของล้อย่างกำลังของรถยนต์ เป็นต้น</p>	<p>ดังกล่าวหมนได้อย่างไร</p> <p>3. ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบยอด</p> <p>3.1 ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอ การหมนควง ของลูกข้างใจโรสโคปการหมนของ ใบพัดของเรือในน้ำ การหมนของใบพัด ของเฮลิคอปเตอร์ในอากาศ หรือการ หมนของล้อย่างกำลังของรถยนต์ เป็น</p> <p>3.2 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาว่า มีปัจจัย ไตบ้างที่มีผลต่อการหมน เพื่อนำไปคิด หัวข้อในการทำโครงการงานปัญหาหัตถ์จรรยั แห่งการหมน</p>
<p>แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es</p>	<p>แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT</p>
<p>1.5 ครูถามนักเรียนว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผล ต่อการหมน เพื่อนำไปคิดหัวข้อในการ ทำโครงการงานปัญหาหัตถ์จรรยั แห่งการหมน</p> <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <p>2.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน ตามความสมัครใจ</p> <p>2.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดใน การเลือกปัญหามาเป็นหัวข้อเรื่องในการ ทำโครงการงาน</p> <p>2.3 ครูให้นักเรียนวางแผนในการทำโครงการงาน โดยครูตรวจสอบและให้คำปรึกษา</p> <p>2.4 ครูให้นักเรียนลงมือทำโครงการงาน ตาม แผนที่วางไว้ อาจใช้เวลาออกตารางเรียน และให้บันทึกรายละเอียดลงในสมุดจด บันทึกรายละเอียดหรือถ่ายวิดีโอประกอบการ ทำโครงการงาน</p> <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูล จากการทำโครงการงานต่อครูหรือที่ปรึกษา โครงการงาน</p>	<p>4. ขั้นพัฒนาทฤษฎีและความคิดรวบยอด</p> <p>4.1 ครูให้นักเรียนดูข่าวนักเรียนไทยคว้า 2 รางวัลจากการประกวดโครงการในงาน Intel ISEF2008 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา คือโครงการ การหมนของเมล็ดหญ้า หนวดฤๅษี</p> <p>4.2 ครูร่วมกับนักเรียนทบทวนความหมาย ประเภท และขั้นตอนการทำโครงการงาน วิทยาศาสตร์จากใบความรู้ที่ 6โครงการงาน วิทยาศาสตร์</p> <p>4.3 ครูให้นักเรียนเขียนแผนผังความคิด เกี่ยวกับขั้นตอนการทำโครงการงาน วิทยาศาสตร์</p> <p>4.4 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มคิดหัวข้อและ เลือกเรื่องในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์</p> <p>4.5 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการ ทำโครงการงานวิทยาศาสตร์โดยครูตรวจสอบ และให้คำปรึกษา</p> <p>5. ขั้นปฏิบัติตามความคิดรวบยอด</p> <p>5.1 ครูให้นักเรียนลงมือทำโครงการงาน ตาม</p>

3.2 นักเรียนสรุป และอภิปรายผล	แผนที่วางไว้ อาจใช้เวลาออกตารางเรียน และให้บันทึกรายละเอียดลงในสมุดจดบันทึก และถ่ายรูปหรือถ่ายวิดีโอประกอบการทำโครงการ
4. ขั้ขยายความรู้	
4.1 นักเรียนเขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ ในรูปรายงาน 5 บท	5.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลจากการทำโครงการต่อครูหรือที่ปรึกษาโครงการ
4.2 นักเรียนนำผลการทำโครงการวิทยาศาสตร์ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนโดยการแสดงผลงานโครงการวิทยาศาสตร์ในรูปแบบนิทรรศการหรือรูปแบบอื่นๆ	5.3 นักเรียนสรุป และอภิปรายผล
5. ขั้ประเมิน	6. ขั้ปรับแต่งแนวคิดของตน
5.1 ประเมินด้านความรู้จากรายงานโครงการวิทยาศาสตร์	ครูให้นักเรียนเขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ ในรูปรายงาน 5 บท และจัดบอร์ดนิทรรศการเพื่อแสดงผลงาน
5.2 ประเมินด้านกระบวนการเรียนรู้ จากการสังเกตพฤติกรรม และการนำเสนอโครงการ	7. ขั้วิเคราะห์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้
แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
5.3 ประเมินด้านคุณลักษณะจากการสังเกตพฤติกรรม	นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ผลงาน ให้ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนา
	8. ขั้แลกเปลี่ยนความรู้ของตนเองกับผู้อื่น
	ครูให้นักเรียนจัดแสดงผลงาน ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น

7. สื่อ/นวัตกรรม

ประเภทของสื่อ	รายการสื่อ
1. บุคคล	เพื่อน
2. สถานที่	ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์
3. วัตถุ/เอกสาร	คลิปวิดีโอ ใบความรู้เรื่องโครงการวิทยาศาสตร์

8. การประเมินผลการเรียนรู้

8.1 วิธีวัดและเครื่องมือวัด

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด
ด้านความรู้	ตรวจผลงาน รายงานโครงการวิทยาศาสตร์	แบบประเมินผลงาน

ด้านทักษะกระบวนการ - กระบวนการเรียนรู้	- สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม

8.2 เกณฑ์การประเมิน

8.2.1 ผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
1. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	
- โครงงานคล้ายคลึงกับสิ่งที่เคยทำมาแล้ว	1
- โครงงานบางส่วนมีความแปลกใหม่จากโครงงานที่ผู้ทำมาแล้ว	2
- โครงงานแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มหรือการทดลองที่แตกต่างจากผู้อื่น	3
- โครงงานแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มหรือการทดลองที่แตกต่างจากผู้อื่น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้	4

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
2. การกำหนดปัญหาและการตั้งสมมติฐาน	
- สมมติฐานไม่สอดคล้องกับปัญหาแต่ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1
- สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา แต่มีการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ขัดแย้งกับหลักการ	2
- สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามแต่ยังไม่ชัดเจน	3
- สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามอย่างชัดเจนและมีทฤษฎีรองรับ	4
3. ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่สะท้อนที่มาของปัญหาโครงงาน	
- มีการศึกษาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1
- มีการศึกษาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพียงบางส่วน	2
- มีการศึกษาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แต่ยังไม่ครอบคลุม	3
- มีการศึกษาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาชัดเจนและครอบคลุม	4
4. การออกแบบการทดลอง	
- สอดคล้องกับสมมติฐานแต่ไม่มีการควบคุมตัวแปร	1
- สอดคล้องกับสมมติฐานและมีการควบคุมตัวแปรบางส่วน	2
- สอดคล้องกับสมมติฐานและมีการควบคุมตัวแปรได้สมบูรณ์	3

- สอดคล้องกับสมมติฐานและมีการควบคุมตัวแปรได้สมบูรณ์ และมีแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล	4
5. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	
- เลือกใช้อุปกรณ์ไม่เหมาะสม	1
- เลือกใช้อุปกรณ์ถูกต้องบางส่วน	2
- เลือกใช้อุปกรณ์ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
- เลือกใช้อุปกรณ์ถูกต้องและเหมาะสม	4
6. การดำเนินการทดลอง	
- ดำเนินการทดลอง มีขั้นตอนการทดลองไม่เหมาะสม	1
- ดำเนินการทดลอง มีขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้องบางส่วน	2
- ดำเนินการทดลอง มีขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
- ดำเนินการทดลอง มีขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้องครบสมบูรณ์	4

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
7. การบันทึกข้อมูล	
- ออกแบบการบันทึกข้อมูล และบันทึกข้อมูลบางส่วนไม่ตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษา	1
- ออกแบบการบันทึกข้อมูล และบันทึกข้อมูลตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษาแต่ไม่ถูกต้อง	2
- ออกแบบการบันทึกข้อมูล และการบันทึกข้อมูลตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษาและถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	3
- ออกแบบการบันทึกข้อมูล และการบันทึกข้อมูลตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษา ถูกต้อง และครบสมบูรณ์	4
8. การจัดกระทำข้อมูล	
- มีการจัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเป็นส่วนมาก	1
- มีการจัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจนเพียงพอ	2
- มีการจัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลถูกต้องชัดเจน แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์	3
- มีการจัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลถูกต้องชัดเจน ละเอียด และครบสมบูรณ์	4
9. การแปลความหมายข้อมูลและการสรุปผลของข้อมูล	
- แปลความหมายไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่สรุปผล	1

- แปลความถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่สรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูล	2
- แปลความถูกต้องแต่สรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลบางส่วน	3
- แปลความถูกต้องและสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูล	4
10. การเขียนรายงาน	
- รูปแบบและเนื้อหาไม่ถูกต้องส่วนใหญ่	1
- รูปแบบและเนื้อหาถูกต้องบางส่วน	2
- รูปแบบและเนื้อหาถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
- รูปแบบและเนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	4
11. การนำเสนอ/จัดนิทรรศการ	
- มีการนำเสนอไม่ชัดเจนไม่เป็นขั้นตอน	1
- มีการนำเสนอบางส่วนเป็นขั้นตอนแต่ยังไม่ชัดเจน	2
- มีการนำเสนอครบทุกหัวข้อเป็นขั้นตอนหลักฐานสมบูรณ์แต่ยังไม่น่าสนใจ	3
- มีการนำเสนอครบทุกหัวข้อเป็นขั้นตอนหลักฐานสมบูรณ์การนำเสนอน่าสนใจ	4

เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพ

เกณฑ์การประเมิน/ช่วงคะแนน(ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ
38 - 44	ดีมาก
30 - 37	ดี
22 - 29	พอใช้
ต่ำกว่า 22	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ระดับคุณภาพ ดีขึ้นไป

8.2.2 กระบวนการเรียนรู้ (รายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 101)

8.2.3 คุณลักษณะ (รายละเอียดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 102)

8.3 เครื่องมือวัด

8.3.1 แบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์

แบบประเมินผลงาน เรื่อง โครงงานวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่.....โครงงานเรื่อง.....วิชา.....

คำชี้แจง ให้ผู้สอนตรวจผลงาน เรื่องโครงงานวิทยาศาสตร์ตามแบบดังต่อไปนี้โดยทำ

เครื่องหมาย ✓ ลงในตารางตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน (ดูเกณฑ์จากหน้าที่ 180)

รายการ	คะแนนที่ได้				หมายเหตุ
	1	2	3	4	
1. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					

2. การกำหนดปัญหาและการตั้งสมมติฐาน					
3. ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงประกอบการทำโครงการ					
4. การออกแบบการทดลอง					
5. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง					
6. การดำเนินการทดลอง					
7. การบันทึกข้อมูล					
8. การจัดกระทำข้อมูล					
9. การแปลความหมายข้อมูลและการสรุปผลของข้อมูล					
10. การเขียนรายงาน					
11. การนำเสนอ/จัดนิทรรศการ					

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
...../...../.....

8.3.2 แบบสังเกตพฤติกรรมกระบวนการเรียนรู้ (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 105)

8.3.3 แบบประเมินคุณลักษณะเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (รายละเอียดตามแบบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หน้า 106)

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง โครงงานวิทยาศาสตร์

1. ความหมายโครงงานวิทยาศาสตร์

โครงงานวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นใดไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้นๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้นแนะนำและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ค้นคว้า ดำเนินการ วางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน โดยทั่วไป การทำโครงงานสามารถทำได้ทุกระดับการศึกษา ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงงาน อาจเป็นโครงงานเล็กๆ ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนหรือเป็นโครงงานใหญ่ที่มีความยากและซับซ้อนขึ้นก็ได้

2. ประเภทของโครงงาน

โครงงานสามารถแบ่งตามลักษณะของกิจกรรมได้ 4 ประเภท ดังนี้

2.1 โครงงานประเภทสำรวจ

โครงงานประเภทสำรวจ เป็นโครงงานประเภทเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของปัญหาหรือสำรวจความคิดเห็น ข้อมูลที่รวบรวมได้บางอย่างอาจเป็นปัญหาที่นำไปสู่การทดลองหรือ

ค้นพบสาเหตุของปัญหาที่ต้องหาวิธีแก้ไขปรับปรุงร่วมกัน เช่น โครงการงานการสำรวจการเคลื่อนที่แบบหมุนในสวนสนุก เป็นต้น

2.2 โครงการงานประเภทการทดลอง

โครงการงานประเภทการทดลอง เป็นโครงการที่ต้องออกแบบทดลอง เพื่อการศึกษาผลการทดลองว่าเป็นไปตามที่ตั้งสมมติฐานไว้หรือไม่ โครงการงานประเภทนี้ต้องสรุปความรู้ หรือผลการทดลองเป็นหลักการหรือแนวทางการปฏิบัติไว้ เช่น โครงการงานการหมุนของหยั่งน้ำหนักถ่วง เป็นต้น

2.3 โครงการงานประเภทสิ่งประดิษฐ์

โครงการงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ เป็นโครงการที่ประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้าสู่กระบวนการปฏิบัติ โดยอาศัยเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ เพื่อประดิษฐ์ชิ้นงานใหม่ อาจเป็นของใช้เครื่องประดับจากวัสดุเหลือใช้ หรือนำวัสดุท้องถิ่นที่มีมากมายมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น โครงการงานเตาอบพลังแสงอาทิตย์ เป็นต้น

2.4 โครงการงานประเภททฤษฎี

โครงการงานประเภททฤษฎี เป็นโครงการที่มีลักษณะเป็นการหาความรู้ใหม่ โดยการรวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์จากสถิติแล้วอภิปราย หรือเป็นโครงการที่ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกิดจากข้อสงสัย อาจเป็นการนำบทเรียนมาขยายเพื่อศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมให้ได้ความรู้ในแง่มุมที่กว้างและลึกกว่าเดิม เช่น โครงการงานอธิบายอวกาศแนวใหม่ เป็นต้น

3. ขั้นตอนการทำโครงการ

การทำโครงการมีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

3.1 การคิดและการเลือกหัวเรื่อง

ผู้เรียนจะต้องคิด และเลือกหัวเรื่องของโครงการด้วยตนเองว่าอยากจะศึกษาอะไร ทำไมจึงอยากศึกษา หัวเรื่องของโครงการมักจะได้มาจากปัญหา คำถามหรือความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ของผู้เรียนเอง หัวเรื่องของโครงการควรเฉพาะเจาะจงและชัดเจน เมื่อใครได้อ่านชื่อเรื่องแล้วควรเข้าใจและรู้เรื่องว่าโครงการนี้ทำจากอะไร การกำหนดหัวเรื่องของโครงการนั้นมีแหล่งที่จะช่วยกระตุ้นให้เกิดความคิดและความสนใจหลายแหล่งด้วยกัน เช่น จากการอ่านหนังสือ เอกสาร บทความ การเยี่ยมชมสถานที่ต่างๆ การฟังบรรยายทางวิชาการ การเข้าชมนิทรรศการหรืองานประกวดโครงการทางวิทยาศาสตร์ การสนทนากับบุคคลต่างๆ หรือจากการสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ รอบตัว เป็นต้น นอกจากนี้ ควรคำนึงถึงประเด็นต่อไปนี้

- ความเหมาะสมของระดับความรู้ ความสามารถของผู้เรียน
- วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้
- งบประมาณ
- ระยะเวลา
- ความปลอดภัย
- แหล่งความรู้

3.2 การวางแผน

การวางแผนการทำโครงการ จะรวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงการ ซึ่งต้องมีการวางแผนไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบ ไม่สับสน แล้วนำเสนอต่อผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการขั้นต่อไป การเขียนเค้าโครงของโครงการ โดยทั่วไป เขียนเพื่อแสดงแนวคิด แผนงาน และขั้นตอนการทำโครงการ ซึ่งควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

3.2.1 ชื่อโครงการ ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน สื่อความหมายได้ตรง

3.2.2 ชื่อผู้ทำโครงการ

3.2.3 ชื่อที่ปรึกษาโครงการ

3.2.4 หลักการและเหตุผลของโครงการ เป็นการอธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงการเรื่องนี้ มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้อง เรื่องที่ทำไมเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลอย่างไร เรื่องที่ได้ขยายเพิ่มเติม ปรับปรุงจากเรื่องที่มีผู้อื่นทำไว้อย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล

3.2.5 จุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ควรมีความเฉพาะเจาะจง และสามารถวัดได้ เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น

3.2.6 สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมติฐานเป็นคำตอบหรือคำอธิบายที่คาดไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ การเขียนสมมติฐานควรมีเหตุมีผลมีทฤษฎีหรือหลักการรองรับ และที่สำคัญ คือ เป็นข้อความที่มองเห็นแนวทางในการดำเนินการทดสอบได้นอกจากนี้ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย

3.2.7 วิธีดำเนินงานและขั้นตอนการดำเนินงาน จะต้องอธิบายว่า จะออกแบบการทดลองอะไรอย่างไร จะเก็บข้อมูลอะไรบ้างรวมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้มีอะไรบ้าง

3.2.8 แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

3.2.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

3.2.10 เอกสารอ้างอิง

3.3 การดำเนินงาน

เมื่อที่ปรึกษาโครงการให้ความเห็นชอบเค้าโครงของโครงการแล้ว ต่อไปก็เป็นขั้นลงมือปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ระบุไว้ ผู้เรียนต้องพยายามทำตามแผนงานที่วางไว้ เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ให้พร้อมปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึงความประหยัดและปลอดภัยในการทำงาน ตลอดจนการบันทึกข้อมูลต่างๆ ว่าได้ทำอะไรไปบ้าง ได้ผลอย่างไร มีปัญหาและข้อคิดเห็นอย่างไร พยายามบันทึกให้เป็นระเบียบและครบถ้วน

3.4 การเขียนรายงาน

การเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงการ เป็นวิธีสื่อความหมายวิธีหนึ่งที่จะให้ผู้อื่นได้เข้าใจถึงแนวคิด วิธีการดำเนินงาน ผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เกี่ยวกับโครงการนั้น

การเขียนโครงการควรใช้ภาษาที่อ่านแล้วเข้าใจง่าย ชัดเจนและครอบคลุมประเด็นสำคัญๆ ทั้งหมดของโครงการ

3.5 การนำเสนอผลงาน

การนำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงการและเข้าใจถึงผลงานนั้น การนำเสนอผลงานอาจทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่อประเภทของโครงการ เนื้อหา เวลา ระดับของผู้เรียน เช่น การแสดงบทบาทสมมติ การเล่าเรื่อง การเขียนรายงาน สถานการณ์จำลอง การสาธิต การจัดนิทรรศการ ซึ่งอาจมีทั้งการจัดแสดงและการอธิบายด้วยคำพูด หรือการรายงานปากเปล่า การบรรยาย สิ่งสำคัญคือ พยายามทำให้การแสดงผลงานนั้นดึงดูดความสนใจของผู้ชม มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และมีความถูกต้องของเนื้อหา

4. การเขียนรายงานโครงการ

การเขียนรายงานโครงการเป็นรูปแบบหนึ่งของการนำเสนอผลงานของโครงการที่ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าตั้งแต่ต้นจนจบ การกำหนดหัวข้อในการเขียนรายงานโครงการอาจไม่ระบุตายตัวเหมือนกันทุกโครงการ ส่วนประกอบของหัวข้อในรายงานต้องเหมาะสมกับประเภทของโครงการและระดับชั้นของผู้เรียน องค์ประกอบของการเขียนรายงานโครงการ แบ่งกว้างๆ เป็น 3 ส่วนดังนี้

4.1 ส่วนปกและส่วนต้น ส่วนปกและส่วนต้น ประกอบด้วย

4.1.1 ชื่อโครงการ

4.1.2 ชื่อผู้ทำโครงการ ชั้น โรงเรียน และวันเดือนปีที่จัดทำ

4.1.3 ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

4.1.4 คำนำ

4.1.5 สารบัญ

4.1.6 สารบัญตาราง หรือภาพประกอบ (ถ้ามี)

4.1.7 บทคัดย่อสั้นๆ ที่บอกเค้าโครงอย่างย่อๆ ซึ่งประกอบด้วย เรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ระยะเวลา และสรุปผล

4.1.8 กิตติกรรมประกาศ เพื่อแสดงความขอบคุณบุคคล หรือหน่วยงานที่ให้ความช่วยเหลือหรือมีส่วนเกี่ยวข้อง

4.2 ส่วนเนื้อเรื่อง

ส่วนเนื้อเรื่อง ประกอบด้วย

4.2.1 บทที่ 1 บทนำ บอกความเป็นมา ความสำคัญของโครงการ บอกเหตุผล หรือเหตุจูงใจในการเลือกหัวข้อโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า ขอบเขตนิยามศัพท์

4.2.2 บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษา โดยศึกษาจากเอกสารตำรา หรือข้อเขียนของผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ

4.2.3 บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ กล่าวถึง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำโครงการ วิธีทำโครงการ ให้เขียนเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน

4.2.4 บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เสนอในรูปแบบตาราง แผนภูมิ หรือคำอธิบาย

4.2.5 บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ บทนี้เป็นการสรุปผลที่ค้นพบจากการทำโครงการ อภิปรายผล บอกประโยชน์ หรือคุณค่าของผลงานที่ได้ และบอกข้อจำกัดหรือปัญหาอุปสรรค (ถ้ามี) พร้อมทั้งบอกข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้า โครงการลักษณะใกล้เคียงกัน

4.3 ส่วนท้าย

ส่วนท้าย ประกอบด้วย

4.3.1 บรรณานุกรม หรือ เอกสารอ้างอิง หรือเอกสารที่ใช้ค้นคว้า ซึ่งมีหลายประเภท เช่น หนังสือ ตำรา บทความ หรือคอลัมน์ ซึ่งจะมีวิธีการเขียนบรรณานุกรมต่างกัน เช่น หนังสือ ชื่อ นามสกุล. ชื่อหนังสือ. สถานที่พิมพ์ : สำนักพิมพ์, ปีที่พิมพ์ บทความในวารสาร ชื่อผู้เขียน "ชื่อบทความ," ชื่อวารสาร. ปีที่หรือเล่มที่ : หน้า ; วัน เดือน ปี.

คอลัมน์จากหนังสือพิมพ์ ชื่อผู้เขียน "ชื่อกอลัมน์ : ชื่อเรื่องในคอลัมน์" ชื่อหนังสือพิมพ์.วัน เดือน ปี. หน้า.

4.3.2 ภาคผนวก เช่น โครงร่าง โครงการ ภาพกิจกรรม แบบสอบถาม บทสัมภาษณ์

5. ตัวอย่างบทความย่อโครงการวิทยาศาสตร์

5.1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนควง

ชื่อผู้ทำโครงการ นายศุภชัย อวิพันธุ์

ชื่ออาจารย์ที่

ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมศิลป์ ปิ่นสุข

สถาบันการศึกษา

โรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่

ระดับชั้น

มัธยมปลาย

หมวดวิชา

ฟิสิกส์

วัน/เดือน/ปี ทำ

1/1/2541

โครงการ

บทคัดย่อ

การเคลื่อนที่แบบหมุนควงในปัจจุบัน ได้มีสมการการคำนวณค่าอัตราเร็วเชิงมุมการหมุนควงของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนควงซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างทั่วไป แต่ผู้จัดทำโครงการต้องการทราบว่าค่าที่ได้จากการทดลองจริงในธรรมชาติจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณจากสมการหรือไม่ ผู้จัดทำ

โครงการจึงได้ทำการศึกษาโดยการทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าดังกล่าว ซึ่งผู้จัดทำโครงการได้ทำการทดลองในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบหมุนควง 2 รูปแบบได้แก่ การเคลื่อนที่แบบหมุนควงของบูมเมอแรง โดยการทดลอง ขว้างบูมเมอแรงทั้งหมด 250 ครั้ง และการเคลื่อนที่แบบหมุนควงของลูกข่าง โดยการทดลองหมุนลูกข่างทั้งหมด 100 ครั้ง นอกจากนี้ผู้จัดทำโครงการ ทำการศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่แบบหมุนควงของโลก เพื่อศึกษาและ เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณจากสมการว่ามี ค่าแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

5.2 ชื่อโครงการรางวัลวาระยะทาง

ชื่อผู้ทำโครงการ นายวรพงษ์ นาวาเจริญ, นายวีระชาติ เตชเสถียร, นายอนล สารทพันธ์
 ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา นางสุอร สาคร สถาบันการศึกษาโรงเรียนชลราษฎรอำรุง ระดับชั้นมัธยมปลาย
 หมวดวิชาฟิสิกส์
 วัน/เดือน/ปี ทำโครงการ 1/1/2541

บทคัดย่อ

การประดิษฐ์รางวัลวาระยะทางมีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างเครื่องมือวาระยะทางและทดสอบ ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องมือวาระยะทาง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการวัดระยะทางได้ถูกต้อง แม่นยำ มีความคลาดเคลื่อนในการวัด 10 เซนติเมตร ต่อการวัดในแต่ละครั้ง และใช้เวลาในการวัด ระยะทางน้อยกว่าการใช้ตลับเมตรขนาด 5 เมตรและ 10 เมตร

5.3 โครงการกั้นหันลมแกนตั้งรูปปีกเฮลิคอปเตอร์

ชื่อผู้ทำโครงการ นายกิตติธัช เสนารายณ์
 ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา -
 สถาบันการศึกษา โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
 ระดับชั้น มัธยมปลาย
 หมวดวิชา ฟิสิกส์
 วัน/เดือน/ปี ทำโครงการ 1/1/2541

บทคัดย่อ

สังคมโลกในปัจจุบันต่างพัฒนาและแข่งขันกันทางด้านเศรษฐกิจเทคโนโลยี และอุตสาหกรรม กลไกสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมคือพลังงานจากน้ำมัน ซึ่งในปัจจุบันกำลังประสบปัญหาภาวะขาดแคลน จึงมีความจำเป็นต้องแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อแก้ไขปัญหาที่พลังงานลมนับเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดที่สุด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นพลังงานหมุนเวียนใช้ได้ไม่มีวันสิ้นสุด ในการดำเนินการโครงการครั้งนี้ มุ่งศึกษากังหันลมแกนตั้งโดยออกแบบใบพัดกังหันลมคล้ายรูป ปีกเฮลิคอปเตอร์ ความยาว 150 ซม. ความยาวคอรั๊ด 66 ซม. ความกว้าง 13 ซม. รัศมีการหมุน 110 ซม. ผลจากการศึกษา ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ตามวัตถุประสงค์การทดลองพบว่ากังหันลมรูปปีกเฮลิคอปเตอร์ให้กำลังสูงสุด 287.99 วัตต์ ทอร์กสูงสุด 316.02 นิวตัน-เมตร และให้กำลังไฟฟ้าจากสูงสุด 262 มิลลิวัตต์ ที่ความเร็วรอบการหมุน 2.62 รอบ/s และให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 262 มิลลิวัตต์ ที่ความเร็วรอบ 2.60 รอบ/s เริ่มหมุนที่ความเร็วลม 0.24 เมตร/s โดยกังหันแกนตั้งลมรูปปีกเฮลิคอปเตอร์สามารถหมุนได้เองเมื่อได้รับลม

ใบงานที่ 6 เรื่อง โครงงานวิทยาศาสตร์

รายวิชา ฟิสิกส์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 30 นาที
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

จุดประสงค์

วิเคราะห์โครงงานวิทยาศาสตร์ได้

คำชี้แจง

จากการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ในใบความรู้ที่ 6 ให้นักเรียนเลือกโครงงานที่สนใจ 1 เรื่อง แล้วตอบคำถามดังนี้

1. ชื่อโครงงานที่นักเรียนสนใจคือเรื่องใด.....

2. ชื่อผู้ทำโครงการคือใครบ้าง.....

.....

3. นักเรียนที่ทำอยู่โรงเรียนใด.....

.....

4. จุดมุ่งหมายของโครงการคือ.....

.....

5. เหตุจูงใจที่ทำให้เลือกทำโครงการนี้คือ.....

.....

.....

6. ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นคือ.....

.....

.....

7. ข้อสรุปของโครงการคือ.....

.....

.....

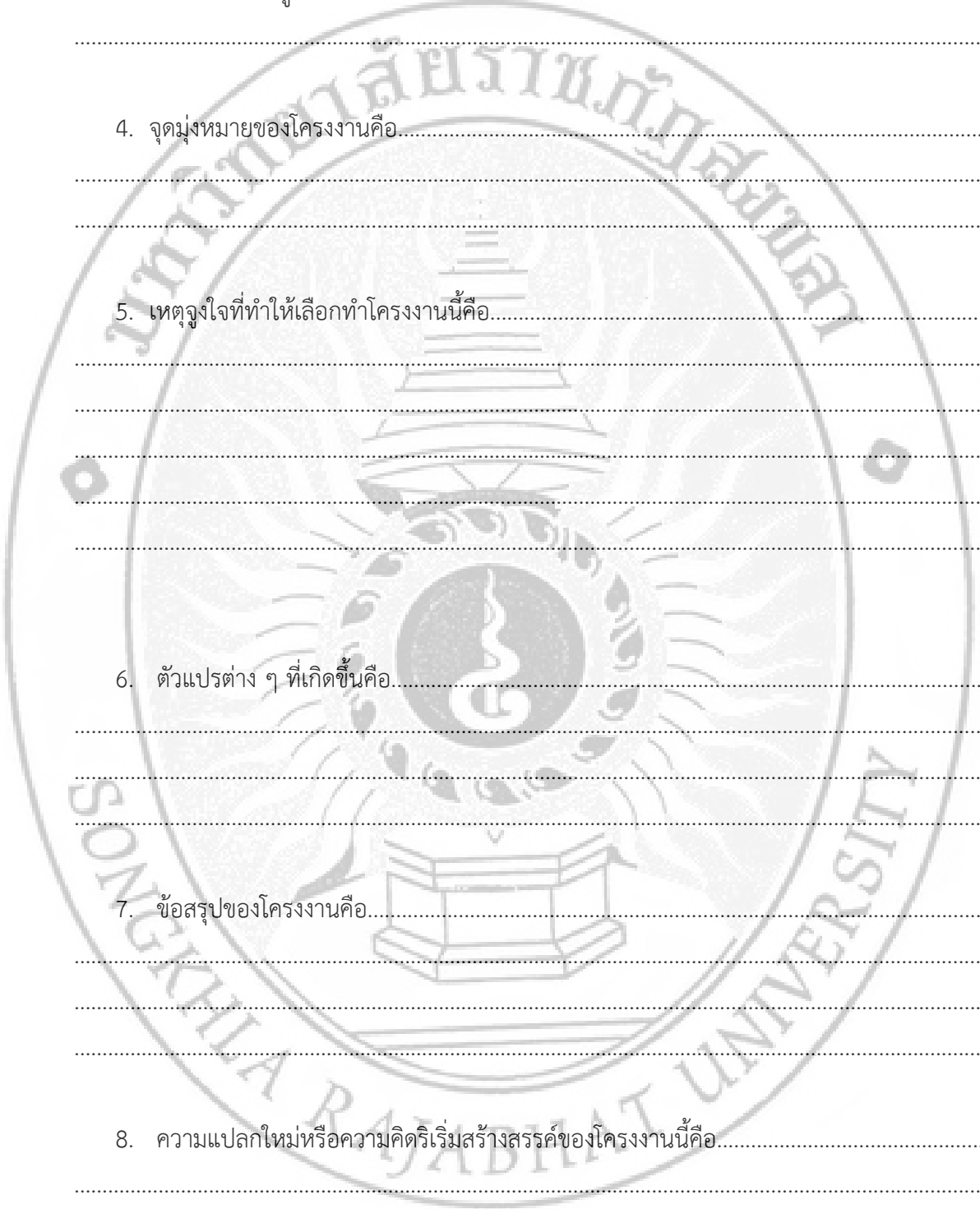
8. ความแปลกใหม่หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของโครงการนี้คือ.....

.....

.....

9. แนวความคิดที่จะขยายหรือปรับปรุงโครงการที่วิเคราะห์.....

.....



.....

.....

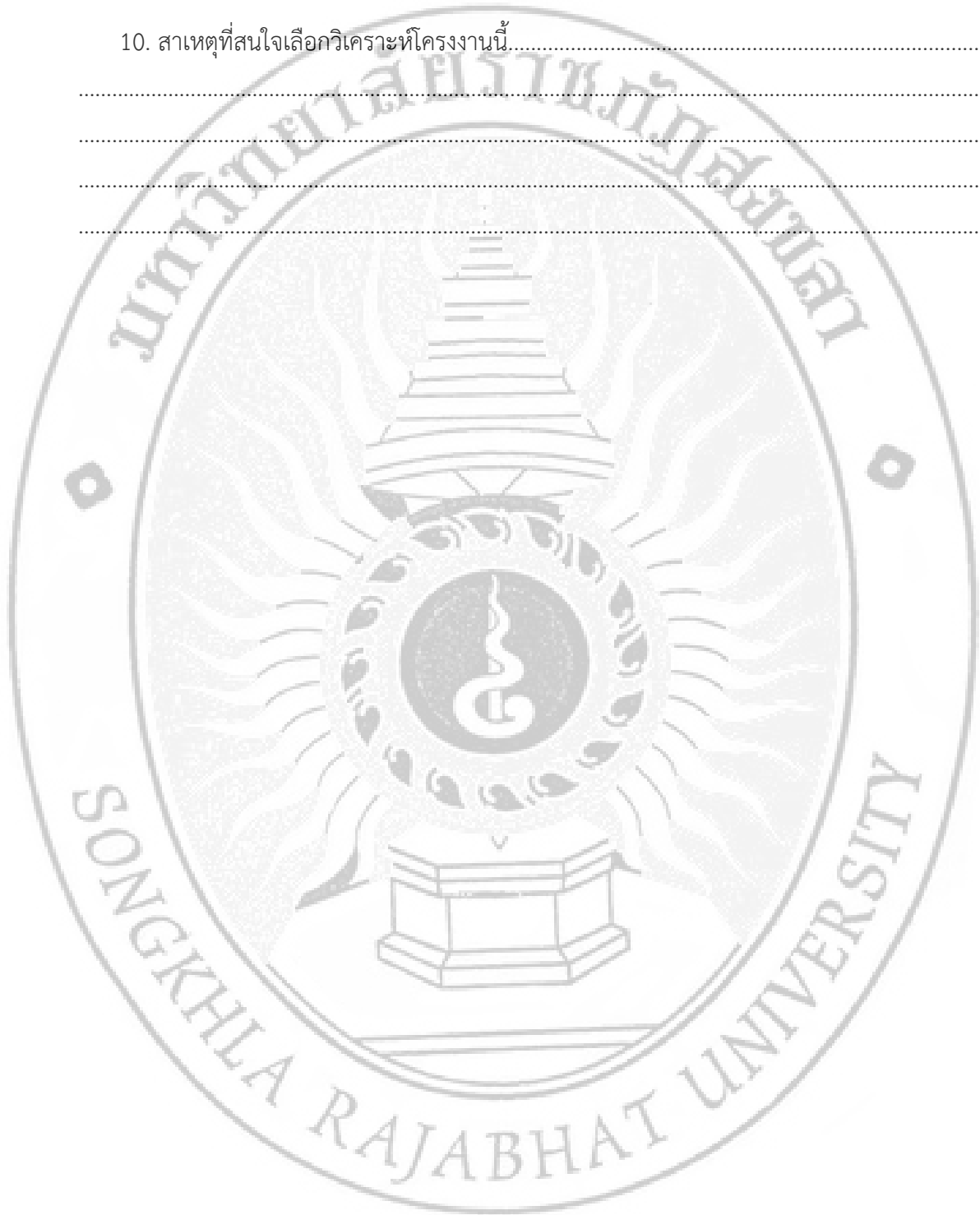
.....

10. สาเหตุที่สนใจเลือกวิเคราะห์โครงการนี้.....

.....

.....

.....



แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 30 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 1.00 ชั่วโมง
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ในแบบทดสอบแต่ละข้อ กาเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้นักเรียนขีดทับที่คำตอบเดิม แล้วจึงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในช่องคำตอบที่ต้องการ
ตัวอย่างเช่น ข้อ 5 ~~x~~ ข ค ง
4. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
5. เมื่อทำข้อสอบเสร็จแล้ว ให้คืนแบบทดสอบพร้อมกระดาษคำตอบ

1. การเคลื่อนที่ของวัตถุในข้อใด ที่ **ไม่ใช่** การเคลื่อนที่แบบหมุน (ความเข้าใจ)

ก. ลูกข่าง	ข. พัดลม
ค. โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์	ง. โลกหมุนรอบตัวเอง
2. พัดลมเครื่องหนึ่งหมุนด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เมื่อปิดเครื่องปรากฏว่าพัดลมยังคงหมุนต่อไปอีก 500 รอบ จึงหยุด เป็นเวลาเท่าใด ตั้งแต่ปิดเครื่องจนพัดลมหยุดหมุน (การนำไปใช้)

ก. 0.3 นาที	ข. 0.5 นาที
ค. 3.3 นาที	ง. 5.0 นาที
3. ล้อรถจักรยานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร จากสภาพหยุดนิ่ง คนขี่ปั่นให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 2 เมตรต่อวินาที² จึงเข้าสู่สภาวะความเร็วคงที่ (การวิเคราะห์)
 1. ในเวลา 5 วินาที รถจะแล่นไปได้ไกล 25 เมตร
 2. ในเวลา 5 วินาที ล้อรถจะหมุนได้ 50 รอบ
 3. ในปลายวินาทีที่ 5 ล้อรถจะมีอัตราเร็วเชิงมุม 20 รอบต่อวินาที
 ข้อความที่เป็นจริงกับเหตุการณ์นี้คือข้อใด

ก. ข้อ 1 และ 2	ข. ข้อ 1 และ 3
ค. ข้อ 2 และ 3	ง. ข้อ 1, 2 และ 3

4. ข้อใด **ไม่ใช่** ความหมายของทอร์ก (ความรู้ ความจำ)

- ก. ทอร์กคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงมุม
- ข. ทอร์กคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์ความเฉื่อย
- ค. ทอร์กคือ ความพยายามของแรงที่จะหมุนวัตถุรอบแกนหมุน
- ง. ทอร์กคือ ผลคูณแบบเวกเตอร์ของแรงกับการกระจัดที่วัดได้จากจุดหมุน

5. เมื่อโยนลูกยางไปในอากาศจะทำให้ลูกยางเกิดการหมุนขณะตกลงสู่พื้น ข้อใดคือสาเหตุ (การนำไปใช้)

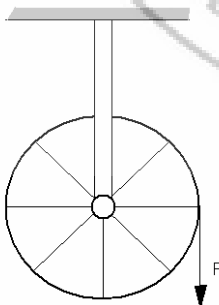
- ก. มีแรงลมกระทำต่อลูกยาง
- ข. มีทอร์กของลมกระทำต่อลูกยาง
- ค. มีแรงต้านอากาศกระทำต่อจุดศูนย์กลางมวลของลูกยาง
- ง. มีทอร์กจากแรงเสียดทานของอากาศกระทำต่อลูกยาง

6. เมื่อเปิดขวดน้ำแบบมีเกลียวหมุนตั้งรูป โดยใช้มือขวาจับที่ฝาขวดและมือซ้ายจับที่ก้นขวดมีวิธีการบิดอย่างไร จึงจะทำให้ออกแรงน้อย และเปิดได้สะดวก (การวิเคราะห์)



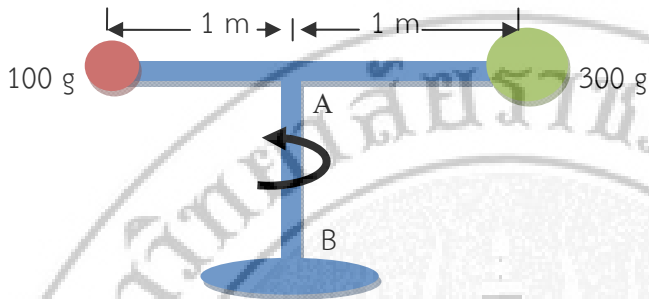
- ก. มือซ้ายจับที่ก้นขวดหนึ่ง แล้วหมุนบิดฝาขวดด้วยมือขวา
- ข. มือขวาจับที่ฝาขวดหนึ่ง แล้วหมุนบิดก้นขวดด้วยมือซ้าย
- ค. ใช้มือซ้ายบิดที่ก้นขวด และมือขวาบิดที่ฝาขวดพร้อมกันในทิศเดียวกัน
- ง. ใช้มือซ้ายบิดที่ก้นขวด และมือขวาบิดที่ฝาขวดพร้อมกันในทิศตรงกันข้าม

7.



วงล้อเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร มีแกนหมุนลื่น และมีโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนเฉื่อยเท่ากับ 2 กิโลกรัม.เมตร² วงล้อนี้ถูกพันด้วยเส้นเชือกขนาดเล็กและเบา จำนวนหลายรอบดังภาพ ถ้าออกแรงคงตัวเท่ากับ 10 นิวตัน ดึงปลายเชือก ในเวลา 10 วินาที กำหนดให้วงล้อเริ่มหมุนจากจุดหยุดนิ่ง จะได้เชือกยาวเท่าใด (การนำไปใช้)

18. วัตถุมวล 100 กรัม และ 300 กรัม ติดอยู่กับปลายทั้งสองของโลหะเบายาว 2 เมตรตั้งรูป พลังงานจลน์ของการหมุน ของแท่งโลหะหมุนรอบแกน AB 10 เรเดียนต่อวินาทีที่มีค่าเท่าใด (การนำไปใช้)

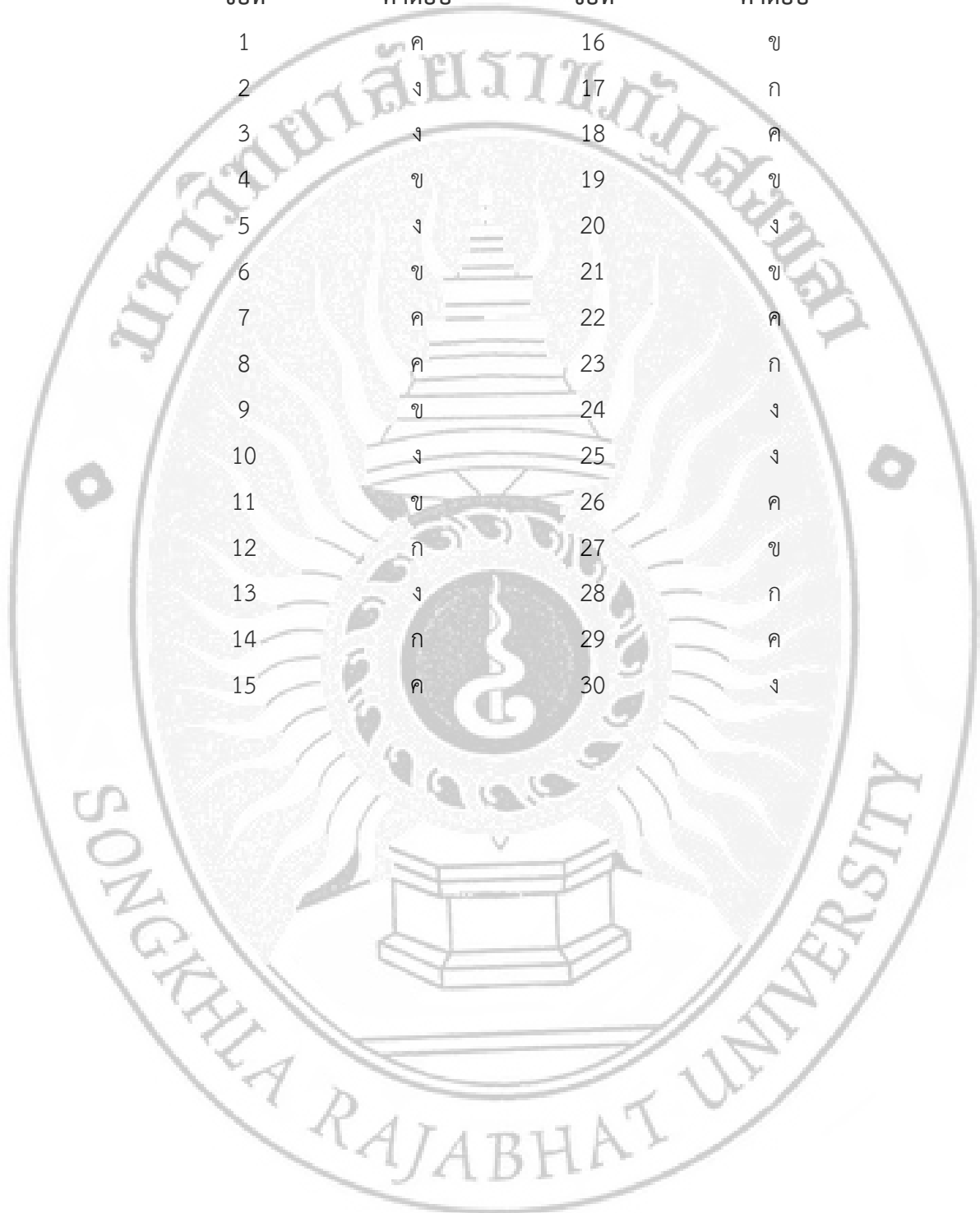


- ก. 10 จูล
ข. 15 จูล
ค. 20 จูล
ง. 25 จูล
19. ม้าหมุนในสวนสนุกแห่งหนึ่ง มีค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนหมุนในแนวตั้ง $800 \text{ กิโลกรัม.เมตร}^2$ ถ้าผลึกให้หมุนรอบแกนหมุนในอัตรานาทีละ 30 รอบ พลังงานจลน์ของม้าหมุนนี้มีค่าเท่าใด (การนำไปใช้)
- ก. 2,000 จูล
ข. 4,000 จูล
ค. 3,000 จูล
ง. 6,000 จูล
20. โมเมนต์เชิงมุมของวัตถุขึ้นอยู่กับสิ่งใด (ความรู้ ความจำ)
- (1) รูปร่างของวัตถุ
(2) ตำแหน่งแกนหมุน
(3) ความเร็วของการหมุน
- คำตอบที่ถูกต้องคือ
- ก. ข้อ (1) และ (2)
ข. ข้อ (1) และ (3)
ค. ข้อ (2) และ (3)
ง. ข้อ (1), (2) และ (3)
21. ข้อใดเป็นเหตุผลที่ว่า การถีบรถจักรยานที่เคลื่อนที่ มีการทรงตัวได้ดีกว่านั่งบนรถจักรยานที่อยู่นิ่ง (การวิเคราะห์)
- ก. รถที่กำลังเคลื่อนที่มีโมเมนต์เชิงมุมน้อยกว่าเนื่องจากไม่มีทอร์คมากระทำ
ข. รถที่กำลังเคลื่อนที่มีโมเมนต์เชิงมุมมากกว่าเนื่องจากมีทอร์คมากระทำ
ค. รถที่กำลังเคลื่อนที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยน้อยกว่าเนื่องจากไม่มีทอร์คมากระทำ
ง. รถที่กำลังเคลื่อนที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยมากกว่าเนื่องจากมีทอร์คมากระทำ

22. ถ้าประชากรทั้งหมดของโลกอพยพไปอยู่ที่บริเวณขั้วโลกเหนือและใต้ โลกหมุนรอบตัวเองครบหนึ่งรอบ การหมุนของโลกจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร จงใช้เหตุผลประกอบ (การสังเคราะห์)
- หมุนคงที่ เพราะโมเมนตัมเชิงมุมและโมเมนต์ความเฉื่อยจะคงที่
 - หมุนช้าลง เพราะโมเมนตัมเชิงมุมคงที่ โมเมนต์ความเฉื่อยลดลง
 - หมุนเร็วขึ้น เพราะโมเมนตัมเชิงมุมคงที่ โมเมนต์ความเฉื่อยลดลง
 - การหมุนเปลี่ยนแปลง เพราะ โมเมนตัมเชิงมุมและโมเมนต์ความเฉื่อยจะเปลี่ยนแปลง
23. นายมีชัยยืนอยู่บนแป้นหมุนรอบแกนตั้ง โดยมือแต่ละข้างถือดัมเบล มีมวล 2 กิโลกรัมขณะ แป้นหมุน หมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียนต่อวินาที เขาเหยียดแขนให้มวลของดัมเบลอยู่ห่างจากแกนหมุน 1 เมตร แล้ว ต่อมาเขาหดแขนให้ดัมเบลอยู่ห่างจากแกนหมุน 0.5 เมตร ความเร็วของแป้นหมุนมีค่าเท่าใด ถ้าไม่คิดโมเมนต์ความเฉื่อยของคนและแป้นหมุน (การนำไปใช้)
- 40 เรเดียนต่อวินาที
 - 60 เรเดียนต่อวินาที
 - 80 เรเดียนต่อวินาที
 - 100 เรเดียนต่อวินาที
24. นายฉัตรชัยทดลองหมุนจานอันหนึ่งด้วยความเร็วเชิงมุม 5 เรเดียนต่อวินาที ขณะที่จานกำลังหมุนอย่างอิสระ นายศิวกร ก็วางมวลขนาด 100 กรัม ห่างจากจุดหมุน 20 เซนติเมตร ทำให้จานหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 3 เรเดียนต่อวินาที โมเมนต์ความเฉื่อยของจานหมุนมีค่าเท่าใด (การนำไปใช้)
- 2.4×10^{-2} กิโลกรัม. เมตร²
 - 2.4×10^{-3} กิโลกรัม. เมตร²
 - 2.6×10^{-2} กิโลกรัม. เมตร²
 - 6.0×10^{-3} กิโลกรัม. เมตร²
25. แผ่นกลมตันมวล 10 กิโลกรัม กลิ้งบนพื้นระดับด้วยอัตราเร็ว 6 เมตร/วินาที พลังงานการกลิ้งของแผ่นกลม มีค่าเท่าใด เมื่อโมเมนต์ความเฉื่อย $= \frac{1}{2}mR^2$ (การนำไปใช้)
- 120 จูล
 - 180 จูล
 - 240 จูล
 - 270 จูล
26. แผ่นไม้กลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร มวล 200 กิโลกรัม มีโมเมนต์ความเฉื่อย 10 กิโลกรัม. เมตร² เคลื่อนที่แบบหมุนบนพื้นราบ มีความเร็วศูนย์กลางมวล 2 เมตรต่อวินาที พลังงานจลน์ของแผ่นไม้ มีค่าเท่าใด (การนำไปใช้)
- 500 จูล
 - 800 จูล
 - 900 จูล
 - 1,000 จูล

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ค	16	ข
2	ง	17	ก
3	ง	18	ค
4	ข	19	ข
5	ง	20	ง
6	ข	21	ข
7	ค	22	ค
8	ค	23	ก
9	ข	24	ง
10	ง	25	ง
11	ข	26	ค
12	ก	27	ข
13	ง	28	ก
14	ก	29	ค
15	ค	30	ง



ตารางวิเคราะห์หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

เนื้อหา	พฤติกรรม						รวม
	ความรู้ ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า	
1. ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหมุน		1	1	1			3
2. ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน	1		3	1			5
3. โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสมมาตร	2		3	1	1		7
4. พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน		2	2	1			5
5. โมเมนต์เชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนโมเมนต์เชิงมุม	1		2	1	1		5
6. การเคลื่อนที่ทั้งแบบเลื่อนที่และแบบหมุน		1	4				5
รวม	4	4	15	5	2		30

แบบทดสอบวัดกระบวนการเรียนรู้จากการทำโครงการวิทยาศาสตร์

1. ระดับชั้น ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-ม.6)
2. สาระการเรียนรู้ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : การทำโครงการวิทยาศาสตร์
3. ตัวชี้วัด สามารถทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้ตามความสามารถและความสนใจของตนเอง
4. พฤติกรรมที่วัด กระบวนการเรียนรู้
5. คำชี้แจง ให้นักเรียนทำโครงการปัญหาที่ศรัทธการหมุ่นตามความสามารถและความสนใจของตนเอง โดยดำเนินการดังต่อไปนี้
 - 5.1 เลือกประเภทของโครงการ และเรื่องที่ตนเองสนใจ
 - 5.2 กำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน
 - 5.3 ศึกษาค้นหาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
 - 5.4 ออกแบบการทดลองโดยมีการควบคุมตัวแปร
 - 5.5 เลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม
 - 5.6 ดำเนินการทดลอง
 - 5.7 บันทึกผลการทดลอง
 - 5.8 จัดกระทำข้อมูล
 - 5.9 แปลความหมายข้อมูลและลงสรุป
 - 5.10 เขียนรายงาน 5 บท
 - 5.11 นำเสนอผลงานตามเวลาที่กำหนด

แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

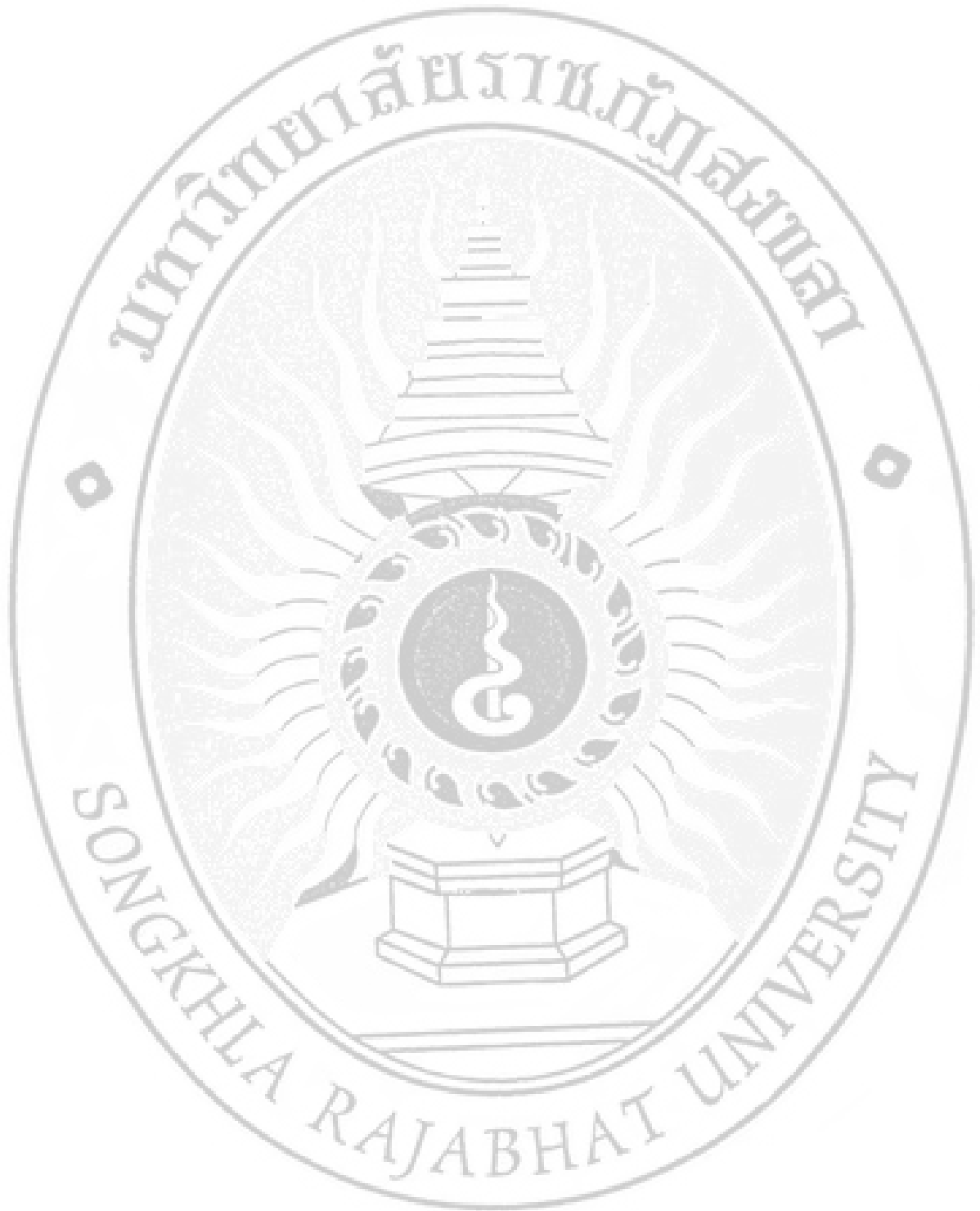
1. แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ต้องการทราบความคิดเห็น เกี่ยวกับลักษณะนิสัย หรือพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกทางวิทยาศาสตร์
2. คำตอบในแบบวัดฉบับนี้ไม่มีการตัดสินว่าถูกหรือผิด และไม่มีผลต่อผลการเรียนของนักเรียน เพราะเป็นความคิดเห็นเฉพาะตัว ซึ่งไม่จำเป็นต้องตรงกับคำตอบของผู้อื่น
3. แบบวัดนี้ประกอบด้วยข้อความที่เกี่ยวกับคุณลักษณะเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ
4. วิธีตอบคำถามในแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นหรือตรงกับความเป็นจริงของพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด โดยแต่ละข้อให้นักเรียนทำเครื่องหมายเพียงช่องเดียว

ระดับความคิดเห็นมี 5 ระดับซึ่งมีความหมายดังนี้

- | | | |
|------------------------|---------|---|
| 5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง | หมายถึง | ข้อความนั้นตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด |
| 4 เห็นด้วย | หมายถึง | ข้อความนั้นตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมาก |
| 3 ไม่แน่ใจ | หมายถึง | ข้อความนั้นตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนปานกลาง |
| 2 ไม่เห็นด้วย | หมายถึง | ข้อความนั้นเกือบจะไม่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน |
| 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | หมายถึง | ข้อความนั้นไม่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนเลย |

แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	ข้าพเจ้าชอบศึกษาค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ ที่นอกเหนือจากบทเรียนอยู่เสมอ					
2.	ข้าพเจ้ามีความกระตือรือร้นต่อการทำกิจกรรมและเรื่องราวต่างๆ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
3.	ข้าพเจ้าคิดว่าการศึกษา ค้นคว้าจากหนังสือหรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์สามารถสรุปความรู้ได้โดยไม่ต้องทำการทดลอง					
4.	เมื่อเกิดความสงสัยข้าพเจ้าจะไม่ถามใครหรือหาข้อมูลจากหนังสือหรือสื่อต่างๆ					
5.	ข้าพเจ้ายอมรับผลกระทำของตนเองที่จะส่งผลกระทบต่อตนเองทั้งด้านดีและด้านไม่ดี					
6.	แม้จะมีเวลาน้อยแต่ข้าพเจ้าก็จะพยายามทำงานที่ได้รับมอบหมายจนเป็นผลสำเร็จ					
7.	เมื่อมีอุปสรรคข้าพเจ้ารู้สึกท้อถอยไม่ยอมทำงาน					
8.	เมื่อได้รับมอบหมายงานที่ง่ายข้าพเจ้าจะรีบทำทันทีแต่ถ้างานที่ยากมากๆ ข้าพเจ้าจะส่งต่อให้เพื่อนที่เก่งกว่าทำ					
9.	ข้าพเจ้าจะยอมรับในคำอธิบายหรือคำชี้แจงใดๆ ก็ต่อเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างสมเหตุสมผล					
10.	ข้าพเจ้าจะอธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล					
11.	ข้าพเจ้าเชื่อและยอมรับคำทำนายเรื่องกรุงเทพจะกลายเป็นทะเล 100เปอร์เซ็นต์					
12.	ข้าพเจ้าเชื่อว่าข้อสรุปจากผลการทดลองถูกต้องแน่นอนเสมอ					
13.	ข้าพเจ้าจะบันทึกผลการทดลองตามจริงแม้ว่าข้อมูลจะแตกต่างจากผู้อื่น					
14.	ข้าพเจ้าเชื่อว่าการแอบอ้างผลงานของผู้อื่นมาเป็นผลงานของตนเองเป็นสิ่งที่ไม่ละอายไม่ควรกระทำอย่างยิ่ง					
15.	ข้าพเจ้าเลือกทุจริตในการสอบดีกว่าสอบตก					
16.	เมื่อข้าพเจ้าทำงานผิดพลาดข้าพเจ้าต้องปกปิด เพราะกลัวเพื่อนดูถูก					
17.	เมื่อมีการวิพากษ์วิจารณ์ข้อคิดที่แตกต่างจากแนวคิดของข้าพเจ้าๆ จะรับฟังและนำมาวิเคราะห์ใหม่อีกครั้ง					
18.	ข้าพเจ้าพร้อมที่จะเปลี่ยนแนวคิดใหม่เมื่อผู้อื่นแสดงเหตุผลและหลักฐานที่เชื่อถือได้มากกว่า					
19.	ข้าพเจ้าจะยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนที่เรียนเก่งเท่านั้น					
20.	เมื่อเพื่อนสองคนมีข้อขัดแย้งกันข้าพเจ้าจะเชื่อเฉพาะข้อคิดของเพื่อนสนิทเท่านั้น					





ภาคผนวก ง

การหาคุณภาพเครื่องมือ

- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้
- แสดงผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้
- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
- แสดงระดับความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดกระบวนการเรียนรู้จากการทำโครงการวิทยาศาสตร์
- แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
- แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
- คะแนนจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
- คะแนนจากการทำโครงการวิทยาศาสตร์
- คะแนนจากการตอบแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 11 แสดงผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการหมุน และปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/ คนที่					รวม	IOC	ผล สรุป
		1	2	3	4	5			
1.	ผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.	สาระสำคัญ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.	สาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.	จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.	กิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.	สื่อนวัตกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7.	การวัดและประเมินผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 12 แสดงผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องทอร์ก และโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/ คนที่					รวม	IOC	ผล สรุป
		1	2	3	4	5			
1.	ผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.	สาระสำคัญ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.	สาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.	จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.	กิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.	สื่อนวัตกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7.	การวัดและประเมินผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 13 แสดงผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องโมเมนต์
ความเฉื่อยรอบแกนสมมาตร

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/ คนที่					รวม	IOC	ผล สรุป
		1	2	3	4	5			
1.	ผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.	สาระสำคัญ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.	สาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.	จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.	กิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.	สื่อนวัตกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7.	การวัดและประเมินผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 14 แสดงผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง
โมเมนต์ัมเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนโมเมนต์ัม

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/ คนที่					รวม	IOC	ผล สรุป
		1	2	3	4	5			
1.	ผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.	สาระสำคัญ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.	สาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.	จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.	กิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.	สื่อนวัตกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7.	การวัดและประเมินผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 15 แสดงผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง
พลังงานการหมุนและการกลิ้ง

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/ คนที่					รวม	IOC	ผล สรุป
		1	2	3	4	5			
1.	ผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.	สาระสำคัญ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.	สาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.	จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.	กิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.	สื่อนวัตกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7.	การวัดและประเมินผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 16 แสดงผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง
โครงงานวิทยาศาสตร์

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/ คนที่					รวม	IOC	ผล สรุป
		1	2	3	4	5			
1.	ผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2.	สาระสำคัญ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3.	สาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4.	จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5.	กิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6.	สื่อนวัตกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7.	การวัดและประเมินผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 17 แสดงผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการหมุนและปริมาณต่างๆ
ที่เกี่ยวข้อง

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					\bar{X}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
		1	2	3	4	5			
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2.	ความสอดคล้องของสาระสำคัญผลการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด
3.	ความเหมาะสมของจำนวนชั่วโมง	5	3	4	3	4	3.8	0.84	มาก
4.	ความครบถ้วนของสาระการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้	5	3	5	5	5	4.6	0.89	มากที่สุด
5.	ความครบถ้วนของทักษะกระบวนการกับผลการเรียนรู้	5	4	5	4	5	4.6	0.55	มากที่สุด
6.	ความครบถ้วนของคุณลักษณะกับผลการเรียนรู้	5	4	4	4	5	4.4	0.55	มาก
7.	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะครบตามผลการเรียนรู้เน้นสมรรถนะที่สำคัญของหลักสูตร	5	4	4	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด
8.	ความเหมาะสมของสื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้	5	4	4	5	4	4.4	0.55	มาก
9.	ความเหมาะสมของวิธีการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.0	0	มากที่สุด
10.	ความเหมาะสมของเครื่องมือวัดและการประเมินผลการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
11.	ความเหมาะสมของเกณฑ์การวัด และประเมินผลการเรียน	5	4	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
12.	แผนการเรียนรู้สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้จริง	5	4	4	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด
13.	ความสอดคล้อง (ข้อ 1 -12)	5	4	4	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งหมด							4.58	0.42	มากที่สุด

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					\bar{X}	S.D	แปลผลความเหมาะสม
		1	2	3	4	5			
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2.	ความสอดคล้องของสาระสำคัญผลการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
3.	ความเหมาะสมของจำนวนชั่วโมง	5	5	3	4	5	4.4	0.89	มาก
4.	ความครบถ้วนของสาระการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด
5.	ความครบถ้วนของทักษะกระบวนการกับผลการเรียนรู้	5	4	4	4	5	4.4	0.55	มาก
6.	ความครบถ้วนของคุณลักษณะกับผลการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.6	0.55	มากที่สุด
7.	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะครบตามผลการเรียนรู้ในสมรรถนะที่สำคัญของหลักสูตร	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
8.	ความเหมาะสมของสื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้	5	5	4	5	4	4.6	0.55	มากที่สุด
9.	ความเหมาะสมของวิธีการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
10.	ความเหมาะสมของเครื่องมือวัด และการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
11.	ความเหมาะสมของเกณฑ์การวัด และการประเมินผลการเรียน	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
12.	แผนการเรียนรู้สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้จริง	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
13.	ความสอดคล้อง (ข้อ 1 -12)	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งหมด							4.69	0.44	มากที่สุด

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสมมาตร

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					\bar{X}	S.D	แปลผลความเหมาะสม
		1	2	3	4	5			
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2.	ความสอดคล้องของสาระสำคัญผลการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
3.	ความเหมาะสมของจำนวนชั่วโมง	5	5	3	4	4	4.2	0.84	มาก
4.	ความครบถ้วนของสาระการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด
5.	ความครบถ้วนของทักษะกระบวนการกับการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด
6.	ความครบถ้วนของคุณลักษณะกับการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.6	0.55	มากที่สุด
7.	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะครบตามผลการเรียนรู้เน้นสมรรถนะที่สำคัญของหลักสูตร	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
8.	ความเหมาะสมของสื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้	5	5	4	5	4	4.6	0.55	มากที่สุด
9.	ความเหมาะสมของวิธีการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
10.	ความเหมาะสมของเครื่องมือวัด และการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
11.	ความเหมาะสมของเกณฑ์การวัด และประเมินผลการเรียน	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
12.	แผนการเรียนรู้สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้จริง	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
13.	ความสอดคล้อง (ข้อ 1 -12)	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งหมด							4.69	0.44	มากที่สุด

ตาราง 20 แสดงผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมเชิงมุมและอัตรา
การเปลี่ยนโมเมนตัม

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					\bar{X}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
		1	2	3	4	5			
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มี ความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2.	ความสอดคล้องของสาระสำคัญผลการเรียนรู้ กับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
3.	ความเหมาะสมของจำนวนชั่วโมง	5	5	4	4	5	4.6	0.55	มากที่สุด
4.	ความครบถ้วนของสาระการเรียนรู้กับผลการ เรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
5.	ความครบถ้วนของทักษะกระบวนการกับผล การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
6.	ความครบถ้วนของคุณลักษณะกับผลการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.6	0.45	มากที่สุด
7.	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนมี ความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะ ครบตามผลการเรียนรู้เน้นสมรรถนะที่สำคัญ ของหลักสูตร	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
8.	ความเหมาะสมของสื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
9.	ความเหมาะสมของวิธีการวัดและการ ประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
10.	ความเหมาะสมของเครื่องมือวัด และการ ประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
11.	ความเหมาะสมของเกณฑ์การวัด และ ประเมินผลการเรียน	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
12.	แผนการเรียนรู้สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ ให้กับผู้เรียนได้จริง	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
13.	ความสอดคล้อง (ข้อ 1 -12)	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งหมด							4.77	0.44	มากที่สุด

ตาราง 21 แสดงผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ เรื่อง 5 พลังงานการหมุนและการกลิ้ง

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					X̄	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
		1	2	3	4	5			
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2.	ความสอดคล้องของสาระสำคัญผลการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
3.	ความเหมาะสมของจำนวนชั่วโมง	5	5	4	4	5	4.6	0.55	มากที่สุด
4.	ความครบถ้วนของสาระการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
5.	ความครบถ้วนของทักษะกระบวนการกับการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
6.	ความครบถ้วนของคุณลักษณะกับการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.6	0.55	มากที่สุด
7.	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะครบตามผลการเรียนรู้เน้นสมรรถนะที่สำคัญของหลักสูตร	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
8.	ความเหมาะสมของสื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
9.	ความเหมาะสมของวิธีการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
10.	ความเหมาะสมของเครื่องมือวัด และการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
11.	ความเหมาะสมของเกณฑ์การวัด และประเมินผล การเรียน	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
12.	แผนการเรียนรู้สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้จริง	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
13.	ความสอดคล้อง (ข้อ 1 -12)	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งหมด							4.77	0.44	มากที่สุด

ตาราง 22 แสดงผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โครงงานวิทยาศาสตร์

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					\bar{X}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
		1	2	3	4	5			
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2.	ความสอดคล้องของสาระสำคัญผลการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
3.	ความเหมาะสมของจำนวนชั่วโมง	5	4	3	4	5	4.2	0.84	มาก
4.	ความครบถ้วนของสาระการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
5.	ความครบถ้วนของทักษะกระบวนการกับผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
6.	ความครบถ้วนของคุณลักษณะกับผลการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.6	0.55	มากที่สุด
7.	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะครบตามผลการเรียนรู้เน้นสมรรถนะที่สำคัญของหลักสูตร	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
8.	ความเหมาะสมของสื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
9.	ความเหมาะสมของวิธีการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
10.	ความเหมาะสมของเครื่องมือวัด และการประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
11.	ความเหมาะสมของเกณฑ์การวัด และประเมินผลการเรียน	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
12.	แผนการเรียนรู้สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้จริง	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
13.	ความสอดคล้อง (ข้อ 1 -12)	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งหมด							4.74	0.46	มากที่สุด

ตาราง 23 แสดงค่าเฉลี่ยรวมผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	\bar{X}	S.D	แปลผลความเหมาะสม
1.	การหมุนและปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	4.58	0.42	มากที่สุด
2.	ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยกับการเคลื่อนที่แบบหมุน	4.69	0.44	มากที่สุด
3.	โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสมมาตร	4.69	0.44	มาก
4.	โมเมนต์เชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนโมเมนต์	4.77	0.44	มากที่สุด
5.	พลังงานการหมุนและการกลิ้ง	4.77	0.44	มากที่สุด
6.	โครงการวิทยาศาสตร์	4.74	0.46	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย		4.71	0.44	มากที่สุด

ตาราง 24 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

ข้อที่	คะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					รวม	IOC	การคัดเลือก
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ตัดไว้/ปรับภาษา
2	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ตัดไว้/ปรับภาษา
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
7	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ตัดไว้/ปรับภาษา
8	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ตัดไว้/ปรับภาษา
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
10	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ตัดไว้/ปรับภาษา
11	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ตัดไว้/ปรับภาษา
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
14	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ตัดไว้/ปรับภาษา
15	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ตัดไว้/ปรับภาษา
16	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ตัดไว้/ปรับภาษา
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ตัดไว้
20	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ตัดไว้/ปรับภาษา
21	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ตัดไว้/ปรับภาษา

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					รวม	IOC	การคัดเลือก
	1	2	3	4	5			
22	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	คัดไว้/ปรับภาษา
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
27	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	คัดไว้/ปรับภาษา
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
30	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	คัดไว้/ปรับภาษา
31	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
32	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	คัดไว้/ปรับภาษา
33	+1	+1	-1	+1	0	2	0.40	ตัดออก
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
36	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	คัดไว้/ปรับภาษา
37	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	คัดไว้/ปรับภาษา
38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
40	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	คัดไว้
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้
43	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	คัดไว้/ปรับภาษา
44	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	คัดไว้/ปรับภาษา
45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	คัดไว้

ตาราง 25 แสดงระดับความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

ข้อที่	ความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ข้อที่	ความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก
1	.93*	.15*	23	.35	.33
2	.65	.41	24	.61	.26
3	.96*	.07*	25	.44	.30
4	.57	.56	26	.61	.11*
5	.59	.44	27	.46	.41
6	.46	.59	28	.78*	.07*
7	.61	.48	29	.44	.59
8	.57	.41	30	.17*	.26
9	.48	.52	31	.22	.15*
10	.65	.56	32	.41	.37
11	.87*	.26	33	.59	.44
12	.67	.44	34	.65	.41
13	.35	.41	35	.94*	.11*
14	.39	.33	36	.52	.59
15	.17*	.19*	37	.13*	.26
16	.89*	.07*	38	.41	.52
17	.57	.41	39	.35	.41
18	.63	.44	40	.15*	.30
19	.87*	.26	41	.56	.37
20	.52	.44	42	.17*	.26
21	.72	.44	43	.52	.30
22	.30	.44	44	.67	.44

หมายเหตุ * คือข้อที่ตัดออก

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เท่ากับ .83

ตาราง 26 แสดงดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดกระบวนการเรียนรู้จากการทำโครงการวิทยาศาสตร์

ข้อ	รายละเอียด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ/ คนที่					รวม	IOC	ผล สรุป
		1	2	3	4	5			
1.	ให้นักเรียนทำโครงงานปัญหา มหัศจรรย์การหมุนตาม ความสามารถและความสนใจของ ตนเองโดยดำเนินการดังต่อไปนี้ 1. เลือกประเภทของโครงงาน และเรื่องที่ตนเองสนใจ 2. กำหนดปัญหาและ ตั้งสมมติฐาน 3. ศึกษาค้นหาข้อมูลและ เอกสารที่เกี่ยวข้อง 4. ออกแบบการทดลองโดยมี การควบคุมตัวแปร 5. เลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม 6. ดำเนินการทดลอง 7. บันทึกผลการทดลอง 8. จัดกระทำข้อมูล 9. แปลความหมายข้อมูลและ ลงสรุป 10. เขียนรายงาน 5 บท 11. นำเสนอผลงานตามเวลาที่ กำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 27 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ/คนที่					รวม	IOC	ผลสรุป
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2	+1	-1	+1	+1	+1	3	0.60	ใช้ได้/ปรับข้อความคำถาม
3	+1	-1	0	+1	+1	2	0.40	ตัดออก
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้/ปรับภาษา
6	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ใช้ได้/ปรับภาษา
7	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้/ปรับภาษา
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
9	+1	0	-1	+1	+1	2	0.40	ตัดออก
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
12	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ใช้ได้/ปรับภาษา
13	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้/ปรับภาษา
14	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้/ปรับภาษา
15	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้/ปรับภาษา
16	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้/ปรับภาษา
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
18	+1	0	-1	+1	+1	2	0.40	ตัดออก
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
20	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้/ปรับภาษา
21	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ใช้ได้/ปรับภาษา
22	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้/ปรับภาษา
23	+1	0	+1	+1	+1	4	1.00	ใช้ได้
24	+1	-1	0	+1	+1	2	0.40	ตัดออก
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
27	+1	0	0	0	+1	2	0.40	ตัดออก
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
30	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ใช้ได้/ปรับภาษา

ตาราง 28 แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	t-test	Sig.	ข้อที่	t-test	Sig.
1	4.987	.000	14	4.172	.000
2	5.129	.000	15	4.537	.000
3	2.240	.029	16	4.582	.000
4	4.089	.000	17	6.374	.000
5	1.155*	.253	18	1.212*	.231
6	4.886	.000	19	3.613	.001
7	3.536	.001	20	6.706	.000
8	4.006	.000	21	4.960	.000
9	2.197	.032	22	4.376	.000
10	1.453*	.152	23	3.568	.001
11	2.446	.018	24	5.536	.000
12	7.080	.000	25	1.440*	.155
13	1.212*	.231			

หมายเหตุ * คือข้อที่ตัดออก

ความเชื่อมั่น .80

ตาราง 29 แสดงคะแนนจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ด้านความรู้ ความคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนได้รับการสอน / แบบ		คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการสอน / แบบ	
	วัฏจักรสืบเสาะหา ความรู้แบบ 5 Es	วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT	วัฏจักรสืบเสาะหา ความรู้แบบ 5 Es	วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
1	8	7	26	22
2	9	10	23	22
3	9	8	24	21
4	11	8	17	26
5	9	5	22	21
6	12	7	17	19
7	15	10	18	21
8	10	6	23	15
9	7	8	18	20
10	11	10	24	17
11	9	9	17	22
12	11	13	25	13
13	12	12	18	20

ตาราง 29 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนได้รับการสอน / แบบ		คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการสอน / แบบ	
	วิทยากรสืบเสาะหา ความรู้แบบ 5 Es	วิทยากรการเรียนรู้ 4 MAT	วิทยากรสืบเสาะหา ความรู้แบบ 5 Es	วิทยากรการเรียนรู้ 4 MAT
14	7	8	22	21
15	6	14	20	25
16	13	7	18	20
17	6	5	19	22
18	7	7	15	17
19	6	5	19	19
20	11	10	17	20
21	10	9	25	22
22	7	9	18	20
23	7	6	26	22
24	8	7	25	19
25	7	10	17	23
26	10	8	16	22
27	10	13	16	24
28	7	11	17	22
29	10	9	15	21
30	7	12	15	19
31	9	10	16	22
32	7	10	17	23
33	10	10	18	17
34	9	8	17	22
35	5	9	15	22
36	10	11	15	23
37	6	10	16	23
38	8		18	
39	9		17	
40	6		25	

ตาราง 30 แสดงคะแนนจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ด้านกระบวนการเรียนรู้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านกระบวนการเรียนรู้ ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการสอน / แบบ	
	วัฏจักรสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
1	33	41
2	33	41
3	33	41
4	33	41
5	33	41
6	39	32
7	39	32
8	39	32
9	39	32
10	39	32
11	40	27
12	40	27
13	40	27
14	40	27
15	40	27
16	42	42
17	42	42
18	42	42
19	42	42
20	42	42
21	40	36
22	40	36
23	40	36
24	40	36
25	40	36
26	35	35
27	35	35
28	35	35
29	35	35
30	35	35
31	40	35

ตาราง 30 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านกระบวนการเรียนรู้ ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการสอน / แบบ	
	วัฏจักรสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 Es	วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
32	40	35
33	40	35
34	40	23
35	40	23
36	26	23
37	26	23
38	26	
39	26	
40	26	

ตาราง 31 แสดงชื่อและประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

กลุ่มที่	ชื่อและประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการสอน / แบบ			
	วัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ แบบ 5 Es	ประเภท ของโครงการ	วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT	ประเภท ของโครงการ
1	การเคลื่อนที่แบบหมุนควง	ทฤษฎี	มหัศจรรย์การทรงตัวของ ล้อรถจักรยาน	ทดลอง
2	ว่าด้วยม้าหมุน	ทดลอง	การหมุนกับทิศ การงอกของพืช	ทดลอง
3	โมเมนต์ความเฉื่อยและทอร์ก	ทดลอง	บูมเมอแรง	ทดลอง
4	พลังงานการกลิ้งของจาน หมุน	ทดลอง	แรงเสียดทานจากการ หมุน	ทดลอง
5	และแล้ว..เบเบลคก็ หมุนรอบตัวเรา	ทดลอง	การหมุนและ ความสัมพันธ์	ทฤษฎี
6	มหาวินาทีขดลวดทองแดง	ทดลอง	ลูกข่างกระดาษ	ประดิษฐ์
7	โมเมนต์ความเฉื่อยของทรง กระบอกตัน	ทดลอง	โยโย่..ลูกดิ่งมหาสนุก	ทดลอง
8	กิ้งหั้นลม	ทดลอง	การหมุนของกิ้งหั้นลม	ทดลอง

ตาราง 32 แสดงคะแนนจากแบบวัดเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนได้รับการสอน / แบบ		คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการสอน / แบบ	
	วัฏจักรสืบเสาะหา ความรู้แบบ 5 Es	วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT	วัฏจักรสืบเสาะหา ความรู้แบบ 5 Es	วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT
1	68	68	77	73
2	68	71	71	74
3	68	75	85	74
4	71	78	78	80
5	64	68	76	71
6	64	67	67	73
7	67	67	89	76
8	61	72	77	72
9	64	70	70	93
10	69	70	68	85
11	63	67	77	85
12	66	68	71	77
13	68	68	76	85
14	69	72	85	77
15	69	68	77	82
16	72	76	75	80
17	70	68	75	77
18	62	69	80	84
19	72	68	83	81
20	69	70	76	81
21	72	68	82	76
22	73	69	85	78
23	68	73	74	75
24	69	69	73	76
25	72	70	72	90
26	65	67	73	77
27	68	68	78	72
28	69	70	71	82
29	60	72	72	83
30	70	66	72	90
31	69	66	81	85

ตาราง 32 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนได้รับการสอน / แบบ		คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการสอน / แบบ	
	วิจัยการสืบเสาะหา ความรู้แบบ 5 Es	วิจัยการการเรียนรู้ 4 MAT	วิจัยการสืบเสาะหา ความรู้แบบ 5 Es	วิจัยการการเรียนรู้ 4 MAT
32	71	68	73	72
33	71	71	81	75
34	69	67	71	77
35	65	70	68	74
36	72	68	72	76
37	68	62	74	73
38	71		73	
39	69		75	
40	69		72	