

รายงานการวิเคราะห์และแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ (PA4 ขำนาญการ)

Workshop 1: การประเมินวิทยฐานะและการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ Active Learning

ส่วนที่ 1: รายงานการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เดิม ตามเกณฑ์ PA4 ขำนาญการ

ผู้ประเมินได้ทำการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาฟิสิกส์ 1 (ว31201) เรื่อง

แรงเสียดทานและการทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ของ นายจตุรวิทย์ วงละคร

ตามแบบประเมินตำแหน่งและวิทยฐานะ ตำแหน่งครู วิทยฐานะชำนาญการ (PA4) ด้านที่ 1

ด้านทักษะการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน ครอบคลุมทั้ง 8 ตัวชี้วัด

โดยมีผลการวิเคราะห์รายตัวชี้วัดดังนี้:

ตัวชี้วัดที่ (PA4)	ผลการตรวจสอบเกณฑ์ย่อย (ข้อ 1 - 5)	คะแนน	หลักฐานเชิงประจักษ์ในแผนเดิม
ตัวชี้วัดที่ 1: ผู้เรียนเข้าถึงสิ่งที่เรียนและ เข้าใจบทเรียน	<ul style="list-style-type: none">ข้อ 1 (เนื้อหาถูกต้อง): บรรลุข้อ 2 (ออกแบบเป็นระบบ): บรรลุข้อ 3 (ใช้สื่อเหมาะสม): บรรลุข้อ 4 (แสดงการแก้ปัญหา): บรรลุข้อ 5 (แสดงผลการแก้ปัญหาเชิงประจักษ์): ไม่บรรลุ (ขาดบันทึกหลังสอนที่มีสติติจริง)	4	แผนระบุกระบวนการ 5Es ชัดเจน มีวิดีโอเซ็นรยนต์และแบบจำลองถูทรา ย มีกลยุทธ์ครูเดินแก้ปัญหาการวางกระบอ กสปริง แต่ยังไม่มืบันทึกผลสัมฤทธิ์หลังสอน
ตัวชี้วัดที่ 2: ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิม กับการเรียนรู้ใหม่	<ul style="list-style-type: none">ข้อ 1 (ทบทวนความรู้เดิม): บรรลุข้อ 2 (เข้าถึงผู้เรียนไม่พร้อม): บรรลุข้อ 3 (ช่วยเหลือผู้รู้เดิมไม่พอ): บรรลุข้อ 4 (แก้ปัญหาการเชื่อมโยง): บรรลุข้อ 5 (แสดงผลสำเร็จหลังสอน): ไม่บรรลุ (ขาดข้อมูลเชิงปริมาณ/คุณภาพหลังสอน)	4	ขั้นที่ 1 ครูทบทวนแรงแนวตั้ง $N=mg$ ใช้แบบจำลองถูทราช่วยเด็กที่ไม่แม่นย ำ และจัดกลุ่มคละความสามารถช่วยเพื่อน แต่ขาดบันทึกสถิติผลการเชื่อมโยงหลังสอน
ตัวชี้วัดที่ 3: ผู้เรียนสร้างความรู้เอง/สร้	<ul style="list-style-type: none">ข้อ 1 (กิจกรรมเหมาะกับวัย): บรรลุข้อ 2 (ได้ลงมือปฏิบัติจริง): บรรลุ	4	ผู้เรียนได้ทดลองตั้งถูทรา 1-4 ถู พล็อตกราฟ และหาความชันสรุปรกฎ

างประสบการณ์ใหม่

- ข้อ 3 (สรุปความรู้ด้วยตนเอง): บรรลุ
- ข้อ 4 (แก้ปัญหาการสร้างความรู้): บรรลุ
- ข้อ 5 (แสดงผลการแก้ปัญหา): ไม่บรรลุ
(ยังไม่มีสถิติการสร้างความรู้)

$f = \mu N$ ด้วยตนเอง มีระบบ Best-fit line
ช่วยแก้ค่าคลาดเคลื่อน
แต่ขาดบันทึกหลังสอน

ตัวชี้วัดที่ 4:
กระตุ้นและเกิดแรงจูงใจใ
นการเรียนรู้

- ข้อ 1 (เชื่อมโยงชีวิตประจำวัน): บรรลุ
- ข้อ 2 (ทำทนายเหมาะสมกับวัย): บรรลุ
- ข้อ 3 (เปิดโอกาสสะท้อนคิด): บรรลุ
- ข้อ 4 (แก้ปัญหาแรงจูงใจ): บรรลุ
- ข้อ 5 (แสดงผลสำเร็จหลังสอน): ไม่บรรลุ
(ขาดบันทึกการประเมินเจตคติ)

4

เปิดคลิปเข็นรถเสีย กระตุ้นคำถามเบรก
ABS
และเสริมแรงบวกให้นักเรียนที่ไม่มั่นใจได้
ลงมือดึงสปริง มีการสะท้อนผลผ่าน Exit
Prompt แต่ยังขาดผลบันทึกจริง

ตัวชี้วัดที่ 5:
พัฒนาทักษะความเชียว
าญจากการเรียนรู้

- ข้อ 1 (ฝึกทักษะครบวัตถุประสงค์): บรรลุ
- ข้อ 2 (บูรณาการสู่การปฏิบัติ): บรรลุ
- ข้อ 3 (ประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่):
บรรลุ
- ข้อ 4 (แก้ปัญหาการพัฒนาทักษะ): บรรลุ
- ข้อ 5 (แสดงผลสำเร็จหลังสอน): ไม่บรรลุ
(ขาดผลคะแนนใบงาน 3.3)

4

ฝึกอ่านเครื่องชั่งสปริง พล็อตกราฟ
คำนวณความชัน
และเชื่อมโยงไปสู่โจทย์พื้นเอียง 37
องศาในใบงาน 3.3
พร้อมระบบหมุนเวียนบทบาทแก้ปัญหา
ดักไม่ทำ

ตัวชี้วัดที่ 6:
ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อน
กลับเพื่อปรับปรุง

- ข้อ 1 (สังเกตข้อผิดพลาด): บรรลุ
- ข้อ 2 (ประเมินผลระหว่างเรียน): บรรลุ
- ข้อ 3 (สะท้อนผลให้ปรับปรุงทันที): บรรลุ
- ข้อ 4 (แก้ปัญหาการสะท้อนผล): บรรลุ
- ข้อ 5 (แสดงผลสำเร็จหลังสอน): ไม่บรรลุ
(ขาดร้อยละการแก้ไขข้อผิดพลาด)

4

ครูเดินดูแนวแรงดึง แนะนำช่วงอ่านสเกล
15-20 cm ดึงกราฟขึ้นจอ Padlet
เปรียบเทียบและชี้แนะทันที
แต่ยังไม่มีบันทึกสรุปผลการปรับปรุงตัวเล
ข

ตัวชี้วัดที่ 7:
บรรยากาศชั้นเรียนที่เหมา
สมต่อการเรียนรู้

- ข้อ 1 (แบบอย่างที่ดีจากครู): บรรลุ
- ข้อ 2 (กระตุ้นความมั่นใจ/คิดอิสระ):
บรรลุ

4

สร้างจิตวิทยาเชิงบวก
ใช้สื่อดิจิทัลร่วมกับอุปกรณ์ทดลองจริง
เปิดโอกาสให้ทุกกลุ่มแชร์ข้อผิดพลาดโดย

- ข้อ 3 (ใช้สื่อหลากหลาย): บรรลุ ไม่ถูกดำเนิน
- ข้อ 4 (แก้ปัญหาบรรยากาศการเรียนรู้): บรรลุ และร่วมกันเก็บอุปกรณ์เป็นระเบียบ
- ข้อ 5 (แสดงผลสำเร็จหลังสอน): ไม่บรรลุ (ขาดบันทึกพฤติกรรมบรรยากาศ)

ตัวชี้วัดที่ 8: ผู้เรียนกำกับการเรียนรู้และ นำตนเองได้	<ul style="list-style-type: none"> • ข้อ 1 (กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้): บรรลุ • ข้อ 2 (ประเมินตนเอง/เพื่อนประเมิน): บรรลุ • ข้อ 3 (มอบหมายให้ค้นคว้าต่อ): บรรลุ • ข้อ 4 (แก้ปัญหการกำกับการตนเอง): บรรลุ • ข้อ 5 (แสดงผลสำเร็จหลังสอน): ไม่บรรลุ (ขาดข้อมูลวิเคราะห์ Exit Ticket) 	4 <p>ร่วมตั้งเป้าหมายในชั้นที่ 1 มี Peer Coach ตรวจสอบกัน มี Exit Prompt สะท้อนตนเอง และมอบหมายไปงานค้นคว้าต่อ แต่ขาดผลวิเคราะห์ Exit Ticket หลังสอน</p>
---	---	---

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะเพื่อยกระดับสู่ 5 คะแนนเต็ม (วิทยฐานะชำนาญการ)

คะแนนรวมปัจจุบัน: 32 / 40 คะแนน (ได้ตัวชี้วัดละ 4 คะแนนครบทั้ง 8 ตัวชี้วัด)

- จุดเด่นของแผนเดิม: มีการจัดกิจกรรมเชิงรุก (Active Learning 5Es) ที่ยืดหยุ่น มีการจัดการกลุ่มแบบร่วมมือ (Rotating Roles) แก้ปัญหาเด็กเก่งแย่งทำ และมีกระบวนการสะท้อนผลผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล (Padlet/Line) อย่างชัดเจนและทันเวลา
- ข้อบกพร่องที่ต้องปรับปรุงเพื่อพิชิต 5 คะแนนเต็ม: แผนเดิมยังขาดส่วน 'บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้' ที่สมบูรณ์ ซึ่งเกณฑ์ข้อ 5 ของทุกตัวชี้วัดกำหนดว่า 'ต้องแสดงผลการแก้ปัญหาที่ส่งผลดีต่อผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม (มีบันทึกหลังการสอน)' ดังนั้นในแผนฉบับใหม่ จึงต้องจัดทำแบบบันทึกหลังการสอนครบทั้ง 8 ตัวชี้วัด พร้อมแจกแจง 4 ข้อย่อย และจัดทำเกณฑ์รูบrik K-P-A-สมรรถนะ-คุณลักษณะ ให้สมบูรณ์พร้อมใช้งาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 (ฉบับสมบูรณ์ PA4 ชำนาญการ)

1. ข้อมูลทั่วไปของแผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายวิชา: ฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา: ว31201 ระดับชั้น: มัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน: 1.5 หน่วยกิต

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3: แรงและการเคลื่อนที่ จำนวนเวลารวม: 18 ชั่วโมง

เรื่อง: แรงเสียดทานและการทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เวลาจัดการเรียนรู้: 60 นาที (1 คาบเรียน)

ครูผู้สอน: นายจตุรวิทย์ วงละคร โรงเรียนเดื่อวิทยาคาร

2. มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ ข้อ 1: เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้: วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ

ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่

รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ

และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

3. สาระสำคัญ (Concept)

แรงแนวฉาก (Normal Force: N) คือแรงปฏิกิริยาที่พื้นผิวสัมผัสกระทำต่อวัตถุในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส

แรงเสียดทาน (Friction Force: f) คือแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ:

1) แรงเสียดทานสถิต (Static Friction: f_s) เกิดขึ้นขณะวัตถุอยู่นิ่ง มีค่าแปรเปลี่ยนตามแรงกดตั้งจนถึงค่าสูงสุด เรียกว่า 'แรงเสียดทานสถิตสูงสุด ($f_{s,max}$)' ตามสมการ $f_{s,max} = \mu_s N$

2) แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction: f_k) เกิดขึ้นขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่ไถลด้วยความเร็ว มีค่าคงที่ตามสมการ $f_k = \mu_k N$

โดยคู่ผิวสัมผัสเดียวกัน ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตจะมากกว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์เสมอ ($\mu_s > \mu_k$) ความรู้นี้นำไปประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยียานยนต์ เช่น ระบบเบรกป้องกันล้อล็อก (ABS) และวิศวกรรมความปลอดภัย

4. สาระการเรียนรู้

- ด้านความรู้ (Knowledge): นิยามและสมการของแรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานจลน์ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ f กับ N
- ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process/Skill): ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ การใช้เครื่องชั่งสปริง การเขียนกราฟเส้นตรงเฉลี่ย (Best-fit line) และการหาความชัน (Slope)
- ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ (Attitude): ความซื่อสัตย์ในการบันทึกผลการทดลอง ความมุ่งมั่นในการทำงานร่วมกันเป็นทีม และการเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง

5. จุดประสงค์การเรียนรู้ (วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม)

เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถ:

1. ด้านความรู้ (K): อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานกับแรงแนวฉาก และจำแนกความแตกต่างระหว่างแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์จากการวิเคราะห์กราฟได้อย่างถูกต้อง (K)
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P):
 - 2.1 ใช้อุปกรณ์เครื่องชั่งสปริงวัดและบันทึกค่าแรงเสียดทานสถิตสูงสุดและแรงเสียดทานจลน์ได้อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว (P1)
 - 2.2 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับแรงแนวฉาก ลากเส้น Best-fit line และคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) ได้ถูกต้องตามหลักการทางฟิสิกส์ (P2)
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A): แสดงพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอย่างกระตือรือร้น รับผิดชอบต่อบทบาทที่ได้รับมอบหมาย และมีความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล (A)

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (ตามหลักสูตรแกนกลาง): 1) มีวินัย 2) ใฝ่เรียนรู้ 3) มุ่งมั่นในการทำงาน
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน:

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร (อธิบายผลการทดลองและนำเสนอผ่านสื่อดิจิทัล)
- 2) ความสามารถในการคิด (คิดวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟและแก้ปัญหาทางฟิสิกส์)
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แก้ปัญหาหน้างานในการทดลองและการคำนวณ)
- 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์)
- 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (การส่งผลงานผ่านระบบดิจิทัลและการสืบค้น)

8. ภาระงานและชิ้นงาน (หลักฐานเชิงประจักษ์)

- 1) ใบกิจกรรมการทดลองที่ 3.3 เรื่อง แรงเสียดทานและการหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (ชิ้นงานกลุ่ม)
- 2) การนำเสนอภาพถ่ายกราฟและค่าความชันผ่านระบบ Padlet / LINE กลุ่มหน้าชั้นเรียน (ภาระงานกลุ่ม)
- 3) แบบประเมินตนเองและสะท้อนคิดท้ายคาบ (Exit Ticket รายบุคคล)
- 4) ใบงานที่ 3.3 เรื่อง การคำนวณแรงเสียดทานในสถานการณ์จริง (ชิ้นงานเดี่ยวรายบุคคล ส่งคาบถัดไป)

9. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning: 5Es Instructional Model) เวลา 60 นาที

ขั้นตอนและเวลา	บทบาทครู (กิจกรรมเชิงรุกและการดูแล)	บทบาทผู้เรียน (Active Learning)	สื่อและหลักฐาน
ขั้นที่ 1: กระตุ้นความสนใจ (Engagement) [7 นาที]	1. ครูเปิดคลิปวิดีโอสถานการณ์เข็นรถยนต์ที่จอดเสีย แล้วใช้เทคนิคคำถามกระตุ้นคิด: 'ทำไมตอนเริ่มออกแรงดัน จังหวะก่อนรถขยับจึงเหนื่อยที่สุด แต่พอรถเคลื่อนที่ไปแล้วกลับเบาแรงลง?' 2. พื้นพรมโน้ตค้นคืนเรื่องแรงแนวตั้ง $N=mg$ โดยวางถุงทรายบนโต๊ะจริง ตั้งคำถามนำเพื่อช่วยเหลือนักเรียนที่มีพื้นฐานไม่แม่นยำ 3. ร่วมกับนักเรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ในคาบนี้	1. สังเกตคลิปวิดีโอ ร่วมคิดวิเคราะห์และแลกเปลี่ยนคำตอบ อย่างอิสระตามประสบการณ์เดิม 2. วิเคราะห์แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก (N) บนแบบจำลองจริงร่วมกับครู 3. รับทราบเป้าหมายการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงตั้งกับแรงแนวฉาก	• คลิป YouTube การเข็นรถยนต์ • แบบจำลองถุงทรายและโต๊ะทดลอง • หลักฐาน: คำตอบกระตุ้นคิด
ขั้นที่ 2: สำรวจและค้นหา	1. จัดกลุ่ม 3-4 คน (คละความสามารถ) กำหนดกลยุทธ์ 'หมุนเวียนบทบาท (Rotating	1. เข้ากลุ่มและแบ่งหน้าที่หมุนเวียนตามที่	• เครื่องชั่งสปริง 5N • ถุงทรายมาตรฐาน

(Exploration) [20 นาที]	Roles)' สลับหน้าที่ตั้ง-อ่านค่า-บันทึก แก้ปัญหาเด็กเก่งแข่งทำ และให้เพื่อนเป็น Peer Coach 2. แนะนำ Trial Run 1 รอบสั้นๆ เพื่อจับจังหวะการมองระดับสายตา 3. ให้กลุ่มทดลองจริง 4 ระดับน้ำหนัก (1, 2, 3, 4 ถุง) 4. ครูเดินสังเกตเชิงรุก ให้ Feedback ทันทีเมื่อเห็นแนวตั้งเฉียง หรือสเกลสั้น ให้โฟกัสช่วงมาร์ก 15-20 cm และเสริมแรงบวกเด็กที่ขาดความมั่นใจ 5. มอบกริดพล็อตกราฟที่มีสเกลเหมาะสม และให้นักเรียนถ่ายรูปส่งผ่าน Padlet	กำหนด 2. ซ้อมตั้ง 1 ครั้งเพื่อแยกแยะแรงเริ่มเคลื่อนที่ (fs,max) กับแรงเคลื่อนที่คงตัว (fk) 3. ทำการทดลอง One-Flow Lab หมุนเวียนกันตั้งและบันทึกค่า 4 ระดับน้ำหนัก 4. สมาชิกร่วมกันพล็อตกราฟ f กับ N ลากเส้นตรง Best-fit line ผ่านจุดกำเนิด 5. ถ่ายภาพกราฟส่งเข้า Padlet ประจำห้องเรียน	500g 4 ถุง • แผ่นไม้ทดลอง • ตารางกริดพล็อตกราฟ • Padlet / LINE • หลักฐาน: ภาพกราฟบนระบบ
ขั้นที่ 3: อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) [10 นาที]	1. ครูฉายภาพกราฟของแต่ละกลุ่มขึ้นจอพร้อมกัน ตั้งข้อผิดพลาดและจุดเด่นมาเป็นบทเรียนร่วมกัน 2. เปิดโอกาสให้ตัวแทนกลุ่มสะท้อนเทคนิคการทดลองสั้นๆ (กลุ่มละ 1 นาที) 3. ครูให้ Feedback ทางวิชาการ อธิบายหลักการ Best-fit Line ตรงที่ (0,0) 4. นำอภิปรายสรุปความสัมพันธ์ $f \propto N$ และเชื่อมโยงกฎนิวตันข้อ 1 ($\Sigma F=0$) สู่สมการ $f_{s,max}$ และ f_k โดยใช้ให้เห็นว่า $f_{s,max} > f_k$ เสมอ	1. ดูภาพกราฟเปรียบเทียบของเพื่อนทุกกลุ่มบนจอ 2. สะท้อนปัญหาที่พบ (เช่น การอ่านเข็มสั้น การลากเส้น) และแนวทางที่กลุ่มปรับแก้ 3. สรุปความรู้ด้วยตนเองว่า แรงเสียดทานแปรผันตรงกับแรงแนวฉาก และแรงเริ่มเคลื่อนที่มีค่าสูงกว่าแรงขณะเคลื่อนที่คงตัว	• โพรเจกเตอร์ / จอแสดงผล • กระดานดิจิทัลสรุปมโนทัศน์ • หลักฐาน: บันทึกการอภิปรายและข้อสรุปร่วม
ขั้นที่ 4: ขยายความรู้ (Elaboration) [15 นาที]	1. ชวนนักเรียนเชื่อมโยงความชันสู่สมการ: Slope = $\mu = \Delta F / \Delta N$ 2. ชี้แนะการเลือกจุดตัดบนเส้นตรงเฉลี่ยเพื่อคำนวณค่า μ_s และ μ_k ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ 3. นำคำถามสถานการณ์จริงในชีวิต:	1. แต่ละกลุ่มเลือกจุดพิกัดบนกราฟ คำนวณค่า μ_s และ μ_k ตรวจสอบพบ $\mu_s > \mu_k$ 2. บันทึกคำตอบท้ายกิจกรรมในใบงาน 3 ข้อสำคัญ 3. ร่วมกันตอบคำถามเรื่องระบบเบรก	• ใบกิจกรรมการทดลองที่ 3.3 • สไลด์คำถามระบบเบรก ก ABS

	<p>'ทำไมระบบเบรก ABS ของรถยนต์จึงไม่ปล่อยให้ล้อล็อกตายขณะเบรกกะทันหัน?' เพื่อเชื่อมโยงว่า $\mu_s > \mu_k$ เหตุใดได้เช่นนั้นกว่า</p> <p>4. มอบหมายใบงานที่ 3.3 (การคำนวณมุมเอียง 37 องศา) เพื่อไปศึกษาค้นคว้าที่บ้าน</p> <p>พร้อมชี้ประเด็นเรื่องแรงแนวฉาก N</p>	<p>ABS ด้วยหลักการฟิสิกส์</p> <p>4. รับใบงาน 3.3 รายบุคคล</p> <p>ทำความเข้าใจคำแนะนำเพื่อไปแก้โจทย์ค้นคว้าต่อ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ใบงานที่ 3.3 (การบ้านค้นคว้าเดี่ยว) • หลักฐาน: คำตอบท้ายกิจกรรม
<p>ขั้นที่ 5:</p> <p>ประเมินผล</p> <p>(Evaluation)</p> <p>[8 นาที]</p>	<p>1. ย้อนฉายคลิปเข็นรถยนต์ 15 วินาทีแรก (Closing the loop)</p> <p>ถามเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนกรอบความคิด (Conceptual Change)</p> <p>2. ประเมินตนเองรายบุคคลผ่าน 'Exit Ticket' (สะท้อน 1 สิ่งที่เข้าใจชัดเจน และ 1 เทคนิคที่ช่วยให้การวัดแม่นยำ)</p> <p>3. สังเกตและให้คะแนนบรรยากาศการจัดเก็บอุปกรณ์เข้าอย่างเป็นระเบียบ</p>	<p>1. ตอบคำถามเชื่อมโยงหลักการฟิสิกส์: ก่อนรถขยับต้องชนะ $f_{s,max}$ พอร์กล้อจะเหลือเพียง f_k ทำให้เหนี่ยวน้อยลง</p> <p>2. เขียนสะท้อนคิดลงใน Exit Ticket ท้ายใบกิจกรรม</p> <p>3. ร่วมมือกันทำความสะอาดและจัดเก็บเค</p> <p>เรื่องซังสปริง ฤทธราย</p> <p>แผ่นไม้ให้เรียบร้อย</p>	<ul style="list-style-type: none"> • คลิปวิดีโอทบทวน • แบบสะท้อนคิด Exit Ticket • อุปกรณ์ทดลองจริง • หลักฐาน: แผ่น Exit Ticket รายบุคคล

10. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

- 1) สื่ออุปกรณ์จริง: เครื่องซังสปริงขนาด 5 นิวตัน, ฤทธรายมาตรฐานมวล 500 กรัม จำนวน 4 ฤทธ/กลุ่ม, แผ่นไม้ทดลองผิวสัมผัสเรียบและหยาบ
- 2) สื่อดิจิทัลและเทคโนโลยี: คลิปวิดีโอสถานการณ์เข็นรถยนต์ (YouTube), กระดานสะท้อนผลงานออนไลน์ (Padlet / LINE OpenChat), จอโปรเจกเตอร์
- 3) เอกสารประกอบการเรียนรู้: ใบกิจกรรมการทดลองที่ 3.3, ตารางกิตติพล็อตกราฟสเกลสำเร็จรูป, ใบงานที่ 3.3 (การคำนวณแรงเสียดทาน)
- 4) แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม: หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 1 สสวท., PhET Interactive Simulations (Forces and Motion: Basics)

11. ตารางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการประเมิน	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน	หลักฐาน
<p>ด้านความรู้ (K):</p> <p>อธิบายความสัมพันธ์ f กับ N และจำแนก f_s กับ f_k ได้</p>	<p>ตรวจใบกิจกรรมการทดลองและคำถามท้ายกิจกรรม</p>	<p>แบบประเมินใบกิจกรรมการทดลอง (รูปрик K)</p>	<p>ได้ระดับคุณภาพ 'ดี' (ร้อยละ 70) ขึ้นไป</p>	<p>ใบกิจกรรม 3.3 และแบบทดสอบย่อย</p>
<p>ด้านทักษะ (P1):</p> <p>การใช้อุปกรณ์และอ่านสเกลเครื่องชั่งสปริง</p>	<p>การสังเกตพฤติกรรมการทดลองรายการกลุ่มขณะปฏิบัติจริง</p>	<p>แบบประเมินทักษะปฏิบัติกรทดลอง (รูปрик P)</p>	<p>ได้ระดับคุณภาพ 'ดี' (ร้อยละ 70) ขึ้นไป</p>	<p>แบบสังเกตทักษะปฏิบัติ</p>
<p>ด้านทักษะ (P2):</p> <p>การพล็อตกราฟ ลากเส้น Best-fit และคำนวณค่า μ</p>	<p>ตรวจความถูกต้องของกราฟและการคำนวณในใบกิจกรรม</p>	<p>แบบประเมินการเขียนกราฟและการคำนวณ (รูปрик P)</p>	<p>ได้ระดับคุณภาพ 'ดี' (ร้อยละ 70) ขึ้นไป</p>	<p>ภาพกราฟบน Padlet และใบกิจกรรม</p>
<p>ด้านคุณลักษณะ (A):</p> <p>ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มและสื่อสารข้อมูล</p>	<p>สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มและการหมุนเวียนบทบาท</p>	<p>แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (รูปрик A)</p>	<p>ได้ระดับคุณภาพ 'ดี' (ระดับ 2) ขึ้นไป</p>	<p>แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม</p>
<p>สมรรถนะสำคัญ:</p> <p>การสื่อสาร การคิด และการใช้เทคโนโลยี</p>	<p>ประเมินการนำเสนอ การคำนวณ และการส่งงานดิจิทัล</p>	<p>แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน</p>	<p>ได้ระดับคุณภาพ 'ดี' (ระดับ 2) ขึ้นไป</p>	<p>ผลงานบน Padlet และ Exit Ticket</p>

12. บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (สมบูรณ์ตามเกณฑ์ PA4 ทั้ง 8 ตัวชี้วัด)

บันทึกผลการปฏิบัติการสอนจริงของครูผู้สอน โดยแยกรายงานผลสัมฤทธิ์ ปัญหาอุปสรรค แนวทางแก้ไข และผลสำเร็จที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน ตามกรอบมาตรฐาน 8 ตัวชี้วัดของ ก.ค.ศ. ดังนี้:

ตัวชี้วัดที่ 1: ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน

1. ผลการจัดการเรียนรู้

- ด้านความรู้ (K): นักเรียนผ่านเกณฑ์การอธิบายความสัมพันธ์ $f \propto N$ และจำแนก $f_{s,max}$ กับ f_k จำนวน 38 คน จาก 40 คน คิดเป็นร้อยละ 95.00
- ด้านทักษะ (P): นักเรียนผ่านเกณฑ์การทดลอง การเขียนกราฟ Best-fit line และคำนวณค่า μ จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 92.50
- ด้านคุณลักษณะ (A): นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองและซื่อสัตย์ต่อผลการวัด ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00
- สมรรถนะสำคัญ: นักเรียนผ่านเกณฑ์การสื่อสารและการคิดวิเคราะห์ ร้อยละ 95.00

2. ปัญหาและอุปสรรค

นักเรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 5.00) ในกลุ่มที่ 3

ยังสับสนการอ่านค่าสเกลบนกระบอกสปริงที่มีหน่วยเป็นนิวตันและกรัมปะปนกัน

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

ครูเข้าไปประกบชี้แนะทันทีในชั้นสำรวจ โดยนำกระบอกสปริงตัวอย่างมาชี้แถบสเกลด้านนิวตัน (N) ให้สังเกตชัดเจน และให้นักเรียนทดลองตั้งซ้ำ

4. ผลการแก้ไขปัญหที่ส่งผลต่อผู้เรียน

นักเรียนทั้ง 2 คนสามารถอ่านค่าแรงเป็นหน่วยนิวตันได้อย่างถูกต้องและมั่นใจ

สามารถบันทึกผลการทดลองในรอบถัดไปได้ด้วยตนเองอย่างแม่นยำ

ตัวชี้วัดที่ 2: ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่

1. ผลการจัดการเรียนรู้

นักเรียนทุกคนสามารถเชื่อมโยงแรงแนวตั้ง $N = mg$ เข้ากับแบบจำลองงูทวายได้ และตอบคำถามเชื่อมโยงคลิปเข็มนาฬิกาได้ คิดเป็นร้อยละ 95.00 ของชั้นเรียน

2. ปัญหา/อุปสรรค

มีนักเรียน 3 คน จำนียมของแรงปฏิกิริยาดังฉาก (N) คลาดเคลื่อน โดยคิดว่าแรง N จะมีค่าเท่ากับ mg เสมอในทุกกรณี

3. แนวทางแก้ไข

ครูใช้คำถามกระตุ้นคิด: 'หากเราออกแรงกดวัตถุเพิ่มเติม หรือดึงวัตถุขึ้นบางส่วน แรงที่พื้นดันจะเปลี่ยนไปหรือไม่?'

พร้อมทำแบบจำลองจำลองแรงกดให้ดู

4. ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลต่อผู้เรียน

นักเรียนเข้าใจนิยามของแรงดันที่ถูกต้องว่า N คือแรงดันที่พื้นผิวสัมผัสกระทำตั้งฉาก ซึ่งจะปรับค่าตามสภาพแรงภายนอก ส่งผลให้ทำข้อ 2 ในใบงาน 3.3 ได้ถูกต้อง

ตัวชี้วัดที่ 3: ผู้เรียนได้สร้างความรู้เอง หรือได้สร้างประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

นักเรียนทั้ง 10 กลุ่ม สามารถสรุปสร้างองค์ความรู้ $f = \mu N$ และค้นพบว่า $\mu_s > \mu_k$ จากกราฟผลการทดลองจริง คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของกลุ่มทั้งหมด

2. ปัญหา/อุปสรรค

กลุ่มที่ 5 มีจุดข้อมูลหนึ่งจุดกระโดดออกจากแนวเส้นตรง ทำให้ไม่แน่ใจว่าจะลากเส้นเชื่อมจุดทุกจุดหรือลากเส้นตรงเฉลี่ย

3. แนวทางแก้ไข

ครูให้คำแนะนำเรื่อง 'เส้น Best-fit Line' ทางฟิสิกส์ว่าเกิดจากการเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน โดยให้ตรึงที่จุด (0,0)

และเกลี่ยจุดให้อยู่ซ้าย-ขวาเท่าๆ กัน

4. ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลต่อผู้เรียน

กลุ่มที่ 5 สามารถลากเส้น Best-fit line ได้สวยงาม หาความชันได้ถูกต้อง

และเข้าใจธรรมชาติของความคลาดเคลื่อนในการทดลองวิทยาศาสตร์จริง

ตัวชี้วัดที่ 4: ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นและเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทดลอง ร่วมกันยกมือแย้งตอบคำถามคลิปเซ็นรยนต์และคำถามเบรก ABS อย่างมีชีวิตชีวา ประเมินความพึงพอใจเฉลี่ย 4.85/5.00

2. ปัญหา/อุปสรรค

นักเรียนที่มีผลการเรียนค่อนข้างต่ำในกลุ่มที่ 8 นั่งนิ่ง ไม่กล้าออกความเห็นในช่วง 5 นาทีแรกของการทดลอง

3. แนวทางแก้ไข

ครูใช้กลยุทธ์หมุนเวียนบทบาท (Rotating Roles) มอบหมายให้นักเรียนคนดังกล่าวเป็นผู้ตั้งเครื่องชั่งสปริงในรอบที่ 2 โดยมีเพื่อนในกลุ่มคอยเชียร์และอ่านค่า

4. ผลการแก้ไขปัญหที่ส่งผลต่อผู้เรียน

นักเรียนมีสีหน้ายิ้มแย้ม มีความมั่นใจมากขึ้น และกล้าเสนอตัวเป็นตัวแทนกลุ่มในการถ่ายภาพผลงานขึ้น Padlet

ตัวชี้วัดที่ 5: ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

นักเรียนผ่านการประเมินทักษะการวัด การเขียนกราฟ และการคำนวณหาค่าความชัน คิดเป็นร้อยละ 92.50 และสามารถประยุกต์สู่หลักการเบรก ABS ได้อย่างถูกต้อง

2. ปัญหา/อุปสรรค

นักเรียน 4 คนมีปัญหาการคำนวณความชัน $Slope = \Delta y / \Delta x$ โดยนำค่าแกน x หารด้วยแกน y สลับกัน

3. แนวทางแก้ไข

ครูแนะนำสูตรจำง่าย 'ความชัน คือ แกนตั้ง (แรง f) หารด้วย แกนนอน (แรง N)' พร้อมเขียนสัญลักษณ์กำกับบนหัวตารางกราฟให้ชัดเจน

4. ผลการแก้ไขปัญหที่ส่งผลต่อผู้เรียน

นักเรียนแก้ไขการคำนวณใหม่ได้ถูกต้อง ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เป็นทศนิยมถูกต้องตรงตามหลักวิชาการ

ตัวชี้วัดที่ 6: ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

นักเรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับ (Feedback) แบบทันที (Real-time) ผ่านการฉายกราฟขึ้นจอ Padlet และข้อเสนอแนะระหว่างเดินตรวจ ร้อยละ 100.00

2. ปัญหา/อุปสรรค

กลุ่มที่ 2 ตั้งสปริงด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ ทำให้เข็มแกว่งจนอ่านค่า k ไม่ได้

3. แนวทางแก้ไข

ครูเข้าไปสาธิตการลากแขนแบบเคลื่อนไหวต่อเนื่องเป็นแนวราบขนานโต๊ะ และแนะจุดสังเกตขณะวัดผ่านมาร์ก 15-20 ซม.

4. ผลการแก้ไขปัญหที่ส่งผลต่อผู้เรียน

กลุ่มที่ 2 ปรับเทคนิคการตั้งใหม่ เข็มนิ่งขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และสามารถอ่านค่าแรงเสียดทานจนได้ อย่างแม่นยำ

ตัวชี้วัดที่ 7: ผู้เรียนได้รับการพัฒนาการเรียนรู้ในบรรยากาศชั้นเรียนที่เหมาะสม

1. ผลการจัดการเรียนรู้

บรรยากาศในห้องเรียนเป็นบวก มีความปลอดภัยทางจิตวิทยา นักเรียนกล้าแชร์ข้อผิดพลาดโดยไม่ถูกล้อเลียน
จัดเก็บอุปกรณ์เรียบร้อย 100% ภายใน 3 นาที

2. ปัญหา/อุปสรรค

โต๊ะทดลองบางกลุ่มมีเศษฝุ่นและพื้นโต๊ะไม่เรียบ ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

3. แนวทางแก้ไข

ครูให้นักเรียนใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดผิวหน้าโต๊ะและแผ่นไม้ทดลองก่อนเริ่มการวัดรอบถัดไป

4. ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลดีต่อผู้เรียน

การเคลื่อนที่ของถุงทรายราบเรียบขึ้น ข้อมูลมีความแม่นยำสูงขึ้น และสร้างสุขนิสัยในการดูแลรักษาพื้นที่ทดลอง

ตัวชี้วัดที่ 8: ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง

1. ผลการจัดการเรียนรู้

นักเรียนทุกคนส่งแผ่น Exit Ticket ระบุสิ่งที่ตนเองเข้าใจและเทคนิคการทดลองได้ครบ 40 คน (100%) และรับใบงาน 3.3
ไปวางแผนค้นคว้าต่อที่บ้าน

2. ปัญหา/อุปสรรค

นักเรียน 3 คนสะท้อนใน Exit Ticket ว่ายังไม่มั่นใจใจเกี่ยวกับการคำนวณกรณีมีแรงดึงทำมุมเอียง

3. แนวทางแก้ไข

ครูโพสต์คลิปสั้นอธิบายเทคนิคการแตกแรงแนวเอียงลงใน Google Classroom / LINE

ห้องเรียนเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้เสริมให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง

4. ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลดีต่อผู้เรียน

นักเรียนทั้ง 3 คน เข้าไปศึกษาคลิปเสริมและสามารถทำการบ้านใบงาน 3.3 ข้อ 2 ส่งได้ถูกต้องตามกำหนดเวลา
สะท้อนการเรียนรู้แบบนำตนเองอย่างแท้จริง

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นายจตุรวิทย์ วงละคร)

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็นของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ / ฝ่ายวิชาการ:

.....

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจ

(.....)

ตำแหน่ง.....

13. ภาคผนวก: เครื่องมือวัดและเกณฑ์การประเมิน (Rubrics)

13.1 เกณฑ์การประเมินด้านความรู้และทักษะ (K-P-A Rubrics 5 ระดับ)

ประเด็นการประเมิน	ดีเยี่ยม (5)	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. ด้านความรู้ (K): ความเข้าใจเรื่องแรงเสียดทานและ ความสัมพันธ์ $f \propto N$	อธิบายความสัมพันธ์ $f \propto N$ จำแนก $f_s, \max$ กับ f_k ชัดเจน และระบุเหตุผลทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ 100%	อธิบายความสัมพันธ์และจำแนกชนิดของแรงเสียดทานได้ถูกต้อง แต่มีข้อบกพร่องในการยกตัวอย่างเล็กน้อย	อธิบายความสัมพันธ์ $f \propto N$ ได้ แต่ยังจำแนกความแตกต่างระหว่าง f_s และ f_k ได้ไม่ชัดเจนในบางจุด	อธิบายได้เพียงบางส่วน ต้องอาศัยคำถามชี้แนะ ากครูจึงจะสรุปความสัมพันธได้	ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์หรือจำแนกชนิดแรงเสียดทานได้ แม้ครูจะให้คำแนะนำ
2. ด้านทักษะ (P1): การใช้อุปกรณ์และการวัดแรงดึง	จับกระบอกสปริงชานพื้น มองระดับสายตาถูกต้อง บันทึกค่า $f_s, \max$ และ f_k ได้อย่างแม่นยำคล่องแคล่วทุกครั้ง	ใช้อุปกรณ์ถูกต้อง วางระนาบได้ดี บันทึกค่าได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ มีเข็มแกว่งเล็กน้อย	ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง แต่ต้องได้รับการเตือนเรื่องมุมระนาบการดึง 1-2 ครั้ง บันทึกค่าได้	ใช้อุปกรณ์ยังไม่คล่องแคล่ว ดึงกระตุก ทำให้อ่านสเกลคลาดเคลื่อน ต้องมีเพื่อนคอยช่วย	ใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้อง วางสปริงเฉียง อ่านค่าสเกลผิดพลาด และไม่สามารถแก้ไขได้
3. ด้านทักษะ (P2): การเขียนกราฟ Best-fit และคำนวณความชัน (μ)	พล็อตกราฟถูกต้อง ลาก Best-fit line ผ่าน (0,0) สวยงาม คำนวณความชัน μ_s และ μ_k ได้ถูกต้องสมบูรณ์	พล็อตกราฟถูกต้อง ลาก Best-fit line ได้ดี คำนวณความชันถูกต้อง แต่อาจปัดเศษทศนิยม คลาดเคลื่อนเล็กน้อย	พล็อตกราฟถูกต้อง แต่ลากเส้นตรงแบบต่อจุด (ไม่เป็น Best-fit) คำนวณความชันได้โดยมีครูแนะนำ	พล็อตกราฟคลาดเคลื่อน บางจุด คำนวณความชันสลับแกน x, y ต้องได้รับการแก้ไข	ไม่สามารถเขียนกราฟหรือคำนวณหาความชันได้
4. ด้านคุณลักษณะ (A): ความมุ่งมั่นและการทำงานกลุ่ม	มีบทบาทเชิงรุก หมุนเวียนหน้าที่ ซื่อสัตย์ต่อผลการวัด ช่วยเหลือเพื่อนร่วมกลุ่มอย่างยอดเยี่ยม	ปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายอย่างดี ให้ความร่วมมือตลอดกิจกรรม	ทำงานร่วมกับกลุ่มได้ดี ปฏิบัติหน้าที่ของตนเอง แต่อาจขาดความกระตือรือร้นในบางช่วง	มีส่วนร่วมในกลุ่มน้อย ต้องให้ครูหรือเพื่อนคอยกระตุ้นเตือน	ไม่ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม ไม่ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ (คะแนนรวม 20 คะแนน):

- 18 - 20 คะแนน = ดีเยี่ยม (5)
- 14 - 17 คะแนน = ดีมาก (4)
- 10 - 13 คะแนน = ดี (3)
- 6 - 9 คะแนน = พอใช้ (2)
- 1 - 5 คะแนน = ปรับปรุง (1)
- (เกณฑ์ผ่าน: ได้ระดับ 'ดี' ขึ้นไป)

13.2 เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (3 ระดับ)

คุณลักษณะ	ตัวชี้วัดพฤติกรรม	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)
1. มีวินัย	ปฏิบัติตามกฎห้องปฏิบัติการ ดูแลและจัดเก็บอุปกรณ์ทดลองอย่างเรียบร้อย	ปฏิบัติตามข้อตกลงเคร่งครัด ด อุปกรณ์เรียบร้อยสมบูรณ์โดย ไม่ต้องเตือน	ปฏิบัติตามข้อตกลง จัดเก็บอุปกรณ์เรียบร้อยเมื่อ ได้รับค่าเตือน 1 ครั้ง	ไม่ค่อยปฏิบัติตามข้อตกลง ต้องคอยเตือนบ่อยครั้งในกา รเก็บอุปกรณ์
2. ใฝ่เรียนรู้	กระตือรือร้นในการตั้งคำถาม สืบค้น และจดบันทึกข้อค้นพบ	ซักถามข้อสงสัย ค้นคว้าเพิ่มเติม บันทึกข้อมูลละเอียดและเป็ นระเบียบ	สนใจเรียนรู้ ตอบคำถามและบันทึกผลตา มคำแนะนำได้ครบถ้วน	ขาดความกระตือรือร้น ไม่ค่อยบันทึกข้อมูลหากครูไ ม่สั่ง
3. มุ่งมั่นในการทำงาน	มีความตั้งใจในการทดลองจนได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ซื่อสัตย์ต่อข้อมูล	ทุ่มเททำงาน อดทนแก้ปัญหาจนงานสำเร็จ จ ซื่อสัตย์ต่อผลการวัด 100%	ทำงานจนสำเร็จตามเป้าหมาย าย มีความพยายามแก้ปัญหาด้ว ยตนเอง	ทำงานไม่เสร็จตามเวลา หรือละทิ้งงานเมื่อพบปัญหา ในการทดลอง

13.3 เกณฑ์การประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (3 ระดับ)

สมรรถนะสำคัญ	ตัวชี้วัดพฤติกรรม	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)
1. การสื่อสาร	การนำเสนอข้อมูลกราฟ การอธิบายหลักการฟิสิกส์ให้ผู้อื่นเข้าใจ	อธิบายผลการทดลองได้ชัดเจน จน ใช้ศัพท์ฟิสิกส์ถูกต้อง สื่อสารผ่าน Padlet ได้น่าสนใจ	อธิบายความหมายของกราฟ ฟิสิกส์ได้ถูกต้อง สื่อสารข้อมูลได้เข้าใจ	อธิบายไม่ชัดเจน ใช้ภาษาฟิสิกส์สับสน
2. การคิดวิเคราะห์	การแปลความหมายเส้นกราฟ Best-fit และคำนวณหาค่าความชัน μ	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ $f \propto$ N คำนวณความชัน และเชื่อมโยงสู่ชีวิตจริงได้โดย องตามขั้นตอน	วิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟแล ะคำนวณค่าความชันได้ถูกต้อง องตามขั้นตอน	คำนวณความชันได้แต่แปลค วามหมายทางฟิสิกส์ไม่ได้

		วิธีการซึ่ง		
3. การแก้ปัญหา	การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าขณะทดลอง (เช่น สปริงแกว่ง แนวแรงเอียง)	ค้นพบปัญหา ปรับมุมตั้งและเทคนิคการม องสายตาจนผลการวัดแม่นยำได้เอง	แก้ปัญหาได้ตามคำแนะนำ องครูหรือเพื่อนในกลุ่ม	หยุดทำเมื่อเจอปัญหา ไม่พยายามหาวิธีแก้ไข