Written By : Weeraphat Ponathong



MINI
ฟิสิกส์สั้นประยุทธ์

$\vec{p} = m\vec{v}$

$E = mc^2$

$W = mg$

โรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพังงา ภูเก็ต ระนอง
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

ชุดกิจกรรม **“มินิฟิสิกส์สัประยุทธ์”** ฉบับนี้ ได้รับการออกแบบขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถเรียนรู้ฟิสิกส์ผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ การอภิปราย และการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีระบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ควบคู่ไปกับทักษะการสื่อสาร การตั้งคำถาม และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ลักษณะเด่นของกิจกรรมในชุดนี้ คือ การจัดสถานการณ์จำลองให้ผู้เรียนได้มีบทบาทใน “การโต้ตอบทางฟิสิกส์” หรือ “การสัประยุทธ์เชิงวิทยาศาสตร์” ผ่านโจทย์หรือปรากฏการณ์ที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน โดยผู้เรียนจะได้รับการฝึกฝนให้ใช้หลักการฟิสิกส์ในการอธิบาย ตอบโต้ และเสนอแนวคิดใหม่อย่างมีตรรกะ จุดมุ่งหมายสำคัญอีกประการหนึ่งของชุดกิจกรรมนี้ คือ การส่งเสริม **“อัตลักษณ์ด้านฟิสิกส์” (Physics Identity)** ของนักเรียน ผ่านการมีส่วนร่วมในการตั้งคำถาม การสื่อสารความเข้าใจ และการได้รับการยอมรับจากเพื่อน ครู ครอบครัวและตนเองในฐานะผู้เรียนฟิสิกส์ ซึ่งถือเป็นรากฐานสำคัญในการปลูกฝังทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และอาชีพที่เกี่ยวข้องในอนาคต ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมนี้จะเป็นแนวทางที่มีคุณค่าในการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 และขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาและทดลองใช้กิจกรรมนี้

วีรภัทร์ โปณะทอง

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
รูปแบบการจัดกิจกรรม “มินิฟิสิกส์สัประยุทธ์”	1
การแสดงบทบาท	1
โจทย์สถานการณ์ในการสัประยุทธ์	2
รูปแบบในการสับประยุทธ์	3
เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกโจทย์สถานการณ์ในการสัประยุทธ์	3
ตารางเวลาและภารกิจในแต่ละรอบ	5
เกณฑ์ในการให้คะแนนของครู	6
ใบสำหรับการให้คะแนน	6
ตัวอย่างการให้คะแนนของครู	7
ตัวอย่างกิจกรรม “มินิฟิสิกส์สัประยุทธ์”	9
ใบความรู้ที่ 1 หลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับ “รถของเล่นลงทางลาด”	26
ใบความรู้ที่ 2 การใช้ Tracker Program ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่	28
ใบความรู้ที่ 3 การใช้ AI ในการวิเคราะห์ข้อมูล	38
ใบความรู้ที่ 4 ธรรมนูญการจัดการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับประเทศ	41
ใบความรู้ที่ 5 ตัวอย่างสไลด์ในการนำเสนอ	60
ใบความรู้ที่ 6 แบบฟอร์มร่องรอยการซักค้านและวิพากษ์	71

รูปแบบการจัดกิจกรรม “มินิฟิสิกส์สัประยุทธ์”

ฟิสิกส์สัปประยุทธ์ (Young Physicists’ Tournament : YPT) เป็นการแข่งขันทางวิชาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำเสนอคำตอบสำหรับปัญหาเหล่านั้นด้วยข้อมูลทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงการทดลองที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการอภิปรายในทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในระหว่างการประลองแข่งขัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2568) โดยทั้งนี้ กิจกรรม “มินิฟิสิกส์สัประยุทธ์” เปรียบเสมือนเป็นการจำลองการแข่งขันฟิสิกส์สัปประยุทธ์ โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ควบคู่ไปกับทักษะการสื่อสาร การตั้งคำถาม และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ลักษณะเด่นของกิจกรรมนี้ คือ การจัดสถานการณ์จำลองให้ผู้เรียนได้มีบทบาทใน “การโต้ตอบทางฟิสิกส์” หรือ “การสัประยุทธ์เชิงวิทยาศาสตร์” ผ่านโจทย์หรือปรากฏการณ์ที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน โดยผู้เรียนจะได้รับการฝึกฝนให้ใช้หลักการฟิสิกส์ในการอธิบาย ตอบโต้ และเสนอแนวคิดใหม่อย่างมีตรรกะ

1. การแสดงบทบาท

- **ฝ่ายนำเสนอ (Reporter)** มีหน้าที่นำเสนอคำตอบของปัญหาในส่วนที่เป็นสาระสำคัญ โดยต้องชี้ให้เห็นถึงแนวคิด หลักการทางฟิสิกส์ และข้อสรุปที่ได้ เพื่อให้ทีมอื่นและคณะกรรมการยอมรับในทฤษฎีและผลการทดลองของฝ่ายนำเสนอ

- **ฝ่ายซักค้าน (Opponent)** มีหน้าที่สรุปประเด็นของฝ่ายนำเสนอเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในการนำเสนอ พร้อมทั้งตั้งคำถามและวิจารณ์ประเด็นต่าง ๆ ที่ฝ่ายนำเสนอได้นำเสนอไปแล้ว โดยต้องชี้ให้เห็นถึงสิ่งที่อาจเป็นความคลาดเคลื่อนจากการตีโจทย์ปัญหา หรือจากการนำเสนอคำตอบ นอกจากนี้ต้องวิเคราะห์ข้อเด่นและข้อด้อยของทั้งคำตอบและการนำเสนอของฝ่ายนำเสนอด้วย ทั้งนี้ฝ่ายซักค้านไม่ควรนำเสนอคำตอบของตนเองในระหว่างการอภิปรายซักค้าน

- **ฝ่ายวิพากษ์ (Reviewer)** มีหน้าที่ สรุปภาพรวม ชี้จุดแข็ง จุดอ่อน ของฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้านแล้ววิจารณ์ตามความคิดของฝ่ายตนเอง และชี้ให้เห็นว่ามีทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดที่ต้องใช้แต่ไม่ได้นำเสนอหรืออภิปราย

- **ฝ่ายสังเกตการณ์ (Observer)** ทำหน้าที่ผู้สังเกตการณ์ในแต่ละยก โดยฝ่ายสังเกตการณ์จะไม่มีบทบาทใด ๆ ในการแข่งขันยกนั้น



2. โจทย์สถานการณ์ในการสัประยุทธ์

กิจกรรมมินิฟิสิกส์สัประยุทธ์นี้ จะมีการจัดสถานการณ์จำลองให้ผู้เรียนได้มีบทบาทใน “การโต้ตอบทางฟิสิกส์” หรือ “การสัประยุทธ์เชิงวิทยาศาสตร์” ผ่านโจทย์หรือปรากฏการณ์ที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน จำนวน 5 ข้อ โดยโจทย์สถานการณ์ในครั้งนี้ จะมุ่งเน้นเกี่ยวกับความรู้ด้านกลศาสตร์ เชื่อมโยงกับรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ มัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 และเล่ม 2 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ ทั้งนี้โจทย์สถานการณ์ทั้ง 5 ข้อ เป็นดังนี้

โจทย์ที่ 1 : เครื่องฉีดน้ำกับแก้วน้ำพลาสติก

ใช้เครื่องฉีดน้ำจากระยะไกลเพื่อพยายามทำให้แก้วน้ำพลาสติกที่วางอยู่บนโต๊ะพลิกคว่ำ จงสืบเสาะว่าแรงที่กระทำต่อแก้วน้ำจนสามารถทำให้แก้วล้มได้ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ใดบ้าง และอย่างไร ?

โจทย์ที่ 2 : วัตถุตกน้ำ

วัตถุถูกปล่อยจากความสูงต่างกันบนพื้นน้ำ จงสืบเสาะว่าความเร็วของน้ำที่กระเซ็นออกมาขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ใดบ้าง และอย่างไร ?

โจทย์ที่ 3 : ลูกบอลตกกระดอน

ลูกบอลถูกปล่อยจากความสูงต่าง ๆ ลงสู่พื้น จงสืบเสาะว่าระยะการกระดอนของลูกบอลหลังจากตกพื้น ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ใดบ้าง และอย่างไร ?

โจทย์ที่ 4 : การไถลของกล่องบนระนาบเอียง

วางกล่องเล็ก ๆ บนระนาบเอียง แล้วค่อย ๆ เพิ่มมุมเอียงจนกล่องเริ่มไถลลงมา จงสืบเสาะว่า “มุมวิกฤต” ที่ทำให้กล่องเริ่มไถลลงจากระนาบเอียง ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ใดบ้าง และอย่างไร ?

โจทย์ที่ 5 : รถชนกำแพง

รถติดล้อถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ชนกำแพงที่ยืดหยุ่นได้ จงสืบเสาะว่าระยะยุบตัวของกำแพง ขณะรถพุ่งชน ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ใดบ้าง และอย่างไร ?

3. รูปแบบในการสับประยุทธ์

รูปแบบในการจัดกิจกรรม จะมีการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 คน (ในแต่ละกลุ่มจะมีนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน) ซึ่งหากนักเรียนในแต่ละห้องมีจำนวน 30 คน จะสามารถแบ่งกลุ่มได้ออกมาเป็น 10 กลุ่ม ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ได้แสดงบทบาทหลักครบทั้ง 3 บทบาท จะสามารถจัดตารางในการสับประยุทธ์ ได้ดังนี้

รอบที่	โจทย์	นำเสนอ	ซักค้าน	วิพากษ์
1	1	A	B	C
2	2	D	E	F
3	3	G	H	I
4	4	J	A	B
5	5	C	D	E
6	1	F	G	H
7	2	I	J	A
8	3	B	C	D
9	4	E	F	G
10	5	H	I	J

เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกโจทย์สถานการณ์ในการสัประยุทธ์ มีดังนี้

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการจับสลาก ว่านักเรียนจะได้อยู่ในกลุ่มตัวอักษรใด ตั้งแต่ A ถึง J
2. จากตารางในการสับประยุทธ์ ยกตัวอย่าง

กลุ่มของนักเรียนที่เป็นกลุ่ม A

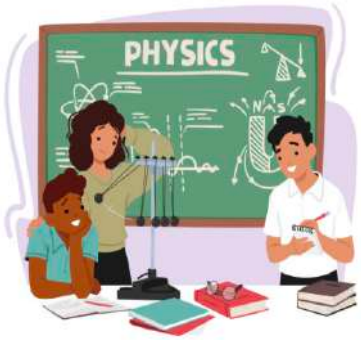
- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ ข้อที่ 1 ในรอบที่ 1
- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายซักค้าน ข้อที่ 4 ในรอบที่ 4
- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายวิพากษ์ ข้อที่ 2 ในรอบที่ 7

กลุ่มของนักเรียนที่เป็นกลุ่ม G

- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ ข้อที่ 3 ในรอบที่ 3
- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายซักค้าน ข้อที่ 1 ในรอบที่ 6
- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายวิพากษ์ ข้อที่ 4 ในรอบที่ 9

กลุ่มของนักเรียนที่เป็นกลุ่ม E

- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ ข้อที่ 4 ในรอบที่ 9
- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายซักค้าน ข้อที่ 2 ในรอบที่ 2
- ทำหน้าที่เป็นฝ่ายวิพากษ์ ข้อที่ 5 ในรอบที่ 5



ตารางเวลาและภารกิจในแต่ละรอบ เป็นดังนี้

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)	บทบาท	รายละเอียดกิจกรรม
1	เตรียมนำเสนอ	1	เตรียมนำเสนอ	- เตรียมตัวนำเสนอ
2	นำเสนอ	6	ฝ่ายนำเสนอ	- นำเสนอผลการศึกษาตามเงื่อนไขของโจทย์ ครอบคลุมทั้งทฤษฎีและการทดลองเชิงคุณภาพ เชิงปริมาณอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล
3	เตรียมซักค้าน	2	ฝ่ายซักค้าน	- เตรียมการซักค้าน
4	ซักค้าน	4	ฝ่ายซักค้าน	- นำเสนอประเด็นสำคัญ ชี้จุดแข็งและจุดอ่อน ของฝ่ายนำเสนอ (ใช้เวลาไม่เกิน 2 นาที) - จากนั้นอภิปรายในประเด็นที่ซักถามโดยแสดงถึงความเข้าใจเชิงทฤษฎีและการทดลองที่ฝ่ายนำเสนอใช้เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น
5	เตรียมวิพากษ์	2	ฝ่ายวิพากษ์	- เตรียมตัววิพากษ์
6	วิพากษ์	2	ฝ่ายวิพากษ์	- สรุปภาพรวม ชี้จุดแข็ง จุดอ่อนของฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้านและวิพากษ์ตามความคิดของฝ่ายตนเอง
7	กล่าวปิดท้าย	1	ฝ่ายนำเสนอ	- แก้ต่างข้อวิพากษ์ คำถาม และชี้จุดเด่นของงานที่ฝ่ายตนเองศึกษา
8	คำถามเชิงลึก	2	ครูและทุกฝ่าย	- ทั้งสามฝ่ายตอบคำถามจากครู
	รวมเวลาทั้งสิ้น	20		



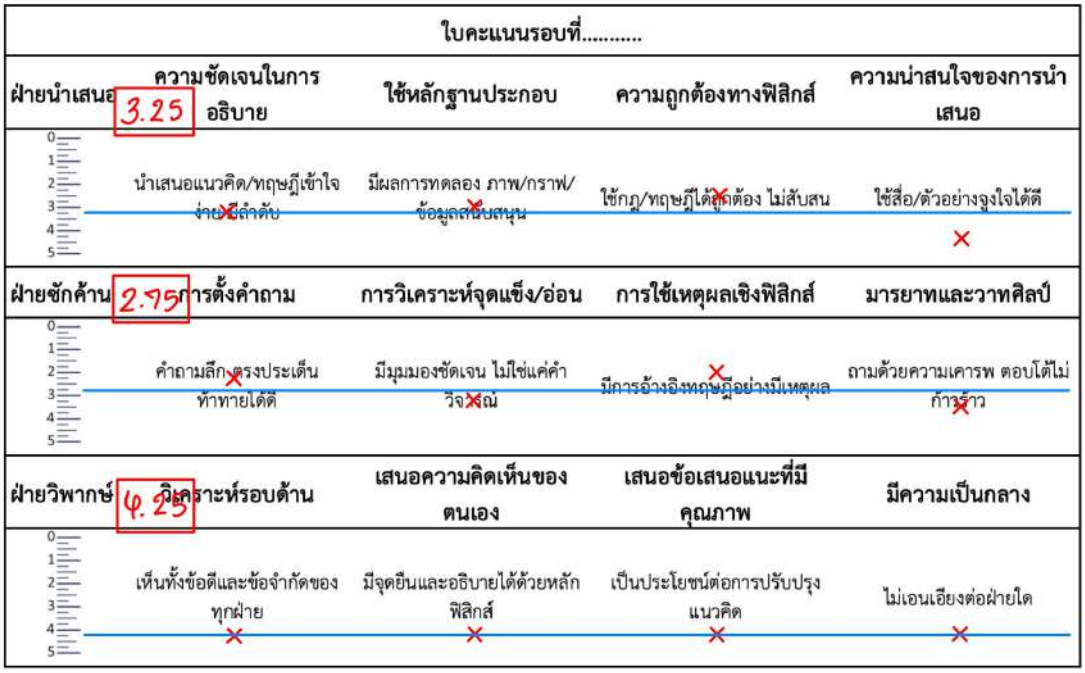
เกณฑ์ในการให้คะแนนของครู

เกณฑ์ฝ่ายนำเสนอ	พิจารณา	ระดับ
1. ความชัดเจนในการอธิบาย	นำเสนอแนวคิด/ทฤษฎีเข้าใจง่าย มีลำดับ	1 – 5
2. ใช้หลักฐานประกอบ	มีผลการทดลอง ภาพ/กราฟ/ข้อมูลสนับสนุน	1 – 5
3. ความถูกต้องทางฟิสิกส์	ใช้กฎ/ทฤษฎีได้ถูกต้อง ไม่สับสน	1 – 5
4. ความน่าสนใจของการนำเสนอ	ใช้สื่อ/ตัวอย่างจูงใจได้ดี	1 – 5
เกณฑ์ฝ่ายซักค้าน	**พิจารณา**	**ระดับ**
1. การตั้งคำถาม	คำถามลึก ตรงประเด็น ท้าทายได้ดี	1 – 5
2. การวิเคราะห์จุดแข็ง/อ่อน	มีมุมมองชัดเจน ไม่ใช่แค่คำวิจารณ์	1 – 5
3. การใช้เหตุผลเชิงฟิสิกส์	มีการอ้างอิงทฤษฎีอย่างมีเหตุผล	1 – 5
4. มารยาทและวาทศิลป์	ถามด้วยความเคารพ ตอบโต้ไม่ก้าวร้าว	1 – 5
เกณฑ์ฝ่ายวิพากษ์	**พิจารณา**	**ระดับ**
1. วิเคราะห์รอบด้าน	เห็นทั้งข้อดีและข้อจำกัดของทุกฝ่าย	1 – 5
2. เสนอความคิดเห็นของตนเอง	มีจุดยืนและอธิบายได้ด้วยหลักฟิสิกส์	1 – 5
3. เสนอข้อเสนอแนะที่มีคุณภาพ	เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแนวคิด	1 – 5
4. มีความเป็นกลาง	ไม่เอนเอียงต่อฝ่ายใด	1 – 5

ใบสำหรับการให้คะแนน

ใบคะแนนรอบที่.....				
ฝ่ายนำเสนอ	**ความชัดเจนในการอธิบาย**	**ใช้หลักฐานประกอบ**	**ความถูกต้องทางฟิสิกส์**	**ความน่าสนใจของการนำเสนอ**
	นำเสนอแนวคิด/ทฤษฎีเข้าใจง่าย มีลำดับ	มีผลการทดลอง ภาพ/กราฟ/ข้อมูลสนับสนุน	ใช้กฎ/ทฤษฎีได้ถูกต้อง ไม่สับสน	ใช้สื่อ/ตัวอย่างจูงใจได้ดี
ฝ่ายซักค้าน	**การตั้งคำถาม**	**การวิเคราะห์จุดแข็ง/อ่อน**	**การใช้เหตุผลเชิงฟิสิกส์**	**มารยาทและวาทศิลป์**
	คำถามลึก ตรงประเด็น ท้าทายได้ดี	มีมุมมองชัดเจน ไม่ใช่แค่คำวิจารณ์	มีการอ้างอิงทฤษฎีอย่างมีเหตุผล	ถามด้วยความเคารพ ตอบโต้ไม่ก้าวร้าว
ฝ่ายวิพากษ์	**วิเคราะห์รอบด้าน**	**เสนอความคิดเห็นของตนเอง**	**เสนอข้อเสนอแนะที่มีคุณภาพ**	**มีความเป็นกลาง**
	เห็นทั้งข้อดีและข้อจำกัดของทุกฝ่าย	มีจุดยืนและอธิบายได้ด้วยหลักฟิสิกส์	เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแนวคิด	ไม่เอนเอียงต่อฝ่ายใด

ตัวอย่างการให้คะแนนของครู



สรุปคะแนนรวมในแต่ละบทบาท

บทบาท	คะแนนรวม (เฉลี่ย)	การแปลผลโดยรวม
ฝ่ายนำเสนอ	**3.25**	ปานกลาง – ค่อนข้างดี
ฝ่ายซักค้าน	**2.75**	ปานกลาง – ต้องพัฒนา
ฝ่ายวิพากษ์	**4.25**	ดีมาก – น่าเป็นแบบอย่าง

การแปลผลรายบทบาท

ฝ่ายนำเสนอ (คะแนนเฉลี่ย 3.25)

เกณฑ์	ตำแหน่งที่ประเมิน	วิเคราะห์
ความชัดเจนในการอธิบาย	ระดับ 3.25	อธิบายเข้าใจพอใช้ มีบางจุดคลุมเครือ
ใช้หลักฐานประกอบ	ระดับ 3.0	มีหลักฐาน เช่น กราฟ/ภาพ แต่ยังไม่สอดคล้องหรือไม่เน้น
ความถูกต้องทางฟิสิกส์	ระดับ 2.5	มีข้อผิดพลาดบางประการด้านทฤษฎีหรือการใช้คำ
ความน่าสนใจของการนำเสนอ	ระดับ 4.25	ใช้สื่อ ตัวอย่าง หรือวิธีนำเสนอได้อย่างดี ดึงดูดความสนใจ

จุดแข็ง : การใช้ตัวอย่างและการพูดมีแรงดึงดูดดี

ข้อควรปรับปรุง : ควรฝึกการใช้หลักการฟิสิกส์ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น และฝึกเรียบเรียงประเด็นให้คมชัด

🔷 **ฝ่ายซักค้าน** (คะแนนเฉลี่ย 2.75)

เกณฑ์	ตำแหน่งที่ประเมิน	วิเคราะห์
การตั้งคำถาม	ระดับ 2.25	คำถามยังไม่ลึก ไม่ตรงจุดสำคัญ
การวิเคราะห์จุดแข็ง/อ่อน	ระดับ 3.25	มองเห็นประเด็นบางจุดแต่ยังไม่ครอบคลุม
การใช้เหตุผลฟิสิกส์	ระดับ 2.0	ขาดการอ้างอิงทฤษฎีหรือใช้แบบไม่มั่นใจ
มารยาทและวาทศิลป์	ระดับ 3.5	สนทนาอย่างสุภาพแต่ยังตอบโต้ไม่คมชัด

จุดแข็ง : มีความพยายามวิเคราะห์และรักษามารยาท

ข้อควรปรับปรุง : ฝึกตั้งคำถามเชิงลึกและเชิงหลักฟิสิกส์ให้มากขึ้น, ฝึกการเชื่อมโยงกับทฤษฎี

🔷 **ฝ่ายวิพากษ์** (คะแนนเฉลี่ย 4.25)

เกณฑ์	ตำแหน่งที่ประเมิน	วิเคราะห์
วิเคราะห์รอบด้าน	ระดับ 4.25	แสดงความเข้าใจทั้งสองฝ่ายได้ชัดเจน
เสนอความคิดเห็นของตนเอง	ระดับ 4.25	มีจุดยืนพร้อมหลักฐานประกอบความเห็น
เสนอข้อเสนอแนะที่มีคุณภาพ	ระดับ 4.25	ให้คำแนะนำที่มีคุณค่าและพัฒนาการถกเถียง
มีความเป็นกลาง	ระดับ 4.25	ไม่เอนเอียงต่อฝ่ายใด น่าเชื่อถือ

จุดแข็ง : วิเคราะห์ดี สื่อสารมีคุณภาพ เป็นกลาง

ข้อควรปรับปรุง : เพิ่มความมั่นใจในการพูด และอาจใช้ภาษาวิชาการได้มากขึ้น

4. ตัวอย่างกิจกรรม “มินิฟิสิกส์สัประยุทธ์”

ตัวอย่างกิจกรรม “มินิฟิสิกส์สัประยุทธ์” จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการตั้งคำถาม การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายอย่างมีเหตุผลเชิงฟิสิกส์ กิจกรรมนี้ออกแบบมาให้สอดคล้องกับการพัฒนา “อัตลักษณ์ด้านฟิสิกส์" โดยเน้นการมีส่วนร่วมและการได้รับการยอมรับในบทบาทของผู้เรียนฟิสิกส์ กิจกรรมตัวอย่างในชุดนี้ใช้โจทย์สถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนได้ทดลองและอภิปรายผ่านปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ก่อนที่จะไปสู่โจทย์การสัประยุทธ์ในลำดับถัดไป

ชื่อกิจกรรม “รถของเล่นลงทางลาด”



โจทย์สถานการณ์ **“ปล่อยรถของเล่นจากด้านบนของทางลาด (ระนาบเอียง) ที่มีความยาวและมุมต่างกัน เพื่อให้รถไหลไปตามราง จงสืบเสาะว่าความเร็วของรถของเล่นเมื่อถึงปลายทางลาดขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ใดบ้าง และอย่างไร ?”**

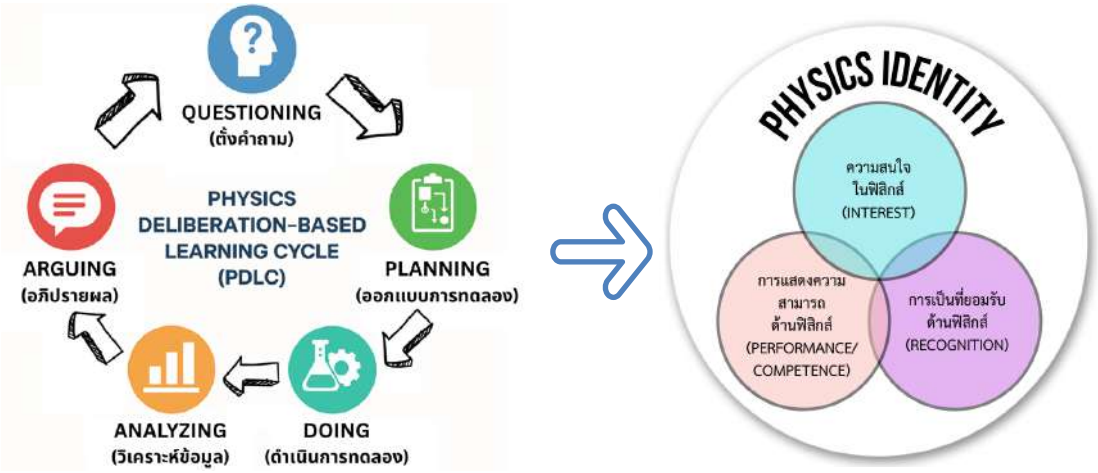
สาระสำคัญ

กิจกรรมนี้ออกแบบเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางฟิสิกส์ผ่านการสำรวจปรากฏการณ์จริงจากการปล่อยรถของเล่นให้ไหลลงมาตามทางลาดที่มีความยาวและมุมเอียงแตกต่างกัน โดยให้นักเรียนสืบเสาะและตั้งคำถามว่า “ความเร็วของรถเมื่อถึงปลายทางลาดขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ใดบ้างและมีความสัมพันธ์อย่างไร”

นักเรียนจะได้ฝึกวางแผนการทดลองด้วยตนเอง โดยการเลือกควบคุมตัวแปรอิสระ (เช่น มุมของระนาบ, ความยาวของราง, ลักษณะผิวสัมผัส, มวลของรถ) และวัดค่าตัวแปรตาม (ความเร็วปลายทางลาด) พร้อมทั้งบันทึก วิเคราะห์ และอภิปรายผลด้วยหลักการทางฟิสิกส์ ผ่านการอภิปรายในรูปแบบ ฟิสิกส์สัประยุทธ์ นักเรียนจะได้รับบทบาทที่แตกต่างกัน เช่น ฝ่ายนำเสนอ, ฝ่ายซักค้าน, และ ฝ่ายวิพากษ์ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนฝึกคิดวิเคราะห์ ตั้งคำถามอย่างมีหลักฐาน และอธิบายด้วยแนวคิดทางฟิสิกส์ได้อย่างลึกซึ้งและน่าเชื่อถือ

กิจกรรมนี้ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการสื่อสารเชิงวิชาการ และยังเชื่อมโยงกับพัฒนาการของ อัตลักษณ์ด้านฟิสิกส์ (Physics Identity) โดยเน้นให้นักเรียนมีความมั่นใจในการใช้ความรู้ฟิสิกส์ อธิบายสิ่งที่ตนเองสำรวจ พบเห็น และอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

กรอบแนวคิด



จุดประสงค์ของกิจกรรม

- นักเรียนสามารถตั้งคำถามทางฟิสิกส์จากโจทย์สถานการณ์ได้
- นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์
- นักเรียนสามารถอธิบายผลการทดลองโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์อย่างมีเหตุผล

วัสดุอุปกรณ์

- รถของเล่นขนาดเล็ก
- ทางลาด (แผ่นไม้ / กระดาษแข็ง)
- ตัววัดมุมเอียง
- ดินน้ำมัน
- ไม้บรรทัด / สายวัด
- กล้องถ่ายวิดีโอ
- กระดาษบันทึกผล / กราฟ

แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 : ตั้งคำถาม (Questioning)

1) นักเรียนอ่านและตีความโจทย์สถานการณ์

2) นักเรียนตั้งคำถามที่อยากรู้ เช่น

- **“มุมมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?”**
- **“ความยาวของทางลาดมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?”**

- “พื้นผิวทางลาดที่แตกต่างกันมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?”
- “มวลของรถของเล่นมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?”

การศึกษาที่ 1 มุมมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?

ขั้นที่ 2 : ออกแบบการทดลอง (Planning)

1) กำหนดตัวแปรของการทดลอง

- ตัวแปรอิสระ คือ มุมเอียง
- ตัวแปรตาม คือ ความเร็วปลายทางลาด
- ตัวแปรควบคุม คือ มวลของรถ พื้นผิว ระยะทางของทางลาด

คำแนะนำเพิ่มเติม : นักเรียนควรใช้เครื่องมือวัดหรือแอปวัดมุมเพื่อปรับมุมเอียงให้แม่นยำ

2) ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

มุมเอียง (°)	ความเร็ว (m/s)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย

ขั้นที่ 3 : ดำเนินการทดลอง (Doing)

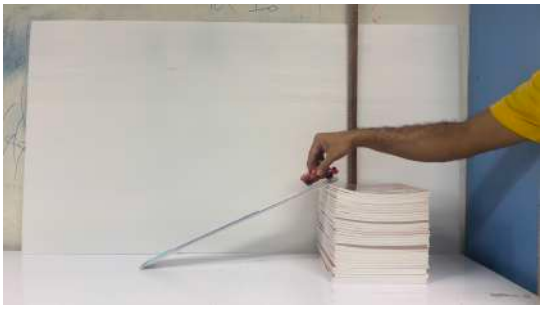
1) จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำการทดลอง ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์

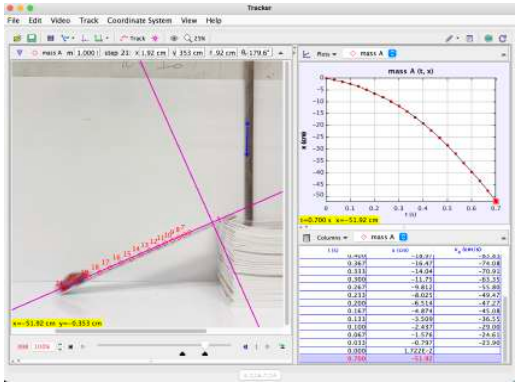


2) ทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

คำแนะนำเพิ่มเติม : ควรมีการทำซ้ำ เพื่อนำไปคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน

3) บันทึกผลตามแนวทางที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ เช่น บันทึกภาพการเคลื่อนที่ของรถเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเร็วด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (เช่น โปรแกรม Tracker)





4) นำผลการศึกษาที่ได้มาบันทึกลงในตารางบันทึกผลตามที่ได้ออกแบบไว้ เช่น

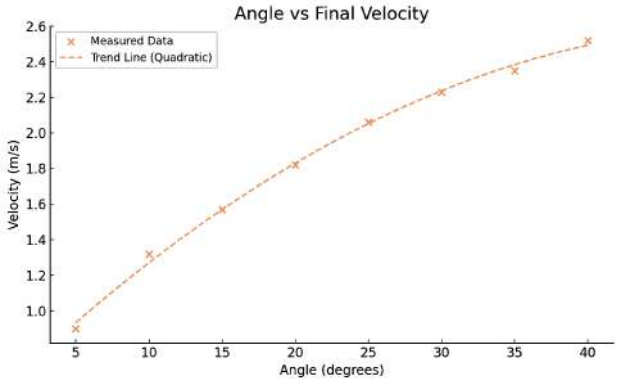
มุมเอียง (°)	ความเร็ว (m/s)
5	0.90
10	1.32
15	1.57
20	1.82
25	2.06
30	2.23
35	2.35
40	2.52

ขั้นที่ 4 : วิเคราะห์ข้อมูล (Analyzing)

1) นักเรียนนำภาพการเคลื่อนไหวไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

คำแนะนำเพิ่มเติม : การบันทึกภาพการเคลื่อนที่ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมต่าง ๆ เช่น โปรแกรม Tracker จะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความแม่นยำ

2) นักเรียนสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ เช่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมทางลาดกับความเร็ว



3) นักเรียนวิเคราะห์แนวโน้มจากข้อมูล เช่น

- เมื่อมุมเอียงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเร็วปลายทางลาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น
- ความสัมพันธ์นี้สอดคล้องกับการเปลี่ยนพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์
- อาจมีความคลาดเคลื่อนจากแรงเสียดทาน

4) นักเรียนอภิปรายสมมติฐานเบื้องต้นว่า ข้อมูลที่ได้ “สอดคล้อง” หรือ “ไม่สอดคล้อง” กับที่คาดไว้หรือไม่

- หากไม่สอดคล้อง นักเรียนเสนอเหตุผลที่อาจเกิดขึ้น เช่น พื้นรางไม่เรียบ, รถลื่นไม่สม่ำเสมอ, ปล่อยไม่พร้อม
- หากสอดคล้อง นักเรียนอธิบายโดยใช้หลักการฟิสิกส์ เช่น พลังงานศักย์โน้มถ่วง $\mathrm{E_p = mgh}$ ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ $\mathrm{E_k} = \frac{1}{2}\mathrm{mv^2}$

🧠 **ขั้นที่ 5 : อภิปรายผล (Arguing)**

1) นักเรียนอภิปรายและอธิบายผลการทดลองของกลุ่มตน

- แสดงความเห็นว่า ผลการทดลอง “สอดคล้อง” หรือ “ไม่สอดคล้อง” กับสมมติฐานหรือหลักฟิสิกส์ ที่ได้เรียนรู้
- ยกตัวอย่าง/หลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง เช่น “เมื่อมุมทางลาดเพิ่มขึ้น พลังงานศักย์โน้มถ่วงมากขึ้น ส่งผลให้พลังงานจลน์ปลายทางลาดมากขึ้น ความเร็วสูงขึ้น”

2) นักเรียนโต้แย้งหรืออภิปรายร่วมกับกลุ่มอื่น (ในบริบทของฟิสิกส์สัประยุทธ์)

กลุ่ม ฝ่ายค้าน (Opponent)

- ตั้งคำถาม/อภิปรายข้อจำกัดของผลการทดลอง เช่น ความน่าเชื่อถือของข้อมูล, ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้, ความแม่นยำของการวัด
- เปรียบเทียบกับหลักการฟิสิกส์หรือผลลัพธ์ของกลุ่มตน

กลุ่ม วิพากษ์ (Reviewer)

- วิพากษ์แนวคิดทั้งสองฝ่าย (นำเสนอ/ซักค้าน)
- เสนอทางเลือกในการปรับปรุงการทดลอง หรือเสนอหลักการที่อธิบายได้ลึกขึ้น

3) นักเรียนสรุปบทเรียนที่ได้จากการอภิปราย

- ความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้นเกี่ยวกับแนวคิดฟิสิกส์
- ความสามารถในการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
- การตระหนักรู้ในข้อจำกัดของกระบวนการทดลอง

การศึกษาที่ 2 ความยาวของทางลาดมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?

ขั้นที่ 2 : ออกแบบการทดลอง (Planning)

1) กำหนดตัวแปรของการทดลอง

- ตัวแปรอิสระ คือ ความยาวของทางลาด
- ตัวแปรตาม คือ ความเร็วปลายทางลาด
- ตัวแปรควบคุม คือ มวลของรถ พื้นผิว มุมเอียงของทางลาด

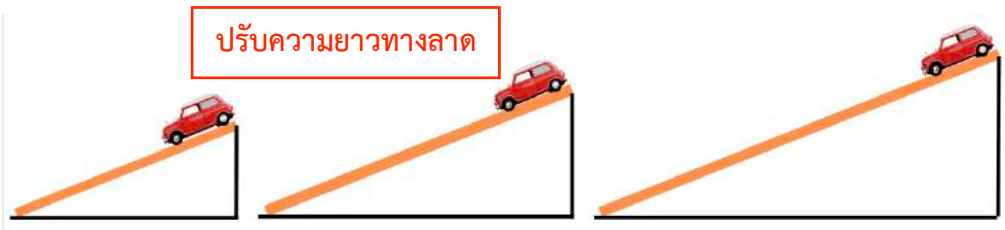
คำแนะนำเพิ่มเติม : นักเรียนควรใช้เครื่องมือวัดหรือแอปวัดมุมเพื่อปรับมุมเอียงให้แม่นยำ

2) ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวของทางลาด(m)	ความเร็ว (m/s)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย

ขั้นที่ 3 : ดำเนินการทดลอง (Doing)

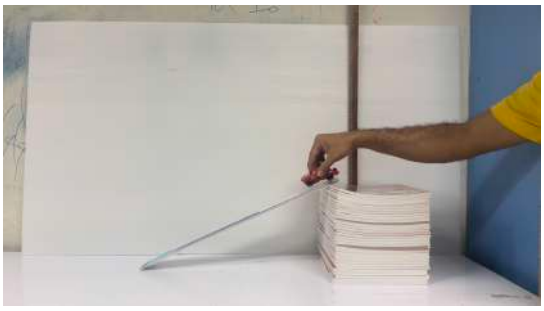
1) จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำการทดลอง ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์

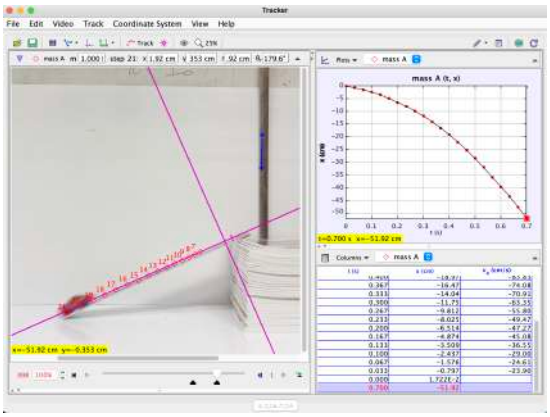


2) ทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

คำแนะนำเพิ่มเติม : ควรมีการทำซ้ำ เพื่อนำไปคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน

3) บันทึกผลตามแนวทางที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ เช่น บันทึกภาพการเคลื่อนที่ของรถเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเร็วด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (เช่น โปรแกรม Tracker)





4) นำผลการศึกษาที่ได้มาบันทึกลงในตารางบันทึกผลตามที่ได้ออกแบบไว้ เช่น

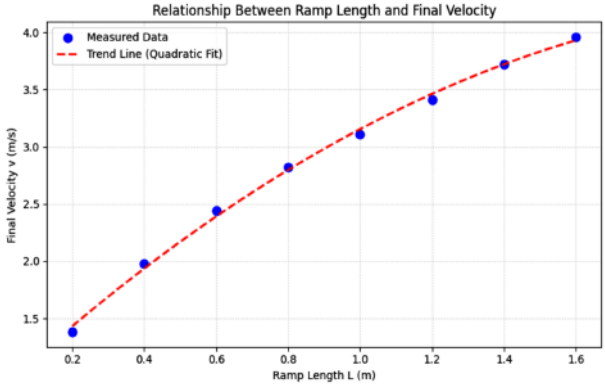
ความยาวของทางลาด (m)	ความเร็ว (m/s)
0.2	1.38
0.4	1.98
0.6	2.44
0.8	2.82
1.0	3.11
1.2	3.41
1.4	3.72
1.6	3.96

📈 ขั้นที่ 4 : วิเคราะห์ข้อมูล (Analyzing)

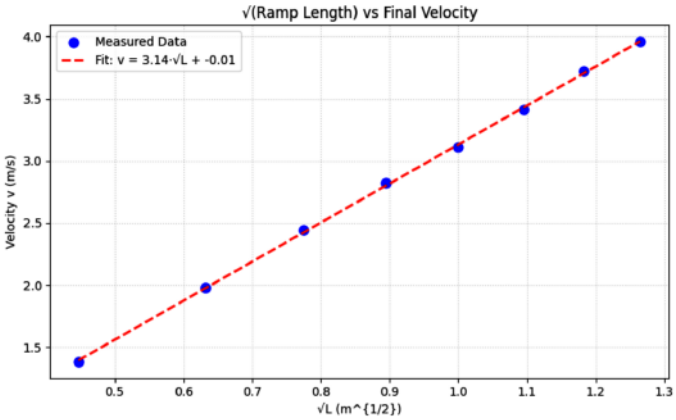
1) นักเรียนนำภาพการเคลื่อนไหวไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

คำแนะนำเพิ่มเติม : การบันทึกภาพการเคลื่อนที่ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมต่าง ๆ เช่น โปรแกรม Tracker จะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความแม่นยำ

2) นักเรียนสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ เช่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของทางลาดกับความเร็ว



สำหรับการสร้างกราฟ นักเรียนอาจสร้างกราฟความสัมพันธ์แบบอื่น ๆ ได้อีก เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในประเด็นที่หลากหลายขึ้น เช่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรากที่สองของความยาวของทางลาดกับความเร็ว



3) นักเรียนวิเคราะห์แนวโน้มจากข้อมูล เช่น

- เมื่อความยาวของทางลาดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเร็วปลายทางลาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

- กราฟความสัมพันธ์ระหว่างรากที่สองของความยาวของทางลาดกับความเร็ว พบแนวโน้มกราฟเป็นเส้นตรง จุดตัดมีค่าใกล้ศูนย์ ซึ่งเป็นผลมาจากแรงเสียดทาน

4) นักเรียนอภิปรายสมมติฐานเบื้องต้นว่า ข้อมูลที่ได้ “สอดคล้อง” หรือ “ไม่สอดคล้อง” กับที่คาดไว้หรือไม่

- หากไม่สอดคล้อง นักเรียนเสนอเหตุผลที่อาจเกิดขึ้น เช่น พื้นรางไม่เรียบ, รถลื่นไม่สม่ำเสมอ, ปล่อยไม่พร้อม

- หากสอดคล้อง นักเรียนอธิบายโดยใช้หลักการฟิสิกส์ เช่น พลังงานศักย์โน้มถ่วง $E_p = mgh$ ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

โดย $$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gLsin\theta}$$

$$v \propto \sqrt{L}$$

🧠 ขั้นที่ 5 : อภิปรายผล (Arguing)

1) นักเรียนอภิปรายและอธิบายผลการทดลองของกลุ่มตน

- แสดงความเห็นว่า ผลการทดลอง “สอดคล้อง” หรือ “ไม่สอดคล้อง” กับสมมติฐานหรือหลักฟิสิกส์ ที่ได้เรียนรู้

- ยกตัวอย่าง/หลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง เช่น “เมื่อความยาวของทางลาดเพิ่มขึ้น พลังงานศักย์โน้มถ่วงมากขึ้น ส่งผลให้พลังงานจลน์ปลายทางลาดมากขึ้น ความเร็วสูงขึ้น”

2) นักเรียนโต้แย้งหรืออภิปรายร่วมกับกลุ่มอื่น (ในบริบทของฟิสิกส์สัประยุทธ์)

กลุ่ม ฝ่ายค้าน (Opponent)

- ตั้งคำถาม/อภิปรายข้อจำกัดของผลการทดลอง เช่น ความน่าเชื่อถือของข้อมูล, ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้, ความแม่นยำของการวัด
- เปรียบเทียบกับหลักการฟิสิกส์หรือผลลัพธ์ของกลุ่มตน

กลุ่ม วิพากษ์ (Reviewer)

- วิพากษ์แนวคิดทั้งสองฝ่าย (นำเสนอ/ซักค้าน)
- เสนอทางเลือกในการปรับปรุงการทดลอง หรือเสนอหลักการที่อธิบายได้ลึกขึ้น

3) นักเรียนสรุปบทเรียนที่ได้จากการอภิปราย

- ความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้นเกี่ยวกับแนวคิดฟิสิกส์
- ความสามารถในการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
- การตระหนักรู้ในข้อจำกัดของกระบวนการทดลอง

การศึกษาที่ 3 พื้นผิวทางลาดที่แตกต่างกันมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?

ขั้นที่ 2 : ออกแบบการทดลอง (Planning)

1) กำหนดตัวแปรของการทดลอง

- ตัวแปรอิสระ คือ พื้นผิวของทางลาด
- ตัวแปรตาม คือ ความเร็วปลายทางลาด
- ตัวแปรควบคุม คือ มวลของรถ มุมเอียงของทางลาด ความยาวของทางลาด

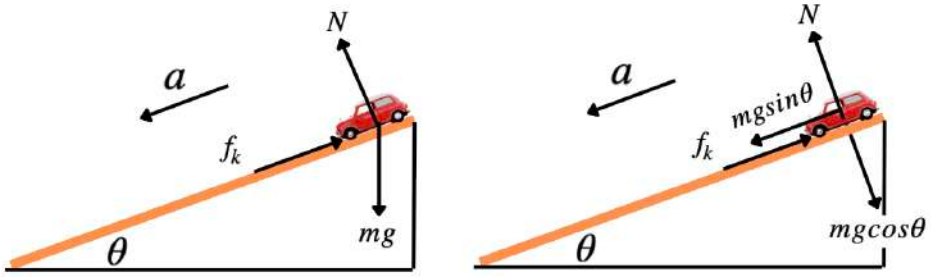
คำแนะนำเพิ่มเติม : นักเรียนควรใช้เครื่องมือวัดหรือแอปวัดมุมเพื่อปรับมุมเอียงให้แม่นยำ

2) ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวของทางลาด	ความเร็ว (m/s)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย

ขั้นที่ 3 : ดำเนินการทดลอง (Doing)

1) จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวทางลาดกับรถของเล่น ดังนี้



2) บันทึกภาพการเคลื่อนที่ของรถ นำภาพการเคลื่อนไหวไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (เช่น โปรแกรม Tracker) เพื่อหาความเร่ง โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ ดังนี้

$$\Sigma F = ma$$

$$mgsin\theta - f_k = ma$$

$$mgsin\theta - \mu_k mgcos\theta = ma$$

$$\mu_k = tan\theta - \frac{a}{gcos\theta}$$

3) เมื่อได้ความเร่งจากโปรแกรม Tracker ก็จะนำไปสู่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวทางลาดกับรถของเล่น

4) เปลี่ยนพื้นผิวเป็นชนิดอื่น (อีกประมาณ 5 พื้นผิว) และดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น นักเรียนก็จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวทางลาดกับรถของเล่น สำหรับเข้าสู่การศึกษา “พื้นผิวทางลาดที่แตกต่างกันมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?"

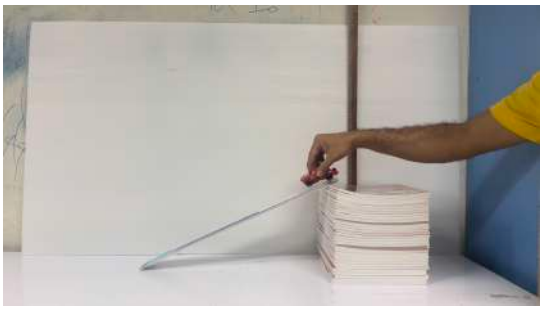
5) จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำการทดลอง ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์

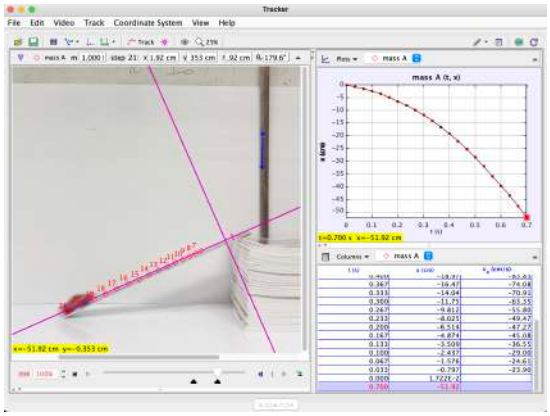


6) ทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

คำแนะนำเพิ่มเติม : ควรมีการทำซ้ำ เพื่อนำไปคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน

7) บันทึกผลตามแนวทางที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ เช่น บันทึกภาพการเคลื่อนที่ของรถเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเร็วด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (เช่น โปรแกรม Tracker)





8) นำผลการศึกษาที่ได้มาบันทึกลงในตารางบันทึกผลตามที่ได้ออกแบบไว้ เช่น

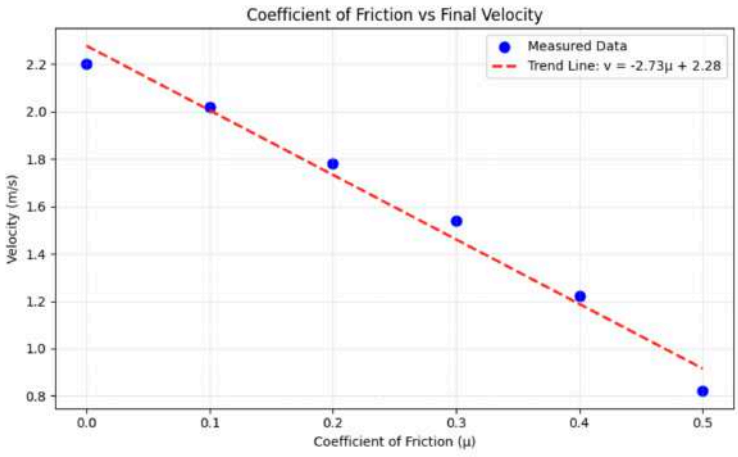
ค่า ส.ป.ส.ความเสียดทาน	ความเร็ว (m/s)
0.05	2.20
0.10	2.02
0.20	1.78
0.30	1.54
0.40	1.22
0.50	0.82

ขั้นที่ 4 : วิเคราะห์ข้อมูล (Analyzing)

1) นักเรียนนำภาพการเคลื่อนไหวไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

คำแนะนำเพิ่มเติม : การบันทึกภาพการเคลื่อนที่ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมต่าง ๆ เช่น โปรแกรม Tracker จะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความแม่นยำ

2) นักเรียนสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ เช่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวทางลาดกับรถของเล่นกับความเร็ว



3) นักเรียนวิเคราะห์แนวโน้มจากข้อมูล เช่น

- เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวทางลาดกับรถของเล่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเร็วปลายทางลาดมีแนวโน้มลดลง

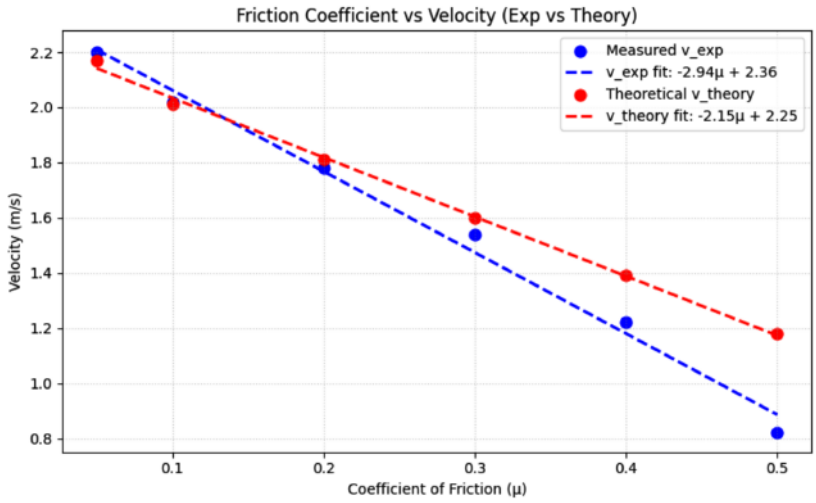
- กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวทางลาดกับรถของเล่นกับความเร็ว อาจตีความเป็นกราฟเส้นตรงหรือกราฟเส้นโค้ง

4) นักเรียนอภิปรายสมมติฐานเบื้องต้นว่า ข้อมูลที่ได้ “สอดคล้อง” หรือ “ไม่สอดคล้อง” กับที่คาดไว้หรือไม่

- นักเรียนสามารถศึกษาเพิ่มเติมว่า ความเร็วที่ปลายทางลาด “ที่ได้จากการทดลอง” และ “ที่ได้จากทฤษฎี” สอดคล้องกันหรือไม่ เช่น

μ	$v_{exp}\ (m/s)$	$v_{theory}\ (m/s)$	% Error
0.05	2.20	2.17	1.4%
0.10	2.02	2.01	0.5%
0.20	1.78	1.81	1.7%
0.30	1.54	1.60	3.8%
0.40	1.22	1.39	12.2%
0.50	0.82	1.18	30.5%

จะเห็นว่าความเร็วที่ปลายทางลาด “ที่ได้จากการทดลอง” และ “ที่ได้จากทฤษฎี” ไม่สอดคล้องกัน โดยพื้นผิวที่มี μ ต่ำ ค่า $\mathbf{v_{exp}}$ จะมีค่าใกล้เคียงกับ $\mathbf{v_{theory}}$ (% error ต่ำ) ในขณะที่ยิ่งพื้นผิวที่มี μ สูงขึ้น ค่า $\mathbf{v_{exp}}$ จะแตกต่างกับ $\mathbf{v_{theory}}$ (% error สูง)



🧠 **ขั้นที่ 5 : อภิปรายผล (Arguing)**

1) นักเรียนอภิปรายและอธิบายผลการทดลองของกลุ่มตน

- แสดงความเห็นว่า ผลการทดลอง “สอดคล้อง” หรือ “ไม่สอดคล้อง” กับสมมติฐานหรือหลักฟิสิกส์ ที่ได้เรียนรู้

- ยกตัวอย่าง/หลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง เช่น “เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวทางลาดกับรถของเล่นเพิ่มขึ้น พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่ส่งผลให้เกิดพลังงานจลน์ในขณะที่รถของเล่นไถลลงไป โดยพลังงานจลน์ที่ปลายทางลาดมีค่าน้อยลงกว่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากแรงเสียดทาน”

2) นักเรียนโต้แย้งหรืออภิปรายร่วมกับกลุ่มอื่น (ในบริบทของฟิสิกส์สัประยุทธ์)

กลุ่ม ฝ่ายค้าน (Opponent)

- ตั้งคำถาม/อภิปรายข้อจำกัดของผลการทดลอง เช่น ความน่าเชื่อถือของข้อมูล, ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้, ความแม่นยำของการวัด

- เปรียบเทียบกับหลักการฟิสิกส์หรือผลลัพธ์ของกลุ่มตน

กลุ่ม วิพากษ์ (Reviewer)

- วิพากษ์แนวคิดทั้งสองฝ่าย (นำเสนอ/ซักค้าน)

- เสนอทางเลือกในการปรับปรุงการทดลอง หรือเสนอหลักการที่อธิบายได้ลึกขึ้น

3) นักเรียนสรุปบทเรียนที่ได้จากการอภิปราย

- ความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้นเกี่ยวกับแนวคิดฟิสิกส์

- ความสามารถในการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

- การตระหนักรู้ในข้อจำกัดของกระบวนการทดลอง

การศึกษาที่ 4 มวลของรถของเล่นมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ?

✏️ ขั้นที่ 2 : ออกแบบการทดลอง (Planning)

1) กำหนดตัวแปรของการทดลอง

- ตัวแปรอิสระ คือ มวลของรถ

- ตัวแปรตาม คือ ความเร็วปลายทางลาด

- ตัวแปรควบคุม คือ พื้นผิว ระยะทางของทางลาด มุมเอียงของทางลาด

คำแนะนำเพิ่มเติม : นักเรียนควรใช้เครื่องมือวัดหรือแอปวัดมุมเพื่อปรับมุมเอียงให้แม่นยำ

2) ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

มวลของรถ (kg)	ความเร็ว (m/s)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย

ขั้นที่ 3 : ดำเนินการทดลอง (Doing)

1) จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำการทดลอง ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์

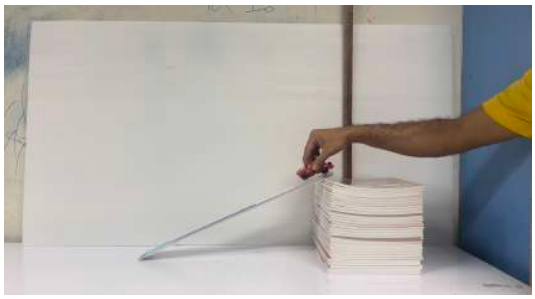


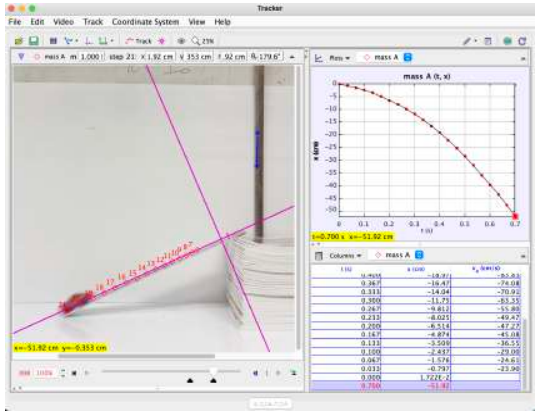
การเปลี่ยนมวลของรถ อาจทำได้โดยการนำดินน้ำมันมาถ่วงเพิ่ม

2) ทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

คำแนะนำเพิ่มเติม : ควรมีการทำซ้ำ เพื่อนำไปคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน

3) บันทึกผลตามแนวทางที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ เช่น บันทึกภาพการเคลื่อนที่ของรถเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเร็วด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (เช่น โปรแกรม Tracker)





4) นำผลการศึกษาที่ได้มาบันทึกลงในตารางบันทึกผลตามที่ได้ออกแบบไว้ เช่น

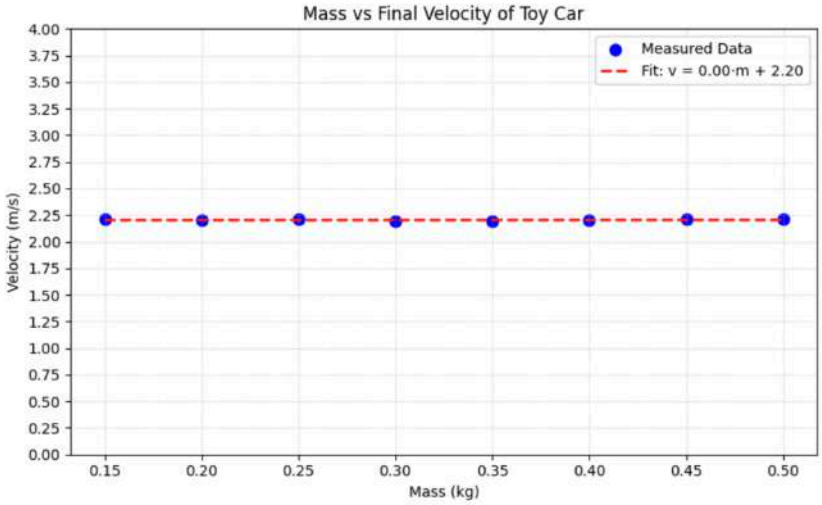
มวลของรถ (kg)	ความเร็ว (m/s)
0.15	2.21
0.20	2.20
0.25	2.21
0.30	2.19
0.35	2.19
0.40	2.20
0.45	2.21
0.50	2.21

ขั้นที่ 4 : วิเคราะห์ข้อมูล (Analyzing)

1) นักเรียนนำภาพการเคลื่อนไหวไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

คำแนะนำเพิ่มเติม : การบันทึกภาพการเคลื่อนที่ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมต่าง ๆ เช่น โปรแกรม Tracker จะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความแม่นยำ

2) นักเรียนสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ เช่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลของรถของเล่นกับความเร็ว



3) นักเรียนวิเคราะห์แนวโน้มจากข้อมูล เช่น

- มวลของรถของเล่น ไม่มีผลต่อความเร็วปลายทางลาดของรถ

4) นักเรียนอภิปรายสมมติฐานเบื้องต้นว่า ข้อมูลที่ได้ “สอดคล้อง” หรือ “ไม่สอดคล้อง” กับที่คาดไว้หรือไม่

- นักเรียนอภิปรายเพิ่มเติมได้ว่า ถ้าแรงเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้น ผลที่ได้จะยังคงสอดคล้องกับผลการทดลองเดิมหรือไม่

🧠 **ขั้นที่ 5 : อภิปรายผล (Arguing)**

1) นักเรียนอภิปรายและอธิบายผลการทดลองของกลุ่มตน

- แสดงความเห็นว่า ผลการทดลอง “สอดคล้อง” หรือ “ไม่สอดคล้อง” กับสมมติฐานหรือหลักฟิสิกส์ ที่ได้เรียนรู้

- ยกตัวอย่าง/หลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง เช่น “มวลของรถของเล่น ไม่มีผลต่อความเร็วปลายทางลาดของรถ”

2) นักเรียนโต้แย้งหรืออภิปรายร่วมกับกลุ่มอื่น (ในบริบทของฟิสิกส์สัประยุทธ์)

กลุ่ม ฝ่ายค้าน (Opponent)

- ตั้งคำถาม/อภิปรายข้อจำกัดของผลการทดลอง เช่น ความน่าเชื่อถือของข้อมูล, ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้, ความแม่นยำของการวัด

- เปรียบเทียบกับหลักการฟิสิกส์หรือผลลัพธ์ของกลุ่มตน

กลุ่ม วิพากษ์ (Reviewer)

- วิพากษ์แนวคิดทั้งสองฝ่าย (นำเสนอ/ซักค้าน)

- เสนอทางเลือกในการปรับปรุงการทดลอง หรือเสนอหลักการที่อธิบายได้ลึกขึ้น

3) นักเรียนสรุปบทเรียนที่ได้จากการอภิปราย

- ความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้นเกี่ยวกับแนวคิดฟิสิกส์

- ความสามารถในการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

- การตระหนักรู้ในข้อจำกัดของกระบวนการทดลอง

การวัดประเมินผล

เกณฑ์ฝ่ายนำเสนอ	พิจารณา	ระดับ
1. ความชัดเจนในการอธิบาย	นำเสนอแนวคิด/ทฤษฎีเข้าใจง่าย มีลำดับ	1 – 5
2. ใช้หลักฐานประกอบ	มีผลการทดลอง ภาพ/กราฟ/ข้อมูลสนับสนุน	1 – 5
3. ความถูกต้องทางฟิสิกส์	ใช้กฎ/ทฤษฎีได้ถูกต้อง ไม่สับสน	1 – 5
4. ความน่าสนใจของการนำเสนอ	ใช้สื่อ/ตัวอย่างจูงใจได้ดี	1 – 5
เกณฑ์ฝ่ายซักค้าน	**พิจารณา**	**ระดับ**
1. การตั้งคำถาม	คำถามลึก ตรงประเด็น ท้าทายได้ดี	1 – 5
2. การวิเคราะห์จุดแข็ง/อ่อน	มีมุมมองชัดเจน ไม่ใช่แค่คำวิจารณ์	1 – 5
3. การใช้เหตุผลเชิงฟิสิกส์	มีการอ้างอิงทฤษฎีอย่างมีเหตุผล	1 – 5
4. มารยาทและวาทศิลป์	ถามด้วยความเคารพ ตอบโต้ไม่ก้าวร้าว	1 – 5
เกณฑ์ฝ่ายวิพากษ์	**พิจารณา**	**ระดับ**
1. วิเคราะห์รอบด้าน	เห็นทั้งข้อดีและข้อจำกัดของทุกฝ่าย	1 – 5
2. เสนอความคิดเห็นของตนเอง	มีจุดยืนและอธิบายได้ด้วยหลักฟิสิกส์	1 – 5
3. เสนอข้อเสนอแนะที่มีคุณภาพ	เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแนวคิด	1 – 5
4. มีความเป็นกลาง	ไม่เอนเอียงต่อฝ่ายใด	1 – 5

ใบความรู้ที่ 1

หลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับ “รถของเล่นลงทางลาด”

1) พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy)

เมื่อรถอยู่บนที่สูง จะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$E_p = mgh$$

โดยที่ E_p คือ พลังงานศักย์โน้มถ่วง (J)

m คือ มวล (kg)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.8 m/s^2)

h คือ ความสูง (m)

2) พลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

เมื่อรถเคลื่อนที่ลงทางลาด พลังงานศักย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ คำนวณได้จากสูตร

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

โดยที่ E_k คือ พลังงานจลน์ (J)

m คือ มวล (kg)

v คือ ความเร็ว (m/s)

3) การอนุรักษ์พลังงานกล (Conservation of Mechanical Energy)

ในระบบที่ไม่มีแรงเสียดทานหรือแรงต้านอื่น ๆ พลังงานรวมจะคงที่ กล่าวคือ

$$E_p \text{ (บนสุด)} = E_k \text{ (ปลายทาง)}$$

ดังนั้น ความเร็วที่ปลายทางลาด สามารถคำนวณได้จาก

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$
$$v = \sqrt{2gh}$$

4) แรงเสียดทาน (Friction)

หากมีแรงเสียดทานเกิดขึ้น พลังงานบางส่วนจะสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน การเคลื่อนที่ของรถจะช้าลงกว่าที่คำนวณได้จากสูตรพลังงานเพียงอย่างเดียว

สรุปแนวคิดสำคัญ

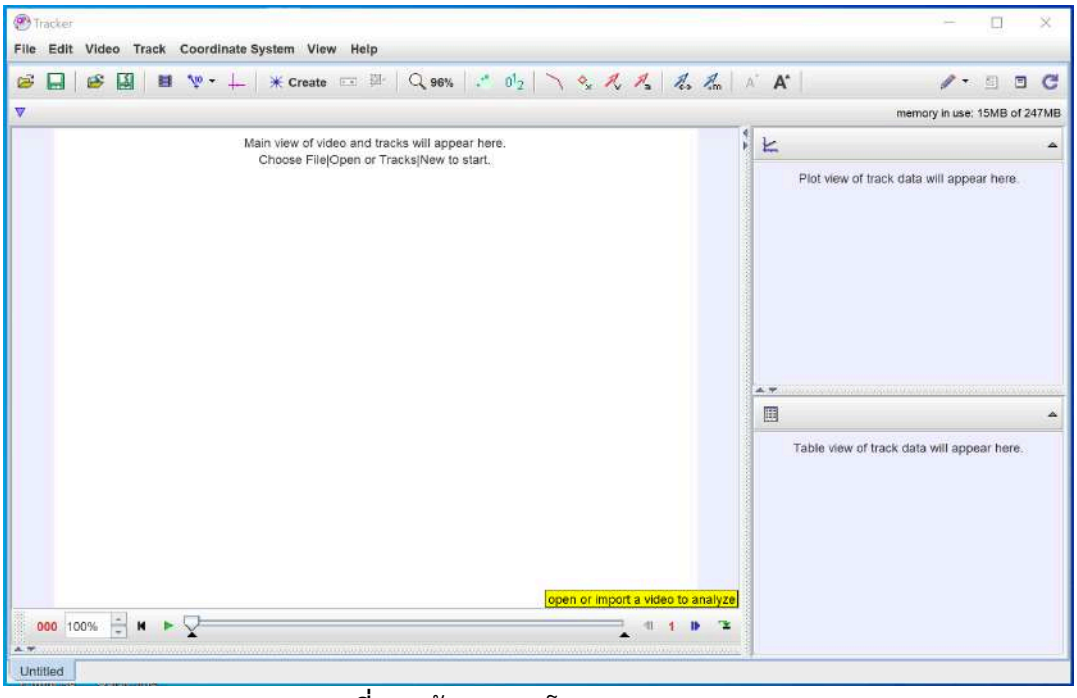
- ความเร็วของรถที่ปลายทางลาดขึ้นอยู่กับความสูงเริ่มต้น ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวและมุมของทางลาด
- ถ้าปราศจากแรงเสียดทาน ความเร็วสามารถทำนายได้จากการอนุรักษ์พลังงานกล
- การทดลองจริงอาจมีแรงเสียดทานและความคลาดเคลื่อน ซึ่งนักเรียนต้องวิเคราะห์ร่วมด้วย

ใบความรู้ที่ 2
การใช้ Tracker Program ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่

โปรแกรม Tracker เป็น Open Source Physics (OSP) สามารถหาตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่งของวัตถุ จากวิดีโอและเลือกกรอบอ้างอิง (Reference frames) ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ได้ทั้งแบบพิกัดฉากและพิกัดเชิงขั้ว รวมทั้งวิเคราะห์สเปกตรัม โมเดลการเคลื่อนที่ของอนุภาค

1. เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม Tracker

เข้าสู่โปรแกรม Tracker โดย Double Click ไอคอน  ที่ Desktop ของเครื่องคอมพิวเตอร์ จะเข้าสู่หน้าแรกของโปรแกรม ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หน้าแรกของโปรแกรม Tracker

2. วิเคราะห์ข้อมูล

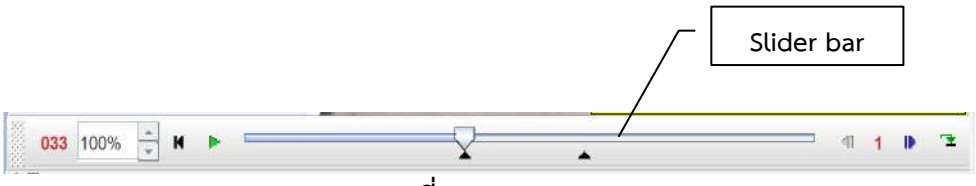
2.1 เปิดวิดีโอที่บันทึกไว้ โดย Click คำสั่ง File → Open File หรือ Import เลือกไฟล์ที่มีนามสกุล .avi หรือ .mov ที่ต้องการวิเคราะห์

2.2 เลือกช่วงของเฟรมที่ต้องการวิเคราะห์โดยเลือกคำสั่ง Clip settings ดังรูปที่ 2



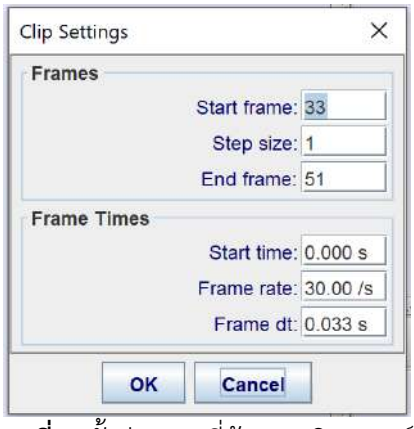
รูปที่ 2 Clip settings icon

ใช้เมาส์ Drag ตรงตำแหน่ง Slider bar เพื่อสแกนเลือกเฟรมที่ต้องการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Slider bar

เลือกเฟรมที่ต้องการวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่นเลือกเฟรมที่ 33 ถึง 51 ดังรูปที่ 4



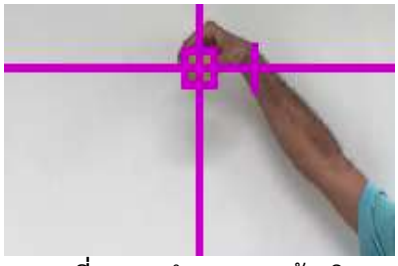
รูปที่ 4 ตั้งค่าเฟรมที่ต้องการวิเคราะห์

2.3 ทำการ Calibrate ระยะในวิดีโอกับระยะจริงโดยใช้คำสั่ง Calibration stick มีรูปไอคอน คือ  ใช้เมาส์ Drag ที่เครื่องหมาย + แล้วเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัด ตัวอย่าง 1.720 m ทำมุม 0° กับแนวแกน x ดังรูปที่ 5



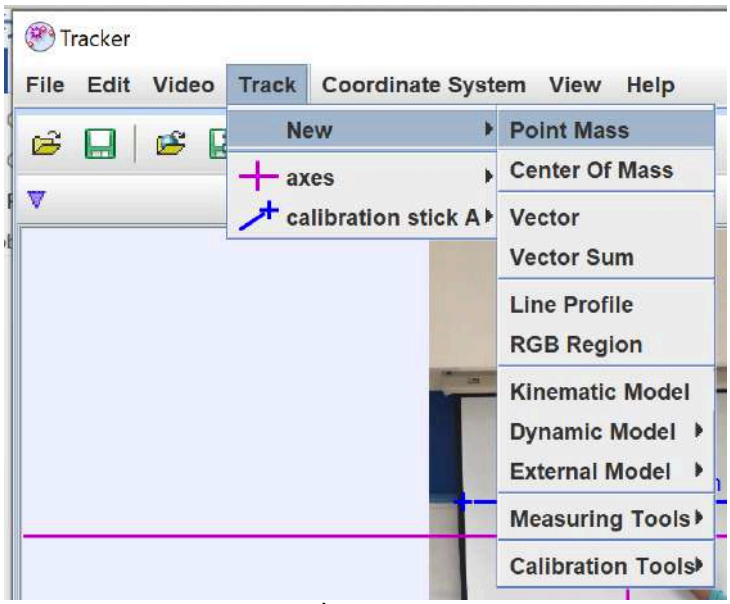
รูปที่ 5 การเทียบระยะในภาพกับระยะจริง

2.4 เลือกแกนอ้างอิงจากคำสั่ง Axes มีรูปไอคอน คือ  เลื่อนแกนอ้างอิงไว้ตามความเหมาะสมและความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรูปที่ 6



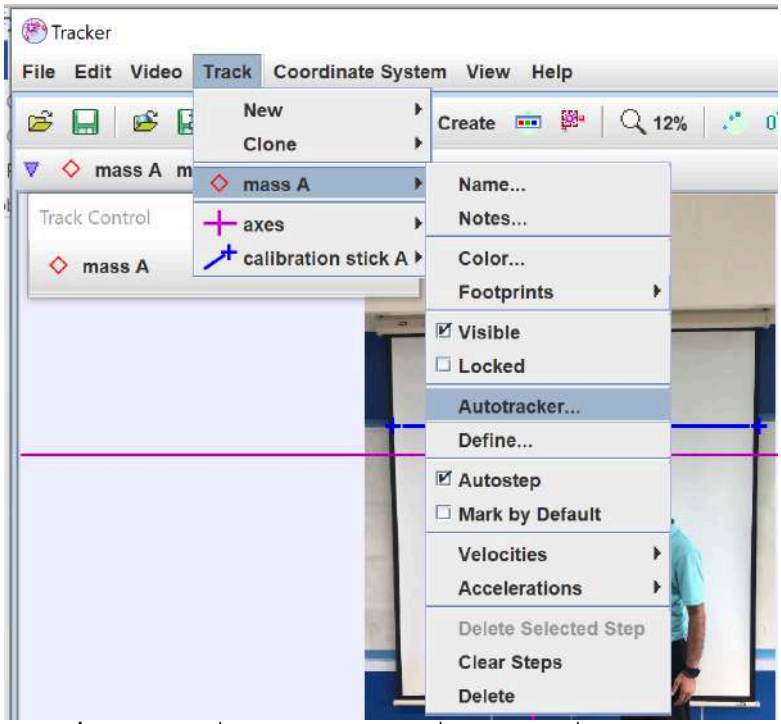
รูปที่ 6 การกำหนดแกนอ้างอิง

2.5 Track ข้อมูลจากวิดีโอโดยเลือกคำสั่ง Track → New → Point mass ดังรูปที่ 7

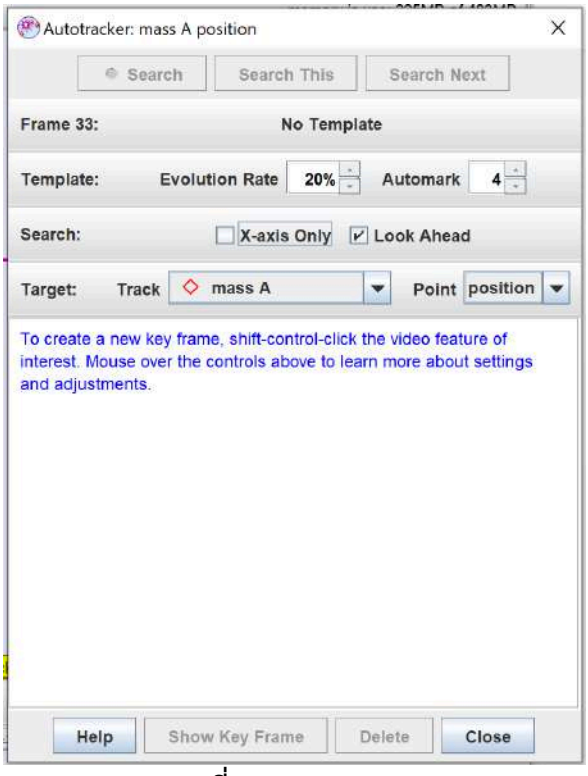


รูปที่ 7 Tracker

(ถ้าต้องการจับการเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ....ไม่เหมาะกับภาพเคลื่อนไหวของวัตถุที่ไม่ชัด) เลือกคำสั่ง Autotracker... ดังรูปที่ 8 จะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ 9 คลิกเพื่อเลือกวัตถุในวิดีโอที่ต้องการวิเคราะห์

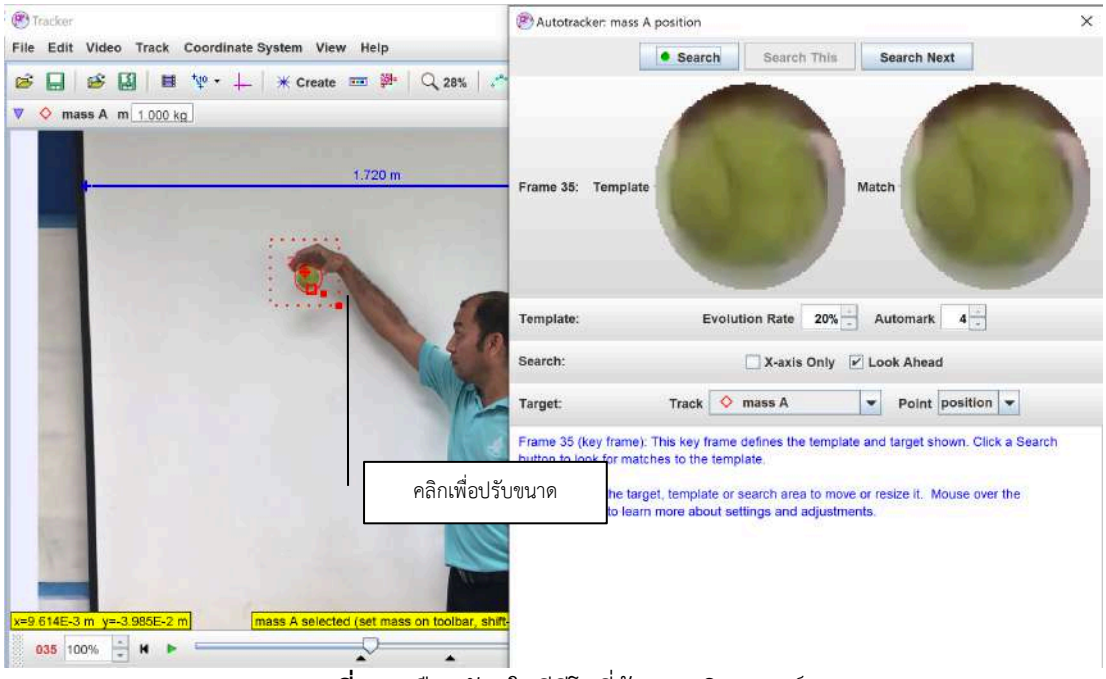


รูปที่ 8 เลือกคำสั่ง Autotrackerรูปที่ 8 เลือกคำสั่ง Autotracker



รูปที่ 9 Autotracker

ปรับขนาดของตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์วัตถุ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เลือกวัตถุในวีดีโอที่ต้องการวิเคราะห์

เมื่อปรับขนาดของส่วนที่ต้องการ Tracker แล้วให้คลิกไอคอน Search เพื่อค้นหาวัตถุแบบอัตโนมัติ

3. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 ตารางผลการวิเคราะห์

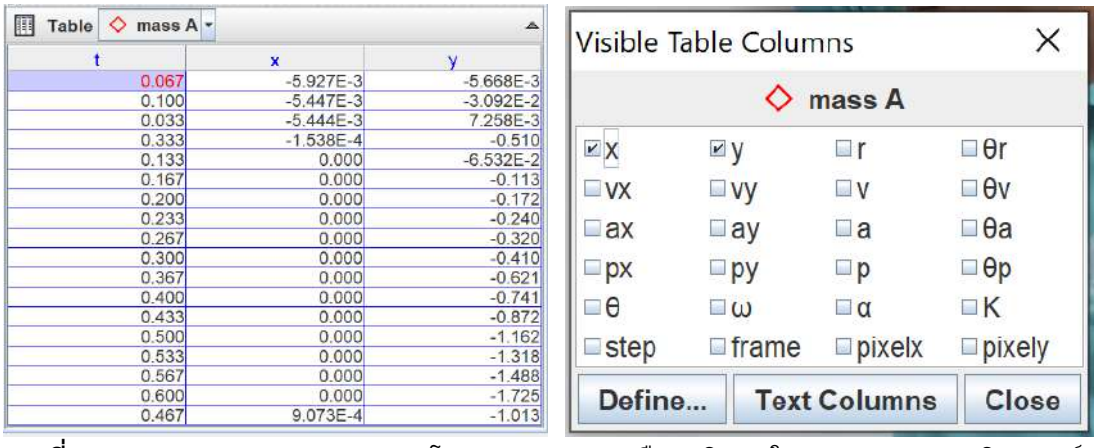


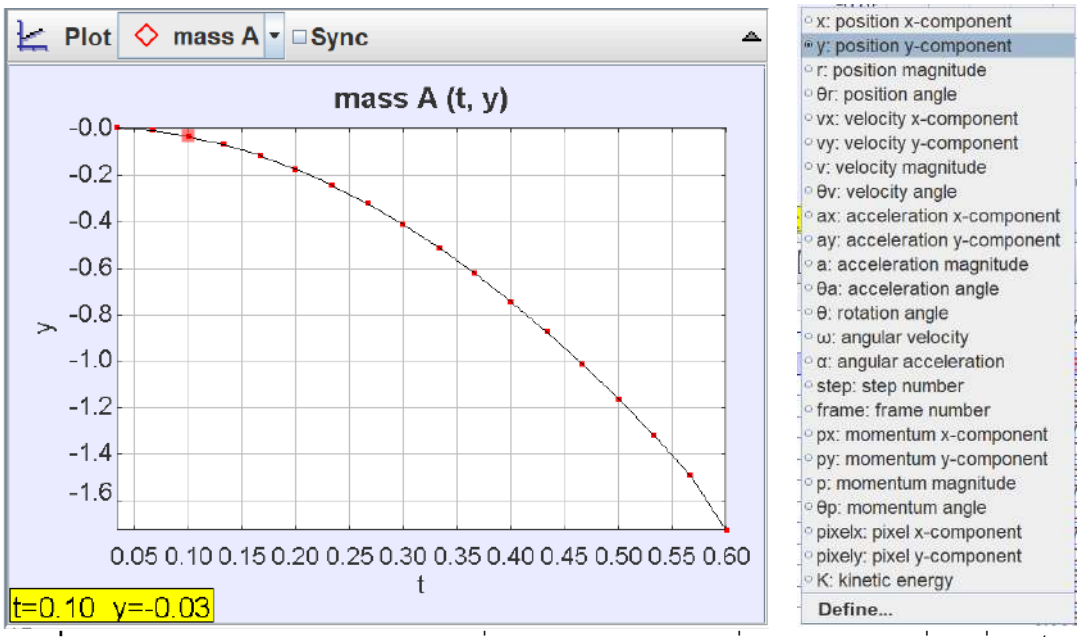
Table ◇ mass A

t	x	y
0.067	-5.927E-3	-5.668E-3
0.100	-5.447E-3	-3.092E-2
0.033	-5.444E-3	7.258E-3
0.333	-1.538E-4	-0.510
0.133	0.000	-6.532E-2
0.167	0.000	-0.113
0.200	0.000	-0.172
0.233	0.000	-0.240
0.267	0.000	-0.320
0.300	0.000	-0.410
0.367	0.000	-0.621
0.400	0.000	-0.741
0.433	0.000	-0.872
0.500	0.000	-1.162
0.533	0.000	-1.318
0.567	0.000	-1.488
0.600	0.000	-1.725
0.467	9.073E-4	-1.013

รูปที่ 11 ผลการทดลองจาก Tracker โปรแกรมและการเลือกปริมาณในการแสดงผลการวิเคราะห์

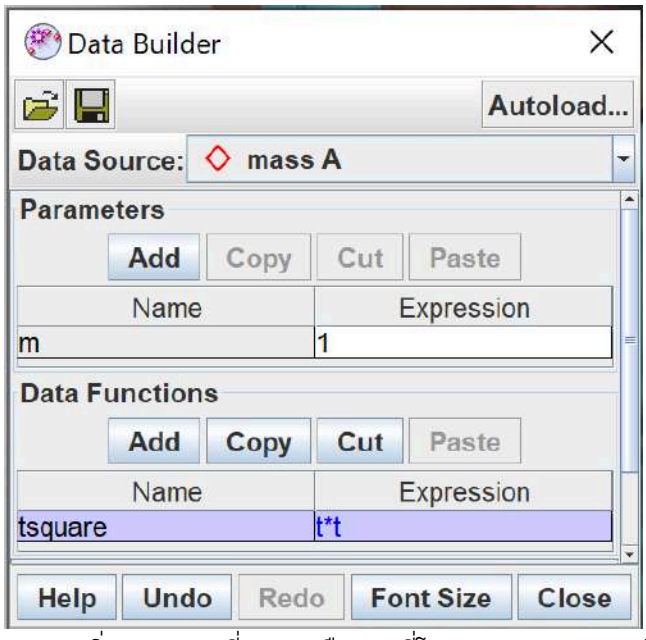
หากต้องการเปลี่ยนปริมาณที่แสดงผลสามารถคลิกที่ Table แล้วเลือกปริมาณที่ต้องการ

3.2 กราฟแสดงผลการทดลอง



รูปที่ 12 กราฟแสดงผลการทดลองและเปลี่ยนกราฟสามารถคลิกที่แกน y หรือ t เพื่อเปลี่ยนเป็นปริมาณอื่นได้

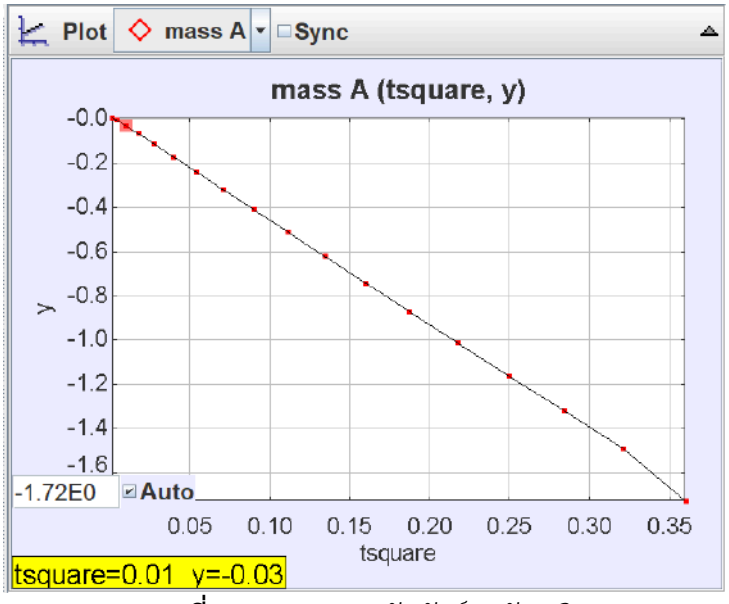
ในกรณีที่ต้องการเพิ่มปริมาณหรือเพิ่มชนิดของกราฟสามารถคลิก Define... จะได้ผล ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การเพิ่มประมาณที่นอกเหนือจากที่โปรแกรม Tracker กำหนด

ตัวอย่างเช่นการเพิ่ม t^2 โดยเลือกคลิก Add แล้ว Doddle click คำว่า Function แล้วสามารถตั้งชื่อเป็นอะไรก็ได้แต่ต้องไม่ซ้ำกับ Parameters และ Expression อย่างเช่น Tsquare แล้วกำหนด Expression เป็น t*t คลิก Close จะได้ปริมาณตามที่ต้องการ

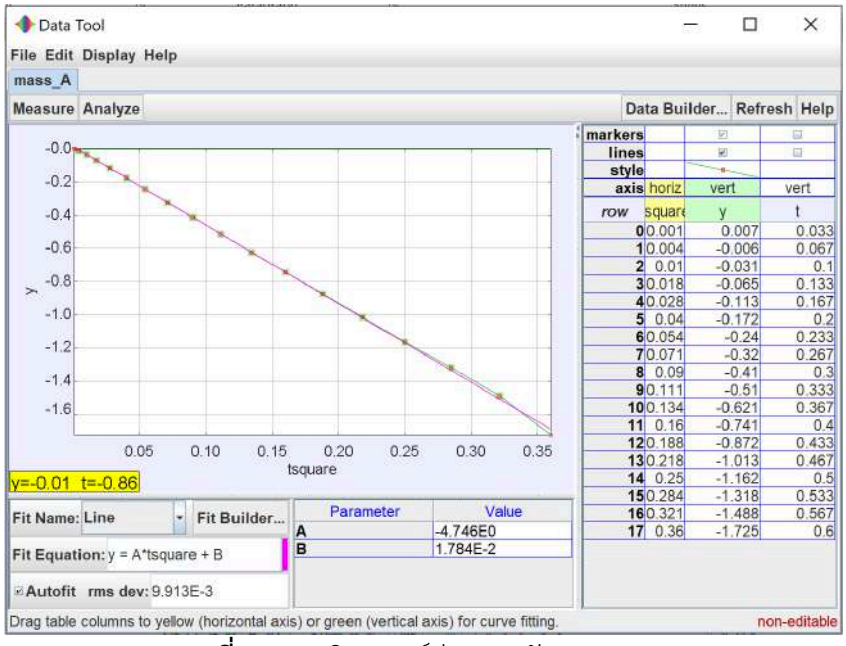
ในการเปลี่ยนชนิดของกราฟกับปริมาณใหม่ที่กำหนด ทำได้ตามหัวข้อ 3.2 ตัวอย่างเช่นเขียนกราฟ y กับ t^2 ได้ผลการทดลอง ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ y กับ t^2

3.3 การหาค่าความชันและการ Fit ข้อมูลกับสมการ

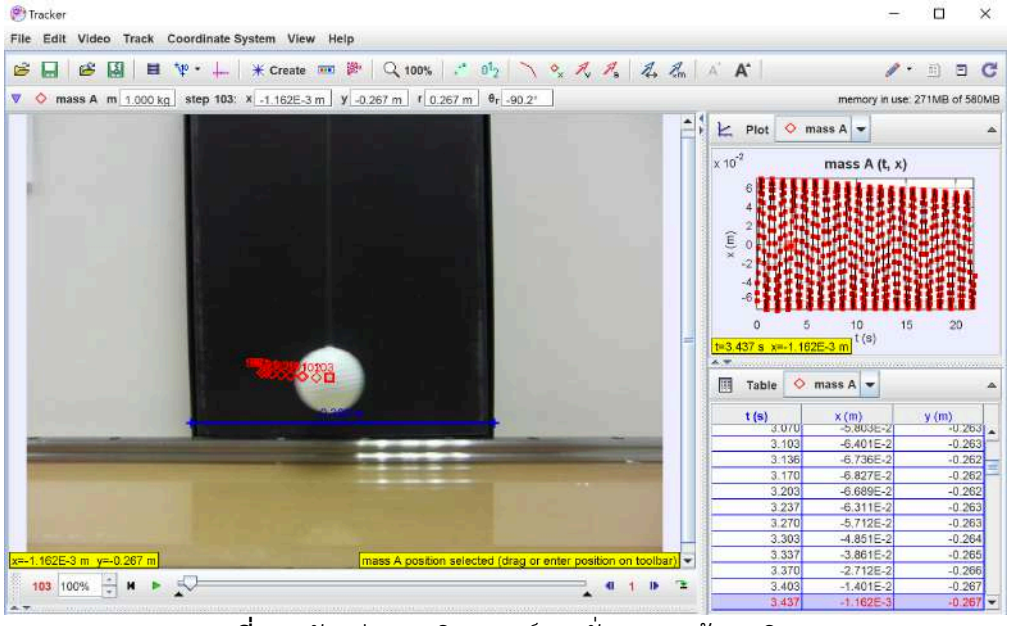
คลิกขวาที่กราฟ เลือกคำสั่ง Analyze...จะได้ผล ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 การวิเคราะห์ค่าความชันของกราฟ

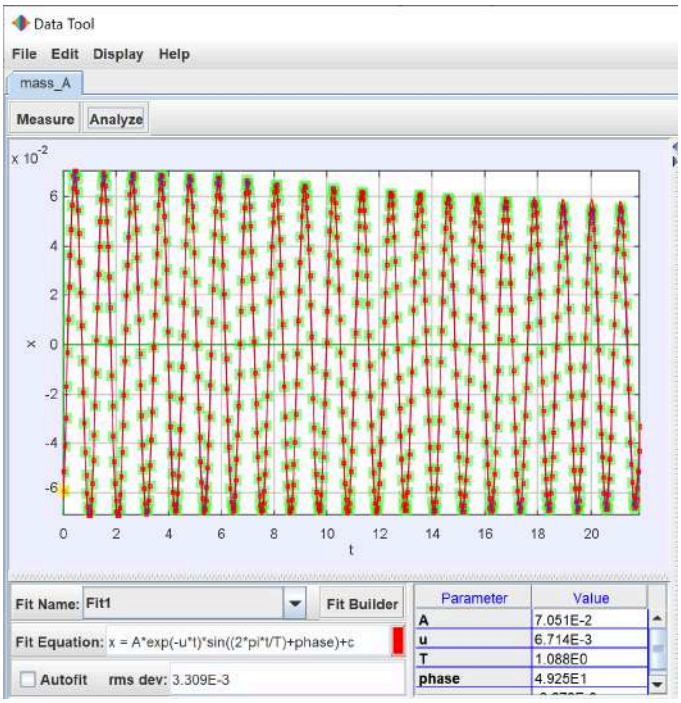
ในการวิเคราะห์ความชัน ให้เลือก Analyze → Curve Fits → Autofit ได้ผล A คือค่าความชัน ของกราฟ B คือค่าจุดตัดแกน y

3.4. การเพิ่มฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล



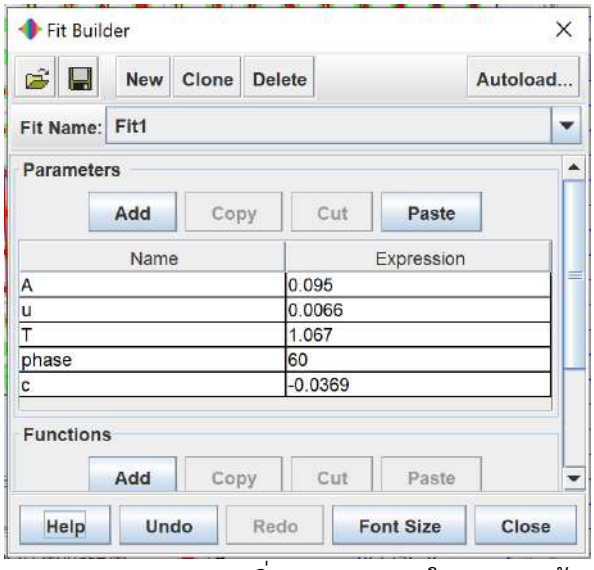
รูปที่ 16 ตัวอย่างการวิเคราะห์การสั่นของลูกตุ้มนาฬิกา

คลิกขวาที่กราฟเลือก Analyze··· จะได้ผล ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 กราฟความสัมพันธ์ของตำแหน่งในแนวแกน x กับเวลา ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

การเพิ่มสมการในการ Fit ข้อมูลผลการทดลองกับสมการโมเดล สิ่งแรกที่ต้องเพิ่ม คือ parameters จะต้องกำหนด Parameters ให้ครบทุกตัวที่มีในสมการ เช่น ใช้สมการ $\mathrm{x(t)} = \mathrm{A} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{ut}}\sin(2\pi\mathrm{t}/\mathrm{T} + \phi) + \mathrm{c}$ โดยกำหนดให้ A คือ แอมปลิจูด u คือ สัมประสิทธิ์การลดทอน T คือ คาบ t คือ เวลา ϕ คือ ค่าคงที่ของเฟส c คือ Offset ของแกน x หลังจากกำหนด Parameters แล้วให้เลือก Add functions ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 การเพิ่ม Parameters และการเพิ่ม Functions ในการ Fit ข้อมูลกับสมการโมเดล

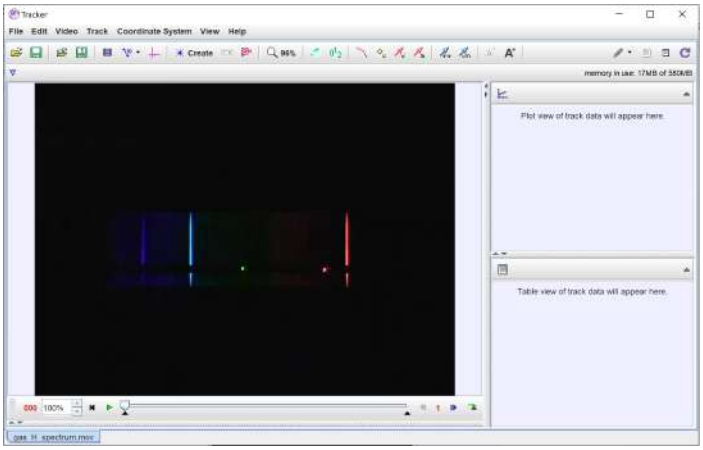
Expression ของ Parameters จะต้องเป็นค่าที่ใกล้เคียงค่าจริงโปรแกรมจะ Fit ได้ง่าย เมื่อโปรแกรม Fit ข้อมูลได้ผลค่า Parameters ดังแสดงในตาราง ดังรูปที่ 19

Parameter	Value
A	7.051E-2
u	6.714E-3
T	1.088E0
phase	4.925E1

รูปที่ 19 ผลการวิเคราะห์ค่า Parameters ที่กำหนดไว้ในสมการ

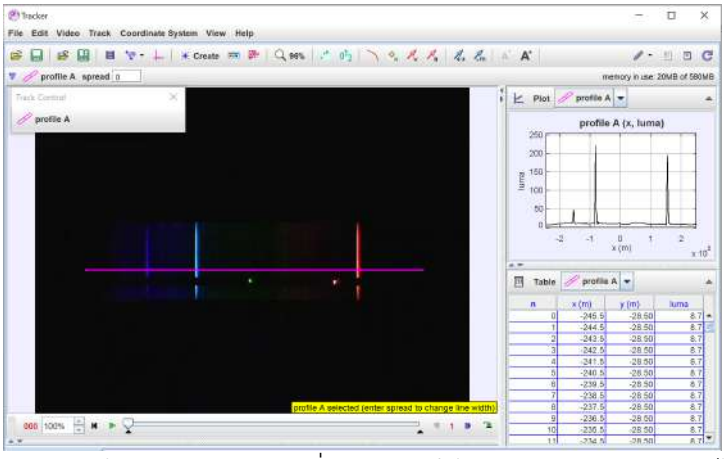
4. การวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยเทคนิค Line Profile

เปิดโปรแกรม Tracker แล้วเปิดไฟล์ใน Folder Tracker → gas_H_spectrum.mov ดังรูปที่ 20



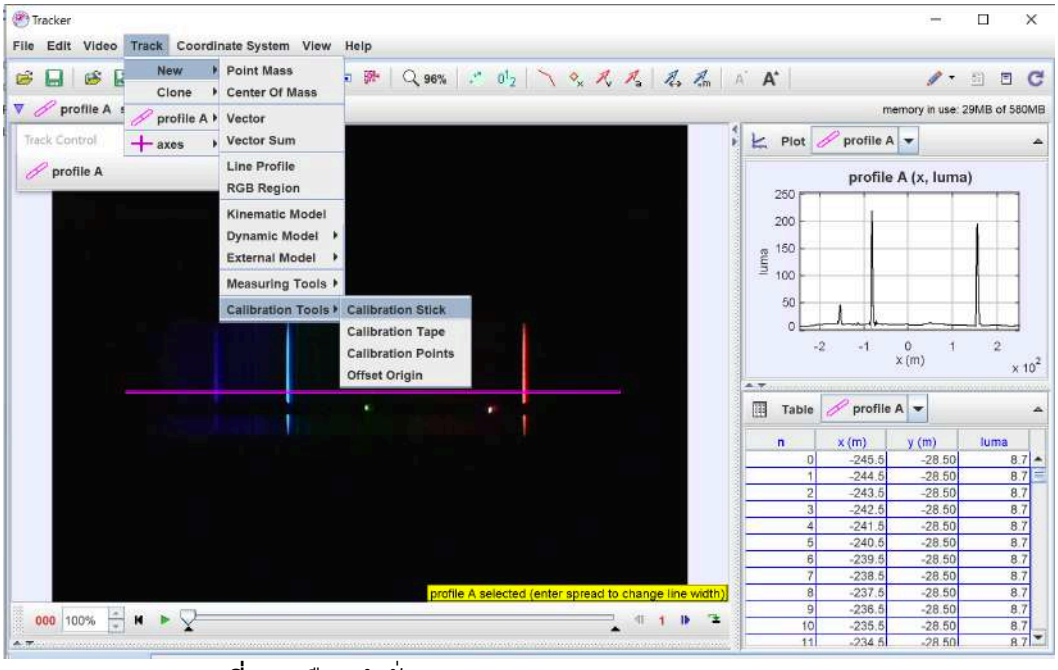
รูปที่ 20 H Spectrum atom (ภาพเส้นสเปกตรัม : http://physlets.org/tracker/)

เลือกคำสั่ง Track → New → Line Profile กด Shift แล้วลาก Line Profile ไปตามแนวราบ ได้ผลดังนี้ ดังรูปที่ 21



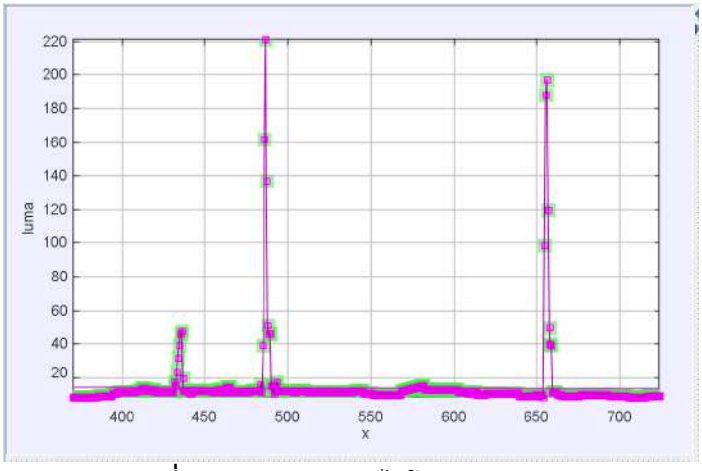
รูปที่ 21 การลากเส้น Line Profile เพื่อวิเคราะห์เส้นสเปกตรัมอะตอมของไฮโดรเจน

เลือกคำสั่ง Calibration Stick จุดสีเขียวและจุดสีแดงอยู่ห่างกัน 98.3nm (คิดจาก 632.8nm-543.5nm) และใช้คำสั่ง Calibration points จุดสีเขียวอยู่ที่ x=543.5nm และ จุดสีแดงอยู่ที่ตำแหน่ง 632.8nm จะได้ผล ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 เลือกคำสั่ง Calibration Stick และ Calibration Points

ผลของการใช้คำสั่ง Calibration Stick และ Calibration Points จะได้ ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 สเปกตรัมของไฮโดรเจนอะตอม

ขอบคุณข้อมูลจาก อ.ธรรมรง เอียดคง สาขาวิชาฟิสิกส์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ข้อมูลเพิ่มเติม : https://drive.google.com/file/d/1VcujXp7MvMxw6dvESzZkAHH0-oMky2LB/view?usp=drive_link

ใบความรู้ที่ 3
การใช้ AI ในการวิเคราะห์ข้อมูล

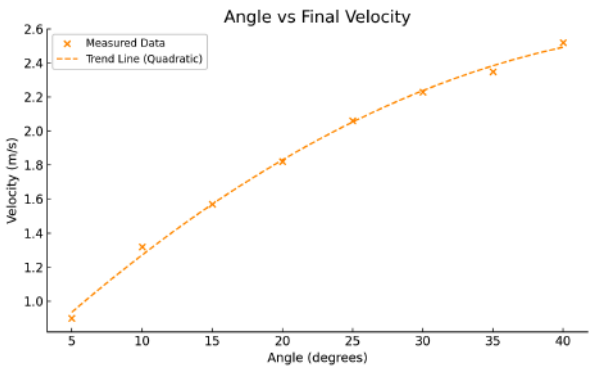
จากกิจกรรม “รถของเล่นลงทางลาด” ในกรณีศึกษามุมมีผลต่อความเร็วปลายทางลาดหรือไม่ ? ได้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงและความเร็วที่ปลายทางลาด

มุมเอียง (°)	ความเร็ว (m/s)
5	0.90
10	1.32
15	1.57
20	1.82
25	2.06
30	2.23
35	2.35
40	2.52

หากเราต้องการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงและความเร็วที่ปลายทางลาด เราสามารถใช้ AI ช่วย ในการสร้างกราฟ โดยนำคู่อันดับระหว่างมุมเอียงกับความเร็วที่ปลายทางลาดป้อนลงใน ChatGPT (ChatGPT คือ AI Chat bot ที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท OpenAI ที่เป็นบริษัทพัฒนา AI รายใหญ่ของโลก) โดยตัวอย่าง Prompt (Prompt คือ คำสั่งหรือคำถามที่ใช้สำหรับสื่อสารกับ AI) เช่น

“(5°,0.90) (10°,1.32) (15°,1.57) (20°,1.82) (25°,2.06) (30°,2.23) (35°,2.35) (40°,2.52) {จากข้อมูลดิบชุดนี้ ช่วยสร้างโค้ดภาษา python แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุม (องศา) กับความเร็ว (เมตร/วินาที) จากนั้นสร้างเส้นกราฟ ให้ใกล้เคียงกับข้อมูลมากที่สุด}” ผลที่ได้เป็นดังนี้



รูปที่ 1 กราฟที่ได้จากการเขียน Prompt

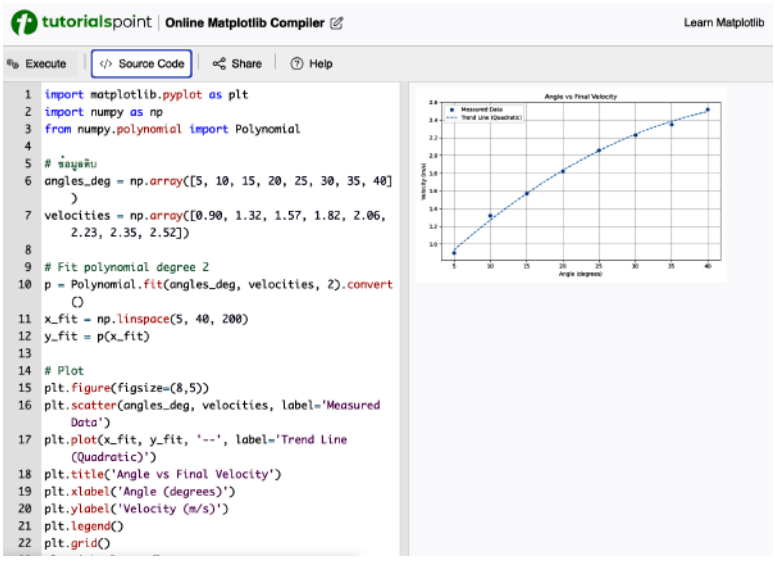
ตัวอย่างโค้ดภาษา python ที่ได้ออกมา ซึ่งสามารถนำโค้ดนี้ไปปรับเปลี่ยนแนวโน้มของกราฟได้

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from numpy.polynomial import Polynomial

# ข้อมูลดิบ
angles_deg = np.array([5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40])
velocities = np.array([0.90, 1.32, 1.57, 1.82, 2.06, 2.23, 2.35, 2.52])

# Fit polynomial degree 2
p = Polynomial.fit(angles_deg, velocities, 2).convert()
x_fit = np.linspace(5, 40, 200)
y_fit = p(x_fit)

# Plot
plt.figure(figsize=(8,5))
plt.scatter(angles_deg, velocities, label='Measured Data')
plt.plot(x_fit, y_fit, '--', label='Trend Line (Quadratic)')
plt.title('Angle vs Final Velocity')
plt.xlabel('Angle (degrees)')
plt.ylabel('Velocity (m/s)')
plt.legend()
plt.grid()
plt.tight_layout()
plt.show()
```



รูปที่ 2 การนำโค้ดภาษา python เข้าใน online matplotlib compiler

สมมติถ้าเราจะปรับเปลี่ยนแนวโน้มของกราฟ เราก็สามารถแก้ไขจากในโค้ดภาษา python ที่ได้มา

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from numpy.polynomial import Polynomial

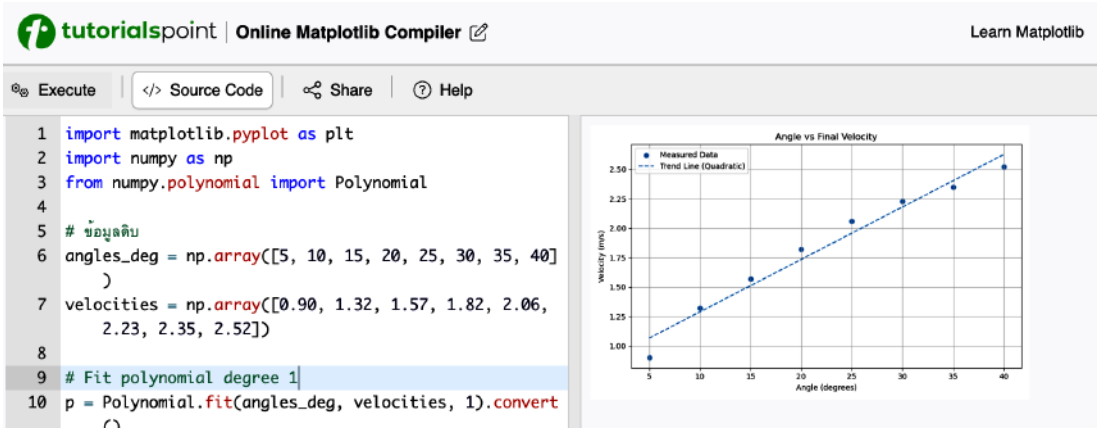
# ข้อมูลดิบ
angles_deg = np.array([5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40])
velocities = np.array([0.90, 1.32, 1.57, 1.82, 2.06, 2.23, 2.35, 2.52])

# Fit polynomial degree 2
p = Polynomial.fit(angles_deg, velocities, 2).convert()
x_fit = np.linspace(5, 40, 200)
y_fit = p(x_fit)

# Plot
plt.figure(figsize=(8,5))
plt.scatter(angles_deg, velocities, label='Measured Data')
plt.plot(x_fit, y_fit, '--', label='Trend Line (Quadratic)')
plt.title('Angle vs Final Velocity')
plt.xlabel('Angle (degrees)')
plt.ylabel('Velocity (m/s)')
plt.legend()
plt.grid()
plt.tight_layout()
plt.show()
```

เปลี่ยนจาก 2 เป็น 1

จากด้านบน ถ้าเราลองเปลี่ยนจาก 2 เป็น 1 กราฟที่ได้ออกมาก็จะเปลี่ยนแนวโน้มของกราฟเป็นเส้นตรง



รูปที่ 3 การแก้ไขโค้ดบางส่วน ทำให้แนวโน้มของเส้นกราฟเปลี่ยนไป

ใบความรู้ที่ 4

ธรรมนูญการจัดการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับประเทศ



ที่ ศธ ๐๔๒๗๘/ว๔๙

ถึง โรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ตามที่สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยสำนักบริหารงานความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ดำเนินงานโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน ๒๒๐ โรงเรียน มีการจัดกิจกรรมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ซึ่งเป็นการแข่งขันทางวิชาการ ทุกทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันต้องทราบรายละเอียด กฎ กติกาการแข่งขันให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

ในการนี้ เพื่อให้การจัดกิจกรรมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงได้จัดส่งเล่มธรรมนูญฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับประเทศ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๗ เพื่อเป็นคู่มือในการจัดการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ สำหรับโรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม จำนวน ๒๒๐ โรงเรียน เท่านั้น



สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
๑๘ มกราคม ๒๕๖๘

สำนักบริหารงานความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา
โทร. ๐ ๒๒๘๘ ๕๕๙๐, ๐ ๒๖๒๘ ๕๓๔๐
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ smte.obec12@gmail.com

"เรียนดี มีความสุข"


ธรรมนูญ
ฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับประเทศ
Physics
ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2567
TYPT
Thailand Young Physicists' Tournament
TYPT
สำนักงานบริหารความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

ธรรมนูญการจัดการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

1. การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

ฟิสิกส์สัประยุทธ์ (Young Physicists' Tournament) เป็นการแข่งขันทางวิชาการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำเสนอคำตอบสำหรับปัญหาเหล่านั้นด้วยข้อมูลทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงการทดลองที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยน เรียนรู้และการอภิปรายในทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในระหว่างการประลองแข่งขัน

2. การจัดการแข่งขัน

รอบการแข่งขันระดับภูมิภาค

เป็นการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในแต่ละเครือข่ายของโรงเรียนโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (SMTE) 9 เครือข่าย กลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย เครือข่ายนักเรียนทุนพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) และเครือข่ายโรงเรียนโครงการห้องเรียน พสวท. (สู่ความเป็นเลิศ) ทำการคัดเลือกทีมที่ได้ลำดับที่ 1 – 3 เพื่อเข้าแข่งขันต่อในระดับชาติ

รอบการแข่งขันระดับชาติ

เป็นการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เป็นตัวแทนจากการคัดเลือกในรอบการแข่งขันระดับภูมิภาค รวมทั้งหมดจำนวน 33 ทีม แบ่งเป็น 1) เครือข่ายโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (SMTE) จำนวน 9 เครือข่าย เครือข่ายละ 3 ทีม รวมเป็น 27 ทีม 2) กลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย จำนวน 3 ทีม 3) เครือข่ายนักเรียนทุนพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) และเครือข่ายโรงเรียนโครงการห้องเรียน พสวท. (สู่ความเป็นเลิศ) จำนวน 3 ทีม โดยการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับประเทศจะแบ่งการแข่งขันเป็น 2 รอบ ดังนี้

1) การแข่งขันรอบคัดเลือก

คือ การคัดเลือกทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันจากทั้งหมด 33 ทีม ให้เหลือเพียง 4 ทีม เพื่อเข้าสู่รอบชิงชนะเลิศ โดยการแข่งขันรอบคัดเลือกจะทำการแข่งขัน จำนวน 3 รอบ แต่ละรอบจะทำการแข่งขัน 3 หรือ 4 ยก ขึ้นอยู่กับจำนวนทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันแต่ละห้อง กล่าวคือ ถ้าห้องแข่งขันนั้นมี จำนวนทีมที่เข้าร่วมการแข่งขัน จำนวน 3 ทีม จะทำการแข่งขัน 3 ยก กรณีมีจำนวน 4 ทีม จะแข่งขัน 4 ยก โดยแต่ละรอบการแข่งขัน ทีมเข้าร่วมการแข่งขันในห้องจะได้รับบทบาทเป็นฝ่ายนำเสนอ ฝ่ายซักค้าน ฝ่ายวิพากษ์ หรือฝ่ายสังเกตการณ์ แตกต่างกันในแต่ละยก ดังต่อไปนี้

กรณีมี 3 ทีม

ทีมแข่งขัน	ยกที่ 1	ยกที่ 2	ยกที่ 3
ทีมที่ 1	**ฝ่ายนำเสนอ**	ฝ่ายวิพากษ์	ฝ่ายซักค้าน
ทีมที่ 2	ฝ่ายซักค้าน	**ฝ่ายนำเสนอ**	ฝ่ายวิพากษ์
ทีมที่ 3	ฝ่ายวิพากษ์	ฝ่ายซักค้าน	**ฝ่ายนำเสนอ**

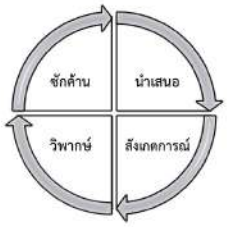
ลำดับบทบาทการแข่งขัน



กรณีมี 4 ทีม

ทีม	ยกที่ 1	ยกที่ 2	ยกที่ 3	ยกที่ 4
ทีมที่ 1	**ฝ่ายนำเสนอ**	ฝ่ายสังเกตการณ์	ฝ่ายวิพากษ์	ฝ่ายซักค้าน
ทีมที่ 2	ฝ่ายซักค้าน	**ฝ่ายนำเสนอ**	ฝ่ายสังเกตการณ์	ฝ่ายวิพากษ์
ทีมที่ 3	ฝ่ายวิพากษ์	ฝ่ายซักค้าน	**ฝ่ายนำเสนอ**	ฝ่ายสังเกตการณ์
ทีมที่ 4	ฝ่ายสังเกตการณ์	ฝ่ายวิพากษ์	ฝ่ายซักค้าน	**ฝ่ายนำเสนอ**

ลำดับบทบาทการแข่งขัน



การแสดงบทบาทของแต่ละฝ่ายในการแข่งขัน (The team performance in the stage) เป็นดังนี้

ฝ่ายนำเสนอ (Reporter)	มีหน้าที่นำเสนอคำตอบของปัญหาในส่วนที่เป็นสาระสำคัญ โดยต้องชี้ให้เห็นถึงแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์ และข้อสรุปที่ได้ เพื่อให้ทีมอื่นและคณะกรรมการยอมรับในทฤษฎีและผลการทดลองของฝ่ายนำเสนอ
ฝ่ายซักค้าน (Opponent)	มีหน้าที่สรุปประเด็นของฝ่ายนำเสนอเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในการนำเสนอ พร้อมทั้งตั้งคำถามและวิจารณ์ประเด็นต่าง ๆ ที่ฝ่ายนำเสนอได้นำเสนอไปแล้ว โดยต้องชี้ให้เห็นถึงสิ่งที่อาจเป็นความคลาดเคลื่อนจากการตีโจทย์ปัญหา หรือจากการนำเสนอคำตอบ นอกจากนี้ต้องวิเคราะห์ข้อเด่นและข้อด้อยของทั้งคำตอบและการนำเสนอของฝ่ายนำเสนอด้วยทั้งนี้ ฝ่ายซักค้านไม่ควรนำเสนอคำตอบของตนเองในระหว่างการอภิปรายซักค้าน
ฝ่ายวิพากษ์ (Reviewer)	มีหน้าที่ สรุปภาพรวม ชี้จุดแข็ง จุดอ่อน ของฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้าน แล้ววิพากษ์ตามความคิดของฝ่ายตนเอง และชี้ให้เห็นว่ามีทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดที่ต้องใช้แต่ไม่ได้นำเสนอหรืออภิปราย
ฝ่ายสังเกตการณ์ (Observer)	ทำหน้าที่ผู้สังเกตการณ์ในแต่ละยก โดยฝ่ายสังเกตการณ์จะไม่มีบทบาทใด ๆ ในการแข่งขันยกนั้น

หมายเหตุ

1) **ในแต่ละยก** แต่ละทีมสามารถส่งตัวแทนพูดได้เพียง 1 คน เพื่อแสดงบทบาทตามที่ทีมได้รับ โดยสมาชิกคนอื่น ๆ อาจช่วยตั้งคำถาม หรือช่วยตอบคำถาม**โดยการส่งกระดาษให้ตัวแทนทีมพูดได้เท่านั้น** และสามารถช่วยแก้ปัญหาในทางเทคนิคเกี่ยวกับการนำเสนอ เช่น การทำสไลด์นำเสนอ การลบกระดาน เป็นต้น
2) **รอบสะสมคะแนน** สมาชิกในทีมคนหนึ่ง ๆ สามารถทำหน้าที่เป็นตัวแทนพูดในบทบาทฝ่ายนำเสนอได้ **ไม่เกิน 2 ครั้ง** และในแต่ละห้อง **ไม่อนุญาต** ให้สมาชิกในทีมคนใดคนหนึ่งเป็นตัวแทนพูดในบทบาทใด ๆ เกิน 2 ครั้ง

การเรียงลำดับคะแนนการแข่งขัน รอบคัดเลือก

เมื่อทุกทีมทำการแข่งขันครบทั้ง 3 รอบ ใช้วิธีการเรียงลำดับคะแนน ดังนี้

1. เรียงลำดับคะแนนรวมสูงสุดไปต่ำสุด
2. หากมีทีมที่มีคะแนนรวมเท่ากัน ให้พิจารณาเรียงลำดับจากทีมที่ได้คะแนนรวมสูงสุดจากการทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอก่อน หากคะแนนรวมจากฝ่ายนำเสนอยังเท่ากัน จะพิจารณาคะแนนรวมจากการทำหน้าที่ฝ่ายซักค้านของทีมนั้น ๆ เป็นลำดับถัดไป

รูปแบบการแข่งขันในแต่ละยกของรอบคัดเลือก มีรายละเอียดดังตาราง

ที่	กิจกรรม	รายละเอียด	เวลา (นาที)	บทบาทการทำหน้าที่			
				ฝ่ายนำเสนอ (reporter)	ฝ่ายซักค้าน (opponent)	ฝ่ายวิพากษ์ (reviewer)	ฝ่ายสังเกตการณ์ (observer)
1	ท้าประลองโจทย์	ฝ่ายซักค้านท้าประลองโจทย์ปัญหา	1	รับฟังคำท้า	ท้าทายข้อปัญหา		ในกรณีที่มี 4 ทีม/รอบ จะมีหนึ่งทีมทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตการณ์ในแต่ละยก โดยฝ่ายสังเกตการณ์จะไม่มีบทบาทใดๆ ในการแข่งขันยกนั้น หากมีเพียง 3 ทีม/รอบ จะไม่มีฝ่ายสังเกตการณ์
2	ตอบรับ/ปฏิเสธ	ฝ่ายนำเสนอพิจารณาตอบรับ/ปฏิเสธคำท้า		ปฏิเสธ/ตอบรับ	รับฟังคำตอบ		
3	เตรียมนำเสนอ	เตรียมการนำเสนอ (รวมเวลาต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์)	1	เตรียมตัวนำเสนอ			
4	นำเสนอ	นำเสนอผลการศึกษาตามเงื่อนไขของโจทย์ ครอบคลุมทั้งทฤษฎีและการทดลองเชิงคุณภาพเชิงปริมาณอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล	10	นำเสนอผลงาน			
5	ตั้งข้อคำถามเพื่อซักค้าน	ฝ่ายซักค้านถามคำถามต่อฝ่ายนำเสนอเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ	1	ตอบข้อซักถาม	ถามคำถามสั้น ๆ		
6	เตรียมซักค้าน	เตรียมการซักค้าน	2		เตรียมตัวซักค้าน		
7	ซักค้าน	• นำเสนอประเด็นสำคัญ ชี้จุดแข็งและจุดอ่อนของฝ่ายนำเสนอ *(ใช้เวลาไม่เกิน 2 นาที)* • จากนั้นอภิปรายในประเด็นที่ซักถามโดยแสดงถึงความเข้าใจทั้งเชิงทฤษฎีและการทดลองที่ฝ่ายนำเสนอใช้เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น	7	อภิปรายร่วมกันสองฝ่ายในประเด็นทฤษฎี/เนื้อหาทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องร่วมกัน			
8	ตั้งคำถามวิพากษ์	ฝ่ายวิพากษ์ถามคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ	2	ตอบคำถามของฝ่ายวิพากษ์		ถามคำถามสั้น ๆ	



ที่	กิจกรรม	รายละเอียด	เวลา (นาที)	บทบาทการทำหน้าที่			
				ฝ่ายนำเสนอ (reporter)	ฝ่ายซักค้าน (opponent)	ฝ่ายวิพากษ์ (reviewer)	ฝ่ายสังเกตการณ์ (observer)
9	เตรียมวิพากษ์	เตรียมการวิพากษ์	2			เตรียมตัววิพากษ์	
10	วิพากษ์	สรุปภาพรวม ชี้จุดแข็ง-จุดอ่อนของฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้าน แล้ววิพากษ์ตามความคิดของฝ่ายตนเอง	3			นำเสนอข้อวิพากษ์	
11	กล่าวปิดท้าย	แก้ต่างข้อวิพากษ์ คำถาม และชี้จุดเด่นของงานที่ฝ่ายตนเองศึกษา	1	กล่าวปิดท้าย			
12	คำถามเชิงลึก	กรรมการถามคำถาม ต่อทั้งสามฝ่าย	5	ทั้งสามฝ่ายตอบคำถามจากคณะกรรมการ			
		รวมเวลาทั้งสิ้น	35				

2) การแข่งขันรอบชิงชนะเลิศระดับชาติ

คือ การแข่งขันรอบสุดท้าย โดยนำทีมที่ผ่านการคัดเลือกจากแข่งขันในรอบคัดเลือก จำนวน 4 ทีม ทำการแข่งขันเพื่อหาทีมที่ได้รับรางวัลชนะเลิศ และรองชนะเลิศ โดยมีเงื่อนไขในการคัดเลือกทีมเข้าสู่รอบชิงชนะเลิศระดับชาติ ดังนี้

2.1 ทีมที่ได้คะแนนรวมสูงสุด 3 อันดับแรก ได้สิทธิ์เข้าสู่การแข่งขันรอบชิงชนะเลิศระดับชาติ

2.2 ทีมที่จะได้สิทธิ์รับการคัดเลือกเป็นทีมที่ 4 เพื่อเข้าสู่การแข่งขันรอบชิงชนะเลิศ มีเงื่อนไข ดังนี้

2.2.1 เป็นทีมที่ชนะเลิศในทุกรอบการแข่งขัน ที่ไม่ใช่ 3 อันดับแรก ตามข้อ 2.1

2.2.2 กรณีที่มีจำนวนทีมที่ชนะเลิศในทุกรอบการแข่งขันมากกว่า 1 ทีม จะพิจารณาจากทีมที่ได้ลำดับคะแนนรวมสูงสุด หากมีทีมที่มีคะแนนรวมเท่ากัน ให้พิจารณาเรียงลำดับจากทีมที่ได้คะแนนรวมสูงสุดจากการทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอก่อน หากคะแนนรวมจากฝ่ายนำเสนอยังเท่ากัน จะพิจารณาคะแนนรวมจากการทำหน้าที่ฝ่ายซักค้านของทีมนั้น ๆ เป็นลำดับถัดไป

2.2.3 กรณีที่ไม่มีทีมที่ชนะทั้ง 3 รอบ จะพิจารณาคัดเลือกจากทีมที่ได้คะแนนรวมเป็นลำดับที่ 4 จากการแข่งขันรอบคัดเลือก

การเรียงลำดับคะแนนการแข่งขัน รอบชิงชนะเลิศระดับชาติ

เมื่อทุกทีมทำการแข่งขัน ทั้ง 3 ยก ใช้วิธีการเรียงลำดับคะแนน ดังนี้

1. เรียงลำดับคะแนนรวมสูงสุดไปต่ำสุด
2. หากมีทีมที่มีคะแนนรวมเท่ากัน ให้พิจารณาเรียงลำดับจากทีมที่ได้คะแนนรวมสูงสุดจากการทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอก่อน หากคะแนนรวมจากฝ่ายนำเสนอยังเท่ากัน จะพิจารณาคะแนนรวมจากการทำหน้าที่ฝ่ายซักค้านของทีมนั้น ๆ เป็นลำดับถัดไป

รูปแบบการแข่งขันในแต่ละยกของรอบชิงชนะเลิศ มีรายละเอียดดังตาราง



ที่	กิจกรรม	รายละเอียด	เวลา (นาที)	บทบาทการทำหน้าที่			
				ฝ่ายนำเสนอ (reporter)	ฝ่ายซักค้าน (opponent)	ฝ่ายวิพากษ์ (reviewer)	ฝ่ายสังเกตการณ์ (observer)
1	นำเสนอ	นำเสนอผลการศึกษาตามเงื่อนไขของโจทย์ ครอบคลุมทั้งทฤษฎีและการทดลองเชิงคุณภาพเชิงปริมาณอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล	10	นำเสนอผลงาน			ในกรณีที่มี 4 ทีม/รอบ จะมีหนึ่งทีมทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตการณ์ในแต่ละยก โดยฝ่ายสังเกตการณ์จะไม่มีบทบาทใด ๆ ในการแข่งขันยกนั้น หากมีเพียง 3 ทีม/รอบ จะไม่มีฝ่ายสังเกตการณ์
2	ตั้งข้อคำถามเพื่อซักค้าน	ฝ่ายซักค้านถามคำถามต่อฝ่ายนำเสนอเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ	1	ตอบข้อซักถาม	ถามคำถามสั้นๆ		
3	เตรียมซักค้าน	เตรียมการซักค้าน	3		เตรียมตัวซักค้าน		
4	ซักค้าน	• นำเสนอประเด็นสำคัญ ชี้จุดแข็งและจุดอ่อนของฝ่ายนำเสนอ *(ใช้เวลาไม่เกิน 3 นาที)* • จากนั้นอภิปรายในประเด็นที่ซักถาม โดยแสดงถึงความเข้าใจทั้งเชิงทฤษฎีและการทดลองที่ฝ่ายนำเสนอใช้เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น	10	ร่วมอภิปรายฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง	ร่วมอภิปรายฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง		
5	วิพากษ์ถาม	ฝ่ายวิพากษ์ถามคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ	2	ตอบคำถาม	ถามคำถาม	ถามคำถามสั้น ๆ	
6	เตรียมวิพากษ์	เตรียมการวิพากษ์	3			เตรียมตัววิพากษ์	
7	วิพากษ์	สรุปภาพรวม ชี้จุดแข็ง จุดอ่อน ของฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้าน แล้ววิพากษ์ตามความคิดของฝ่ายตนเอง	4			นำเสนอการวิพากษ์	
8	กล่าวปิดท้าย	แก้ต่างข้อวิพากษ์ คำถาม และชี้จุดเด่นของงานที่ฝ่ายตนเองศึกษา	2	กล่าวปิดท้าย			
9	คำถามเชิงลึก	กรรมการถามคำถาม ต่อทั้งสามฝ่าย	7	ทั้งสามฝ่ายตอบคำถามจากคณะกรรมการ			
		รวมเวลาทั้งสิ้น (นาที)	42				

3. กฎการสัประยุทธ์ (The rules of problem-challenge and rejection)

1) โจทย์ปัญหาที่ใช้**ภายในห้องเดียวกันในรอบนั้น ๆ ห้ามซ้ำกัน**

2) ฝ่ายซักค้านสามารถเลือกโจทย์ปัญหาท้าประลองที่ไม่เข้าเงื่อนไขดังต่อไปนี้

A. เป็นโจทย์ปัญหาที่ฝ่ายนำเสนอ ได้เคยปฏิเสธไปแล้ว
B. เป็นโจทย์ปัญหาที่ฝ่ายนำเสนอ ได้เคยเสนอไปแล้ว
C. เป็นโจทย์ปัญหาที่ฝ่ายซักค้าน ได้ซักค้านไปแล้ว
D. เป็นโจทย์ปัญหาที่ฝ่ายซักค้าน ได้เคยเสนอไปแล้ว

หากมีโจทย์ปัญหาเหลือให้ท้าประลองน้อยกว่า 3 ข้อ ให้ยกเลิกเงื่อนไข D C B และ A ตามลำดับ เพื่อให้มีโจทย์ท้าประลอง 3 ข้อ ในยกนั้น

3) ฝ่ายนำเสนอ สามารถปฏิเสธการตอบโจทย์ปัญหาได้ **3 ครั้ง** โดยจะไม่ถูกหักคะแนน ***สำหรับการปฏิเสธครั้งที่ 4 เป็นต้นไป ตัวคูณของฝ่ายนำเสนอจะถูกลดไปครั้งละ 0.2*** จำนวนข้อที่แต่ละทีมปฏิเสธจะนับจำนวนสะสมไว้จนสิ้นสุดการแข่งขันในรอบคัดเลือก สำหรับรอบระดับภูมิภาคขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของกรรมการจัดการแข่งขัน
4) การแข่งขันรอบคัดเลือกรอบที่ 3 จะไม่มีการท้าประลองโจทย์ แต่จะให้แต่ละทีมเลือกโจทย์ปัญหาที่ต้องการนำเสนอจากโจทย์ทั้ง 10 ข้อ ที่กำหนด **โดยต้องเป็นโจทย์ที่ไม่เคยนำเสนอมาก่อน** และสามารถนำโจทย์ที่เคยปฏิเสธไปแล้วในรอบที่ผ่านมานำเสนอได้ หากมีทีมเลือกโจทย์ประลองซ้ำกัน จะให้ทีมที่มีคะแนนสะสมจากการแข่งขันสูงกว่าได้สิทธิ์เลือกก่อน
5) การแข่งขันในรอบชิงชนะเลิศจะไม่มีการท้าประลองโจทย์ แต่จะให้แต่ละทีมเลือกโจทย์ปัญหาที่ต้องการนำเสนอจากโจทย์ทั้ง 10 ข้อที่กำหนด **โดยต้องเป็นโจทย์ที่ไม่เคยนำเสนอมาก่อน** หากมีทีมเลือกโจทย์ประลองซ้ำกัน จะให้ทีมที่มีคะแนนสะสมจากการแข่งขันรอบคัดเลือกสูงกว่าได้สิทธิ์เลือกก่อน และให้แต่ละทีมจับสลากบทบาทการแข่งขัน ทั้งนี้ลำดับการจับสลากพิจารณาจากทีมที่มีคะแนนมากไปน้อย ในกรณีการแข่งขันระดับภูมิภาคขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของกรรมการจัดการแข่งขัน
6) การตอบคำถามคณะกรรมการมีหลักเกณฑ์ดังนี้
   6.1) กรณีคำถามทั่วไปและคำถามเชิงทฤษฎี
      a. ตัวแทนทีมที่กำลังทำหน้าที่ในบทบาทนั้นต้องเป็นผู้ตอบด้วยตนเอง
      b. ไม่อนุญาตให้สมาชิกในทีมช่วยเหลือหรือให้คำแนะนำในการตอบคำถามทุกรูปแบบ
   6.2) กรณีคำถามเชิงเทคนิคการทดลอง
      c. อนุญาตให้สมาชิกในทีมสามารถตอบคำถามแทนตัวแทนทีมได้
      d. การพิจารณาว่าคำถามใดเป็นคำถามเชิงเทคนิคการทดลองให้อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการ
7) กรรมการตัดสินการแข่งขันจะไม่ตัดสินทีมของโรงเรียนตนเอง
8) คะแนนที่จะนำไปคิดให้ยึดตามใบให้คะแนนของกรรมการแต่ละท่านเป็นหลัก
9) ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือสื่อสารและอินเตอร์เน็ตขณะทำการแข่งขัน **หากมีการตรวจพบจะตัดคะแนนเป็นศูนย์ในยกนั้น**

4. การคิดคะแนนการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับชาติ

ในแต่ละห้องการแข่งขันให้พิจารณาคะแนนของแต่ละทีมเป็นรายยกดังนี้

1) กรรมการแต่ละท่านจะให้คะแนนตามใบคะแนนที่คณะกรรมการดำเนินการกำหนด
2) นำคะแนนของกรรมการที่ให้คะแนนน้อยที่สุด 1 ค่าและมากที่สุด 1 ค่า ของแต่ละบทบาทมาหาค่าเฉลี่ย
3) นำคะแนนจากข้อ 2) ไปรวมกับคะแนนของกรรมการท่านที่เหลือ เพื่อหาคะแนนเฉลี่ยของแต่ละบทบาท
4) นำคะแนนเฉลี่ยของแต่ละบทบาทไปคูณกับตัวคูณ โดยกำหนดตัวคูณดังนี้
   - ฝ่ายนำเสนอ มีตัวคูณเป็น 3.0 หรือต่ำกว่า (สำหรับรอบคัดเลือก ให้พิจารณาค่าตัวคูณเป็นไปตาม**กฎการสัประยุทธ์ข้อที่ 3**)
   - ฝ่ายซักค้าน มีตัวคูณเป็น 2.0
   - ฝ่ายวิพากษ์ มีตัวคูณเป็น 1.0
5) ผลคูณระหว่างคะแนนเฉลี่ยของแต่ละบทบาทกับตัวคูณ คือ คะแนนที่แต่ละทีมได้ในแต่ละยก ตัวอย่างดังตาราง

ตัวอย่าง การคำนวณคะแนนของยกที่ 1

บทบาทในยกที่ 1	คะแนนจากกรรมการท่านที่					คะแนนเฉลี่ย	คะแนนที่ได้ (ตัวคูณ x คะแนนเฉลี่ย)
	A	B	C	D	E		
นำเสนอ	4*	7	8**	6	6	6.250	3.0 x 6.250 = 18.750
ซักค้าน	6**	6	6	5*	5	5.625	2.0 x 5.625 = 11.250
วิพากษ์	7*	7**	7	7	7	7.000	1.0 x 7.000 = 7.000

* คือคะแนนต่ำสุด 1 ค่า

** คือคะแนนมากที่สุด 1 ค่า

หมายเหตุ นำคะแนนที่ได้ของแต่ละทีมในแต่ละบทบาทมารวมกันเพื่อเป็นคะแนนรวมในรอบนั้น ๆ จากนั้นทำการปัดเศษให้เหลือตัวเลขทศนิยม 3 ตำแหน่ง โดยถ้าเลขทศนิยมตำแหน่งที่ 4 มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ให้ปัดขึ้น ถ้าน้อยกว่า 5 ให้ปัดลง

6) ในกรณีการแข่งขันระดับภูมิภาค การคิดคะแนนขึ้นอยู่กับข้อตกลงภายในเครือข่าย
7) การตัดสินของคณะกรรมการในแต่ละยกถือเป็นที่สิ้นสุด

5. รางวัลการแข่งขัน

รอบการแข่งขันระดับภูมิภาค

เหรียญทอง 4 ทีมที่เข้ารอบชิงชนะเลิศ

เหรียญเงิน อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการการจัดการแข่งขันแต่ละภูมิภาค แต่เมื่อรวมกับทีมที่ได้เหรียญทองแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันทั้งหมด

เหรียญทองแดง อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการการจัดการแข่งขันแต่ละภูมิภาค

รางวัลชมเชย อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการการจัดการแข่งขันแต่ละภูมิภาค

รอบการแข่งขันระดับชาติ

เหรียญทอง ทีมโรงเรียนที่ผ่านเข้ารอบ 4 ทีมที่เข้ารอบชิงชนะเลิศ

เหรียญเงิน ทีมโรงเรียนที่ได้ลำดับที่ 5 – 17

เหรียญทองแดง ทีมโรงเรียนตั้งแต่ลำดับที่ 18 เป็นต้นไป

6. โจทย์สำหรับการแข่งขัน

รอบการแข่งขันระดับภูมิภาค ใช้ปัญหาจากโจทย์การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ประเทศไทย จำนวน 10 ข้อ

รอบการแข่งขันระดับชาติ ใช้ปัญหาจากโจทย์การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ประเทศไทย จำนวน 10 ข้อ

7. คุณสมบัติผู้เข้าร่วมแข่งขัน

เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโครงการใดโครงการหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1) โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (SMTE) หรือ

2) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย หรือ

3) เครือข่ายนักเรียนทุนพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) และเครือข่ายโรงเรียนโครงการห้องเรียน พสวท. (สู่ความเป็นเลิศ)

8. ครูผู้ควบคุมทีม

รอบการแข่งขันระดับภูมิภาค	ครูผู้ควบคุมทีม ทีมละไม่เกิน 2 คน
รอบการแข่งขันระดับชาติ	ครูผู้ควบคุมทีม ทีมละไม่เกิน 2 คน

หมายเหตุ ต้องเป็นครูที่ปฏิบัติหน้าที่ในโรงเรียนที่นักเรียนเข้าแข่งขันและได้รับมอบหมายจากต้นสังกัดให้เป็นครูผู้ควบคุมทีม

9. กรรมการการตัดสิน

1. อาจารย์มหาวิทยาลัยสาขาฟิสิกส์หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง
2. ครูที่ผ่านการอบรมการเป็นกรรมการการตัดสินการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ หรือครูผู้ควบคุมทีมมาแล้วอย่างน้อย 1 ปี หรือครูที่ผ่านการฝึกซ้อมสังเกตการณ์การตัดสินในระดับภูมิภาคมาแล้วอย่างน้อย 1 ปี

10. จำนวนกรรมการตัดสิน

รอบคัดเลือก	ไม่น้อยกว่า 4 คนต่อห้องการแข่งขัน
รอบชิงชนะเลิศ	ไม่น้อยกว่า 7 คน

11. แนวปฏิบัติการเข้าชมการแข่งขัน

11.1 รอบการแข่งขันระดับภูมิภาค

1) จำนวนนักเรียนหรือครูที่เข้าร่วมชม ขึ้นอยู่ดุลยพินิจของเจ้าภาพในการจัดการแข่งขันของแต่ละภูมิภาค

2) การเข้าชมในรอบคัดเลือกจะอนุญาตให้เข้าชมเฉพาะรอบที่มีโรงเรียนของผู้เข้าชมเข้าร่วมการแข่งขันเท่านั้น

3) ห้ามผู้เข้าชมและครูผู้ควบคุมทีมกระทำการใด ๆ อันเป็นการรบกวนผู้เข้าแข่งขัน เช่น การส่งเสียงดัง การสื่อสารกับผู้เข้าแข่งขันด้วยวิธีการใด ๆ หากพบเห็นการกระทำดังกล่าว กรรมการดำเนินการแข่งขันประจำห้องแข่งขันนั้น ๆ สามารถดำเนินการได้ตามดุลยพินิจ

4) ไม่อนุญาตให้ผู้เข้าชมและครูผู้คบวคุมทีมทำการถ่ายทอดสด บันทึกวิดีโอ ถ่ายภาพหรือบันทึกข้อมูลการแข่งขันใด ๆ หรือเผยแพร่การแข่งขัน จนกว่าการแข่งขันระดับชาติจะเสร็จสิ้น



11.2 รอบการแข่งขันระดับชาติ

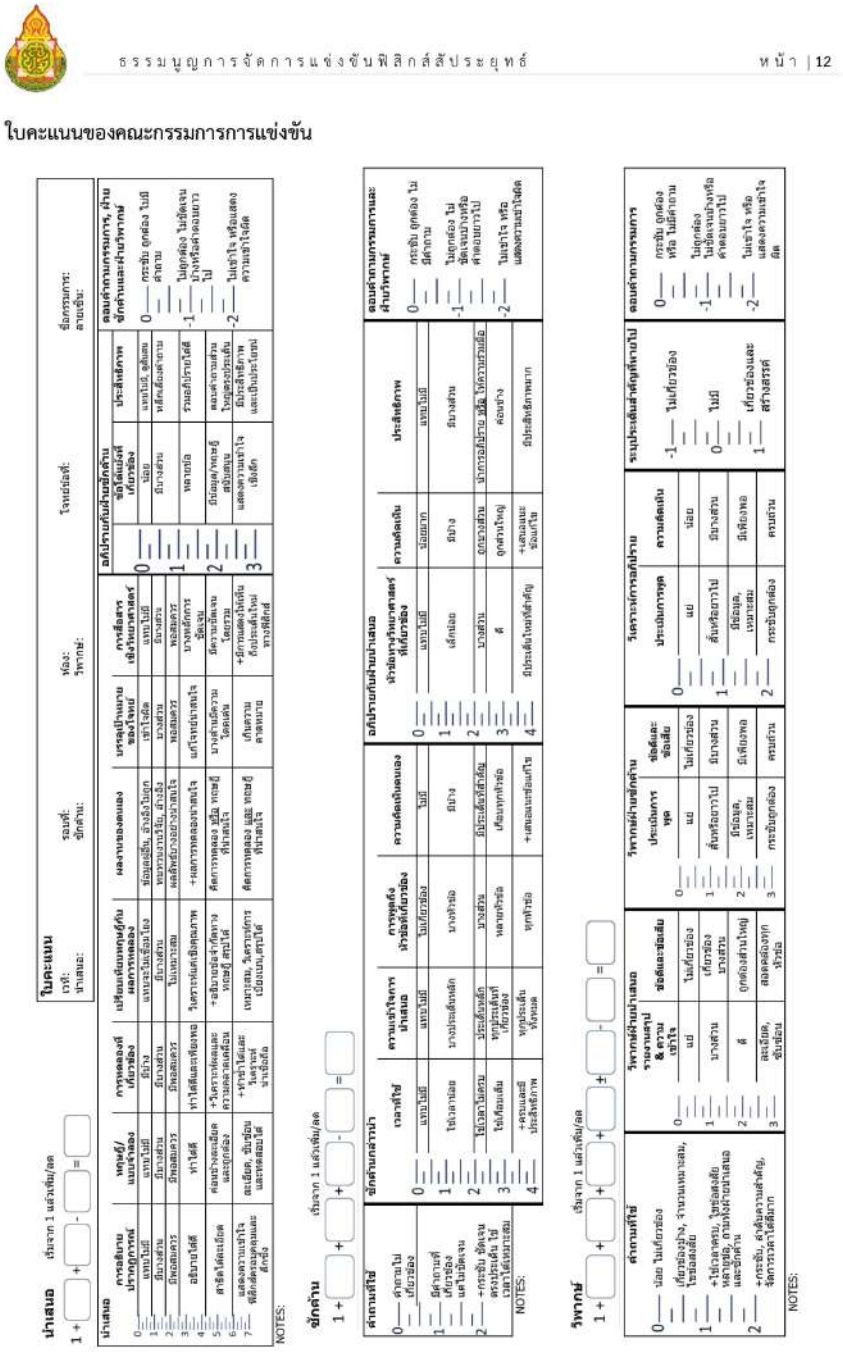
1) การเข้าชมในรอบคัดเลือกจะอนุญาตให้เข้าชมเฉพาะครูผู้ควบคุมทีมของโรงเรียนที่แข่งขันในห้องนั้น ทีมละไม่เกิน 2 คน และผู้เข้าชมที่ได้รับการอนุญาตจาก สพฐ.

2) ห้ามผู้เข้าชมและครูผู้ควบคุมทีมกระทำการใด ๆ อันเป็นการรบกวนผู้เข้าแข่งขัน เช่น การส่งเสียงดัง การสื่อสารกับผู้เข้าแข่งขันด้วยวิธีการใด ๆ หากพบเห็นการกระทำดังกล่าว กรรมการดำเนินการแข่งขันประจำห้องแข่งขันนั้น ๆ สามารถดำเนินการได้ตามดุลยพินิจ

3) ไม่อนุญาตให้ผู้เข้าชมและครูผู้ควบคุมทีมทำการถ่ายทอดสด บันทึกวิดีโอ ถ่ายภาพหรือบันทึกข้อมูลการแข่งขันใด ๆ หรือเผยแพร่การแข่งขัน จนกว่าการแข่งขันระดับชาติจะเสร็จสิ้น



ภาคผนวก



แบบฟอร์มใบกรอกข้อมูลหัวข้อการนำเสนอ การซักค้าน และการปฏิเสธของทีมแข่งขัน

สำหรับคณะทำงานประจำห้อง

สำหรับรอบที่ ....

แบบบันทึกการนำเสนอ ซักค้าน และปฏิเสธ

รอบที่ .... ห้อง ....

ยกที่	นำเสนอ	ซักค้าน	วิพากษ์	สังเกตการณ์
1				
2				
3				
4				

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องว่าง

ข้อที่	ทีม .... โรงเรียน			ทีม .... โรงเรียน			ทีม .... โรงเรียน			ทีม .... โรงเรียน		
	นำเสนอ	ซักค้าน	ปฏิเสธ	นำเสนอ	ซักค้าน	ปฏิเสธ	นำเสนอ	ซักค้าน	ปฏิเสธ	นำเสนอ	ซักค้าน	ปฏิเสธ
1. รังสรรค์ด้วยตนเอง มูมเมอแรงกระดาษ												
2. กล้ามเนื้อลม												
3. ลาโต้ ลาโต้												
4. แม่เหล็กปีนป่าย												
5. น้ำหยดจากก๊อก												
6. ปืนใหญ่ไม้บรรทัด												
7. ฮีสเทอรีซิสของสปริง												
8. เสียงปะทะไฟ												
9. จรวดขวดน้ำ												
10. ปั๊มเวิร์ตซ์												

แบบบันทึกคะแนน

สำหรับคณะทำงานประจำห้อง

แบบบันทึกคะแนน **รอบที่.....ยกที่.....ห้อง.....**

โรงเรียน (ใส่ชื่อโรงเรียนที่ทำบทบาท)	ชื่อนักเรียนที่ทำบทบาท	บทบาท	คะแนนกรรมการ คนที่ (เขียนชื่อกรรมการ แต่ละคนลงในช่องว่างให้ครบเลข)				
			1	2	3	4	5 .....
		นำเสนอ					
		ซักค้าน					
		วิพากษ์					
		สังเกตการณ์					

***หมายเหตุ การบันทึกคะแนนให้ใส่คะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับกรรมการแต่ละคน

แบบบันทึกข้อมูลการทำประลองโจทย์

โรงเรียน	บทบาท	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10
		รีสตาร์ตด้วยตนเองมุมมองกระดาษ	กล้วยแปรสม	ลาเต้ ลาโต้	แม่เหล็กปืนป่าย	น้ำหยดจากก๊อก	ปืนใหญ่ไม้บรรทัด	ฮีสเทอรีซีสของสปริง	เสียงประทะไฟ	จรวดขวดน้ำ	ปืนเวร์ตซ์
	นำเสนอ										
	ซักค้าน										

*** ทำเครื่องหมาย √ ในช่องที่ตรงกับข้อที่ทีมนำเสนอรับคำท้า
ทำเครื่องหมาย × ในช่องที่ตรงกับข้อที่ทีมนำเสนอปฏิเสธ ไม่รับคำท้า

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก



แบบฟอร์มใบแจ้งความจำนงค์เลือกโจทย์นำเสนอ รอบที่ 3 และรอบชิงชนะเลิศ

แบบแจ้งความจำนงค์เลือกโจทย์นำเสนอ รอบที่ 3

การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์เครือข่ายห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์

ทีมโรงเรียน	
ตัวเลือกที่ 1	
ตัวเลือกที่ 2	
ตัวเลือกที่ 3	

ลงชื่อ.....หัวหน้าทีม

หมายเหตุ 1.โจทย์ที่ต้องการนำเสนอ เลือกได้เฉพาะข้อที่ยังไม่เคยนำเสนอมาก่อน (ใน รอบ 1-2)
2. ให้ส่งแบบแจ้งความจำนงค์เลือกโจทย์ก่อนออกจากห้องแข่งขันเมื่อสิ้นสุดการแข่งขันรอบที่ 2

แบบแจ้งความจำนงค์เลือกโจทย์นำเสนอ รอบชิงชนะเลิศ

การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์เครือข่ายห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์

ทีมโรงเรียน	
ตัวเลือกที่ 1	
ตัวเลือกที่ 2	
ตัวเลือกที่ 3	

ลงชื่อ.....หัวหน้าทีม

หมายเหตุ 1. ต้องเป็นโจทย์ที่ไม่เคยนำเสนอมาก่อน
2. ให้ส่งแบบแจ้งความจำนงค์เลือกโจทย์ก่อนออกจากห้องแข่งขันเมื่อสิ้นสุดการแข่งขันรอบที่ 3

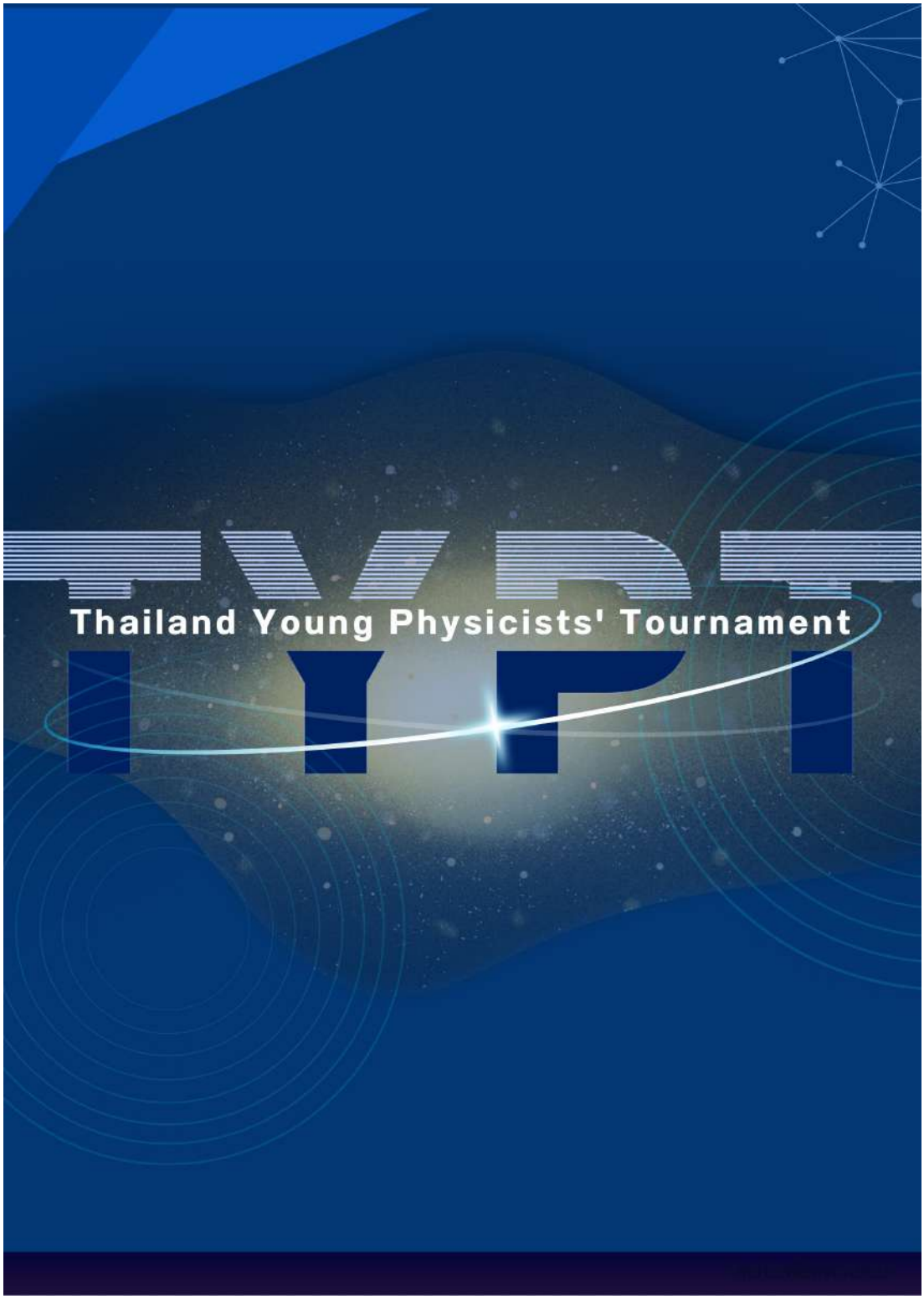
คณะผู้จัดทำเอกสาร

ที่ปรึกษา

1.	รศ. ดร.พรรัตน์	วัฒนกสิวิชช์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2.	ผศ. ดร.นิรุต	ผุสดี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3.	ผศ. ดร.บุรินทร์	อัศวพิภพ	SEAMEO STEM – ED
4.	ผศ. ดร.นฤมล	สุวรรณจันทร์ดี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.	ดร. วิทยา	กาญจนภูษากิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6.	ดร. วาที	ศรีนิล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
7.	นายชุมพล	จันทะลา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการดำเนินการ

1.	ดร.ภูริวรรษ	คำอ้ายกาวิน	ผู้อำนวยการสำนักบริหารงานความเป็นเลิศ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา สพฐ.
2.	นายวรวัฒน์	ธรรมวงศ์	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย
3.	นายกุลวรรธน์	อินทะอุด	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย
4.	นายแท้	นามแก้ว	โรงเรียนสตรีศรีน่าน
5.	นายพจงจิตร	นาบุญมี	โรงเรียนพิริยาลัย จังหวัดแพร่
6.	นายธนกฤต	เลิสล้ำ	โรงเรียนขุนยวมวิทยา
7.	นายชุมพร	อินทรจักรพงษ์	โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน
8.	นายวัชระ	ลีแวง	โรงเรียนหนองบัวพิทยาคาร
9.	นายอโนทัย	กลิ่นยา	โรงเรียนเพชรพิทยาคม
10.	นายนพดล	แกมเพชร	โรงเรียนนครนายกวิทยาคม
11.	นายชนัตว์	ชามทอง	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ
12.	นางสาวจุฑามาศ	วงศาโรจน์	โรงเรียนสุราษฎร์ธานี
13.	นายนพรัตน์	ย้อยพระจันทร์	โรงเรียนตีบุกพังงาวิทยายน
14.	นายพสงค์	แรงสิงห์	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย
15.	นายธวัช	แพรกทอง	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย
16.	นางสาวพัชรียา	ชนไฮ	โรงเรียนศรัทธาสมุทร
17.	นางสาวนววรรณ	บางโป่ง	โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยปทุมธานี
18.	ว่าที่ ร.ต. ศิริพงษ์	ศรีสุวรรณ	โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช


TYPT
Thailand Young Physicists' Tournament
TYPT

ใบความรู้ที่ 5

ตัวอย่างสไลด์ในการนำเสนอ

TYPT 2025 — 1

Problem 9 : Water bottle rocket

Reporter : Phuketwittayalai School



TYPT 2025 — 2

Problem Statement

สูบอากาศเข้าไปในขวดน้ำพลาสติกที่บรรจุน้ำไว้เพียงบางส่วน ภายใต้เงื่อนไขบางอย่าง ขวดจะถูกยิงขึ้น และทะยานขึ้นสู่อากาศ จงสืบเสาะว่าความเร่งช่วงออกตัวขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องอย่างไร

Parameter

- องศาในการปล่อยจรวด (คิดจากแนวระดับ)
- มวลรวม
- อัตราส่วนมวลน้ำกับความดันต่างๆ
- อุณหภูมิของน้ำ
- จำนวนปีก
- ความยาวของจรวด

TYPT 2025 — 3

Outline

- Theory

  คำอธิบายทฤษฎีและแบบจำลอง
- Observation

  ตั้งค่าการทดลอง
- Experiment outcome

  ผลการทดลอง
- Conclusion

Theory

Bernoulli's law

ความเร็วของของของไหลจะแปรผักผันกับความดัน

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{ค่าคงที่}$$

- v = ความเร็วของน้ำ (m/s)
- P = ความดันภายในขวดก่อนปล่อย (N/m^2)
- h = ความสูงของของไหลจากจุดอ้างอิง (m)
- ρ = ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

จากกฎของเบอร์นูลลี สามารถสร้างสมการได้ดังนี้

$$P_i + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_a + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

แทน $v_1 \approx 0$ แทน $h_1 = h_2$

$$P_i = P_a + \frac{1}{2}\rho_w v_e^2$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2(P_i - P_a)}{\rho_w}}$$

- v_e = ความเร็วของน้ำที่พุ่งออก (m/s)
- P_i = ความดันของของไหลก่อนปล่อย (N/m^2)
- P_a = ความดันของของไหลหลังปล่อย (N/m^2)
- ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

อัตราการไหลของมวลน้ำ (Water mass flow rate formular)

$$Q = \rho_w A v$$

อัตราการไหลของมวลน้ำที่ออกจากขวด $Q = \rho_w A v_e$

Q = อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)
A = พื้นที่หน้าตัดของรูที่น้ำไหลออกมา (m^2)

$$Q = \rho_w A \sqrt{\frac{2(P_i - P_a)}{\rho_w}}$$

TYPT 2025 8

แรงขับของของเหลว
(Liquid propulsion formular)

$$F_t = Qv$$

ดังนั้น แรงขับดันของน้ำหาได้จาก $F_t = Qv_e$

$$F_t = \rho_w A\sqrt{\frac{2(P_i - P_a)}{\rho_w}} \cdot \sqrt{\frac{2(P_i - P_a)}{\rho_w}}$$

$$F_t = 2A(P_i - P_a)$$

TYPT 2025 9

แรงต้านอากาศ **(Drag force)**

$$F_d = C_d \rho A v^2$$

F_d = แรงต้านอากาศ (N)
C_d = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient) ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปทรงของจรวด
(โดยทั่วไปสำหรับจรวดขวดน้ำ C_d อาจอยู่ระหว่าง 0.3 - 0.8)
ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (≈1.225 kg/m^3 ที่ระดับน้ำทะเล)
A = พื้นที่หน้าตัดของจรวด (m^2) คำนวณจาก πr^2 โดย r คือ รัศมีของขวด
v = ความเร็วของจรวด (m/s)

TYPT 2025 10

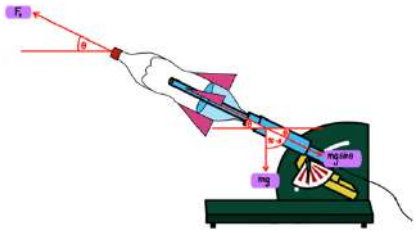
สมการมวลที่เปลี่ยนแปลงไป

$$m(t) = m_0 - \rho_w A v_e t$$

$m(t)$ = มวลของขวดตอนน้ำออก (kg)
m_0 = มวลเริ่มต้นของจรวด (kg)
ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)
A = พื้นที่หน้าตัดที่น้ำออก (m^2)
v_e = ความเร็วที่น้ำไหลออก (m/s)
t = เวลาที่ใช้ในการที่น้ำไหลออก (m/s)

TYPT 2025 11

Free body diagram

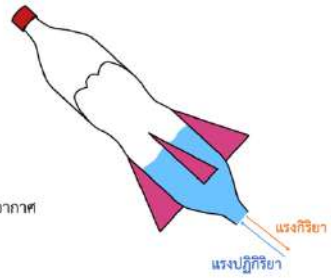


TYPT 2025 12

กฎนิวตันข้อ 3

Action = Reaction

แรงที่อากาศดันน้ำ = แรงที่น้ำดันอากาศ



TYPT 2025 13

กฎนิวตันข้อ 2

$$\Sigma F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

$$F_t - F_{drag} - m_0 g\sin\theta = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

$$F_t - F_{drag} - m_0 g\sin\theta = \frac{m(t)v - mu}{\Delta t}$$

$$F_t - F_{drag} - m_0 g\sin\theta = \frac{m(t)v}{\Delta t}$$

$$F_t - F_{drag} - m_0 g\sin\theta = \frac{(m_0 - \rho_w A v_e)v}{\Delta t}$$

$$v = \frac{(F_t - F_{drag} - m_0 g\sin\theta)\Delta t}{m_0 - \rho_w A v_e t}$$

TYPT 2025 14

สมการความเร่ง

$$\frac{dv}{dt} = \frac{(F_t - F_{drag} - m_0 g\sin\theta)m_0}{(m_0 - \rho_w A v_e t)^2}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{(F_t - F_{drag} - m_0 g\sin\theta)m_0}{(m(t))^2}$$

$$a = \frac{(F_t - F_{drag} - m_0 g\sin\theta)m_0}{(m(t))^2}$$

a = ความเร่ง (m/s^2)
m_0 = มวลเริ่มต้นของจรวด (kg)
$m(t)$ = มวลของขวดตอนน้ำออก (kg)
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)
θ = มุมที่แรงดันทำกับแนวระดับ
ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)
A = พื้นที่หน้าตัดที่น้ำออก (m^2)
v_e = ความเร็วที่น้ำไหลออก (m/s)
t = เวลาที่ใช้ในการที่น้ำไหลออก (m/s)

TYPT 2025 15

กฎของแก๊สในอุดมคติ (Ideal gas Law)

เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ทำให้อากาศอุณหภูมิขึ้น และทำให้ความดันของอากาศในขวดสูงขึ้นด้วย ซึ่งทำให้เพิ่มแรงขับของน้ำที่พุ่งออก

$$PV = nRT$$

$$P \propto T$$

V = ปริมาตรของอากาศ (m^3)
n = จำนวนโมลของแก๊ส (mol)
R = คงที่ของแก๊ส = 8.314472 $(J/mol \cdot K)$
T = อุณหภูมิของแก๊ส (K)

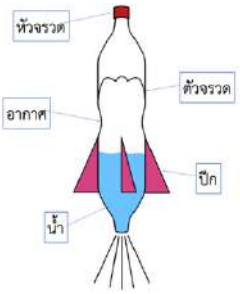
TYPT 2025 16

Observation

TYPT 2025 17

Experiment Setup

TYPT 2025 18



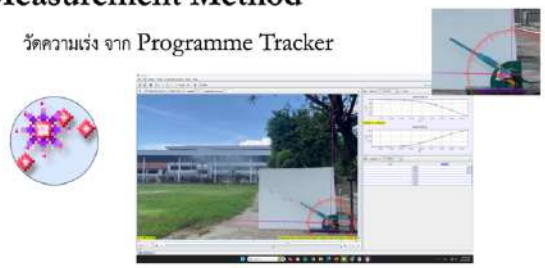
TYPT 2025 19



TYPT 2025 —20

Measurement Method

วัดความเร่ง จาก Programme Tracker



TYPT 2025 —21

1st Experiment explained

องศาในการปล่อย(วัดจากแนวราบ)

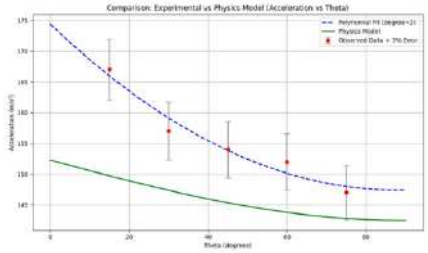
มีองศา 15° 30° 45° 60°

ตัวแปรควบคุม
ใช้ขวดขนาด 1.25 *L*
ใช้ความดัน 40 *psi*
มี 4 ปีก
ใช้น้ำ 500 *mL* มวลรวม 123.000±0.005 *g*
น้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
ยาว 43.00±0.05 *cm*



TYPT 2025 —22

Experiment outcome



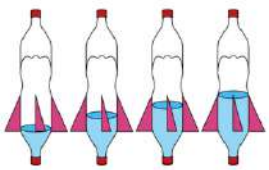
TYPT 2025 —23

2nd Experiment explained

อัตราส่วนมวลน้ำกับความดันต่างๆ

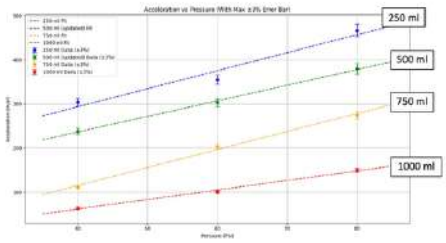
มวลน้ำ คือ 250 *mL* , 500 *mL* , 750 *mL* , 1000 *mL*
ความดัน คือ 40 *psi* , 60 *psi* , 80 *psi*

ตัวแปรควบคุม
ใช้ขวดขนาด 1.25 *L*
มี 4 ปีก
ปล่อยทำมุม 30 องศากับแนวระดับ
มวลรวม 123.000±0.005 *g*
น้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
ยาว 43.00± 0.05 *cm*



TYPT 2025 24

Experiment Outcome



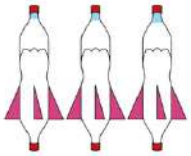
TYPT 2025 25

3^{rd} Experiment explained

มวลรวม

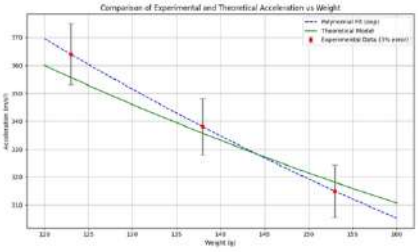
123.000±0.005 g , 138.000±0.005 g , 153±0.005 g

ตัวแปรควบคุม
ใช้ขวดขนาด 1.25 L
ใช้ความดัน 40 psi
มี 4 ปีก
ใช้น้ำ 500 mL
น้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
ยาว43.00±0.05 cm



TYPT 2025 26

Experiment Outcome



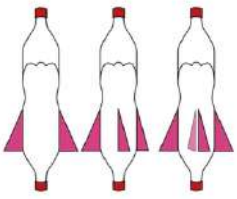
TYPT 2025 27

4^{th} Experiment explained

จำนวนปีก

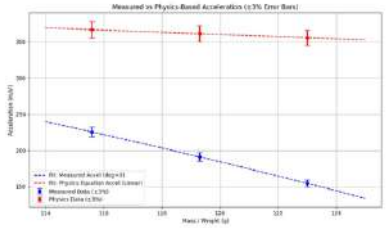
2 ปีก , 3 ปีก , 4 ปีก

ตัวแปรควบคุม
ใช้ขวดขนาด 1.25 L
ใช้ความดัน 40 psi
ใช้น้ำ 500 mL
มวลรวม 123.000±0.005 g
น้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
ยาว 43.00±0.05 cm



TYPT 2025 28

Experiment Outcome



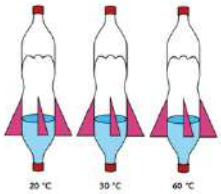
TYPT 2025 29

5^{th} Experiment explained

อุณหภูมิของน้ำ(องศาเซลเซียส)

20 °C , 30 °C , 60 °C

ตัวแปรควบคุม
จำนวนปีก 4 ปีก
ใช้ขวดขนาด 1.25 L
ใช้ความดัน 40 psi
ใช้น้ำ 500 mL
มวลรวม 123.000±0.005 g
ยาว 43.00±0.05 cm



TYPT 2025 30

สมการของ Andrade's

• หาความหนืดจากอุณหภูมิ $\mu = Ae^{(\frac{B}{T}+CT+DT^2)}$

μ = ความหนืด ($Pa \cdot s$ หรือ $N \cdot s/m^2$)

A, B, C, D = ค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับของเหลว

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

e = ค่าคงตัว (~2.718)

Liquid	Chemical formula	A (mPas)	B0	C0	D0	Temprange 0

TYPT 2025 31

Andrade's Equation

• จากสูตรคำนวณค่าความหนืดได้ดังนี้

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ (เคลวิน)	ค่าความหนืด
13	286	5.74
17	290	5.67
20	293	5.62
25	298	5.54
30	303	5.47
40	313	5.33
60	333	5.08

TYPT 2025 32

Kell's equation

$$\rho(T) = a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + a_4T^4 + a_5T^5$$

ตัวแปรสัมประสิทธิ์	ค่า
a_0	999.84847
a_1	6.337563×10^{-2}
a_2	-8.523829×10^{-3}
a_3	6.943248×10^{-5}
a_4	-3.821216×10^{-7}
a_5	1.228749×10^{-9}

$\rho(T)$ = ความหนาแน่นของน้ำขณะอุณหภูมินั้นๆ (kg/m^3)

T = อุณหภูมิ (^oC)

TYPT 2025 33

สูตรความหนาแน่นของน้ำที่อิงกับอุณหภูมิ

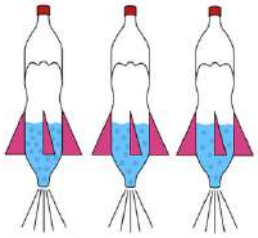
$$a = \frac{(2A(P_i - P_a) - F_{drag} - m_0 g sin\theta)m_0}{(m_0 - \rho(T)Av_e t)^2}$$

a = ความเร่ง (m/s^2)
m_0 = มวลเริ่มต้นของจรวด (kg)
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)
θ = มุมที่แรงดันทำกับแนวระดับ
A = พื้นที่หน้าตัดที่น้ำออก (m^2)
v_e = ความเร็วที่น้ำไหลออก (m/s)
t = เวลาที่ใช้ในการที่น้ำไหลออก (s)

TYPT 2025 34

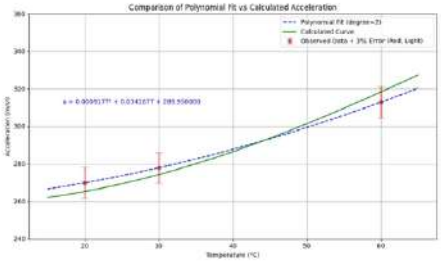
ความหนืดของน้ำ

ยิ่งอุณหภูมิมาก ทำให้น้ำมีความหนืดน้อยลง ซึ่งทำให้ความเร็วที่น้ำออกมาเพิ่มขึ้น ทำให้ความเร่งเริ่มต้นเพิ่มขึ้น



TYPT 2025 35

Experiment Outcome



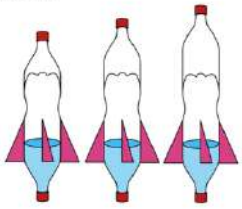
TYPT 2025 —— 36

6^{th} Experiment explained

ความยาว

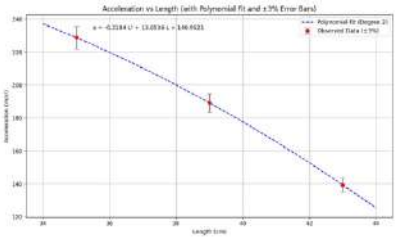
35.00±0.05 *cm* , 39.00±0.05 *cm* ,43.00±0.05 *cm*

ตัวแปรควบคุม
จำนวนปีก 4 ปีก
ใช้ขวดขนาด 1.25 *L*
ใช้ความดัน 40 *psi*
ใช้น้ำ 500 *mL*
มวลรวม 123.000±0.005 *g*
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



TYPT 2025 —— 37

Experiment Outcome



TYPT 2025 —— 38

Conclusion

- ยิ่งองศาในการปล่อยทำมุมกับแนวระดับน้อย จะทำให้ความเร่งมาก
- ยิ่งความดันในขวดมาก ทำให้ความเร่งมากด้วย
- อัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสมจะทำให้ความเร่งมีค่ามากที่สุด> 1 ใน 5 ของปริมาตรขวด
- ยิ่งมวลของจรวดมาก จะทำให้ความเร่งน้อยลง
- จำนวนปีกไม่ส่งผลต่อความเร่งตอนต้น แต่จะไปส่งผลต่อน้ำหนัก ซึ่งยิ่งปีกมากก็จะทำให้ความเร่งตอนต้นลดลง
- อุณหภูมิของน้ำมาก ทำให้ความเร่งมากด้วย
- ยิ่งจรวดที่มีความยาวสั้น จะทำให้ความเร่งมาก

TYPT 2025 —— 39

Thank you

TYPT 2025 40

ความต้านทานในขวด

แรงเสียดทานเนื่องจากการไหลแบบ turbulent

$$f = \frac{0.25}{[log(\frac{1}{3.7(\frac{D}{\epsilon})} + \frac{5.74}{Re^{(0.9)}})]^2} \qquad Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

ϵ = ความหยาบของผนังขวด (m)
ค่าความหยาบของขวด PET = 3×10^{-5} m
v = ความเร็วเฉลี่ยของการไหลในขวด (m/s) คือ 18.68
D = เส้นผ่านศูนย์กลางของปากขวด (m) คือ 0.04
ρ = ความหนาแน่น (kg/m^3) คือ 1,000
μ = ความหนืดของของไหล ($Pa \cdot s$ หรือ $N \cdot s/m^2$))

ค่าแรงเสียดทานขณะน้ำไหล
คำนวณจากสูตรจะได้ 0.1868 N

TYPT 2025 41

หาความเร่งได้จาก $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$$a = \frac{\rho_w A v_e^2 ln(\frac{m_0}{m_f})}{m_0 - m(t)}$$

$$a = \frac{2A(P_i - P_a) ln(\frac{m_0}{m_f})}{m_0 - m(t)}$$

$a(T) = \frac{\rho_w(T) A v_e(T)^2 ln(\frac{m_0}{m_f})}{m_0 - m(t)}$

$\rho_w(T)$ = ความหนาแน่นที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (kg/m^3)

$v_e(T)$ = ความเร็วที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (m/s)

$$a(t) = \frac{2A(P_i - P_a) ln(\frac{m_0}{m_f})}{m_0 - m(t)}$$

TYPT 2025 42

สมการของจรวด (Rocket Equation) หรือ **Tsiolkovsky rocket equation**

$$\Delta v = v_e ln(\frac{m_0}{m_f})$$

Δv = การเปลี่ยนแปลงความเร็ว (m/s)
v_e = ความเร็วปลายของมวลที่พ่นออกจากจรวด (m/s)
m_0 = มวลเริ่มต้นของจรวด (kg)
m_f = มวลสุดท้ายของจรวด (kg)

ใบความรู้ที่ 6

แบบฟอร์มร่องรอยการซักค้านและวิพากษ์

กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ด้านฟิสิกส์ ในเนื้อหากลศาสตร์
โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบฟิสิกส์สัประยุทธ์ 5 ขั้น

ชื่อกลุ่มของผู้บันทึก : ..... **รอบที่ :** ..... **วันที่ :** .....

กลุ่มผู้นำเสนอ : .....

ส่วนที่ 1: สำหรับฝ่ายซักค้าน (Opponent)

ลำดับ	ประเด็นที่ตั้งคำถามหรือไม่เห็นด้วย	หลักฐานที่ใช้ในการซักค้าน (จากข้อมูล/ทฤษฎี)	การโต้แย้งของฝ่ายนำเสนอ	ความเห็นเพิ่มเติมของกลุ่ม
1				
2				
3				

ส่วนที่ 2: สำหรับฝ่ายวิพากษ์ (Reviewer)

ลำดับ	ข้อสังเกตจากฝ่ายนำเสนอ	ข้อสังเกตจากฝ่ายซักค้าน	ความคิดเห็นของฝ่ายวิพากษ์ (จุดแข็ง–จุดอ่อน–ข้อเสนอแนะ)
1			
2			
3			

สะท้อนคิด (Reflection)

🤔 สิ่งที่กลุ่มของเราคิดว่าได้เรียนรู้จากการทำหน้าที่ในรอบนี้ :

.....

.....

💡 แนวคิดทางฟิสิกส์หรือกระบวนการที่ยังไม่ชัดเจน/อยากเรียนรู้เพิ่มเติม :

.....

.....

การให้คะแนนแบบฟอร์มร่องรอยการซักค้านและวิพากษ์ (เต็ม 5 คะแนน)

ตัวชี้วัด	ระดับคุณภาพ	คำอธิบาย	คะแนน
1. ความสมบูรณ์ของข้อมูล	ดีมาก	บันทึกร่องรอยครบทุกส่วน ได้แก่ ประเด็นที่ซักค้าน ประเด็นที่วิพากษ์ และคำอธิบายเหตุผลของแต่ละฝ่าย	2
	พอใช้	มีการบันทึกแต่ยังขาดบางส่วน หรือให้เหตุผลไม่ครบ	1
	ต้องปรับปรุง	ข้อมูลไม่ครบ หรือบันทึกไม่ชัดเจน	0
2. ความลึกและเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ดีมาก	การซักค้าน/วิพากษ์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความรู้และเหตุผลทางฟิสิกส์อย่างชัดเจน	2
	พอใช้	มีการอ้างอิงแนวคิดฟิสิกส์บ้าง แต่ยังไม่ลึก หรือมีความคลาดเคลื่อนบางประการ	1
	ต้องปรับปรุง	เหตุผลไม่ชัดเจน หรือไม่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์	0
3. ความชัดเจนของการสื่อสาร	ดีมาก	เขียนประเด็นชัดเจน เข้าใจง่าย ใช้ภาษาเหมาะสม	1
	พอใช้	สื่อสารได้แต่ยังมีจุดคลุมเครือหรือใช้ภาษาที่ยังไม่เหมาะสม	0.5
	ต้องปรับปรุง	อ่านแล้วไม่เข้าใจ สื่อสารไม่ตรงประเด็น	0


E=mc²