

การสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหล
ของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

LEARNING PROTOTYPE CREATION IN PHYSICS SUBJECT ENTITLED
“FLUIDS” WITH ANALYZING THE FLOW OF GRANULAR METTERS
FOR UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

รชนีกร กันธิวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

พ.ศ. 2564

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่องของไหล โดยวิเคราะห์

การไหลของวัตถุเมื่อ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัย

รัชนิกร กันธิวงศ์

สาขาวิชา

การสอนวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ วงศ์ราษฎร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

วันที่ ๓๑ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหล
ของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัย : รัชนิกร กันธิวงศ์

สาขาวิชา : การสอนวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด และเพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย วัสดุเม็ดที่ใช้ในการวิจัยเป็นวัสดุเม็ดกลมพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร ผ่าน มุมฮอปเปอร์ $30 \leq \theta_A \leq 90$ มุมไหล $30 \leq \theta_B \leq 50$ และขนาดช่องปล่อย $0.5 \leq w \leq 4.0$ ผลการวิเคราะห์มุมกองพบว่า ผลของขนาดช่องปล่อย ผลของขนาดวัสดุเม็ด และผลของมุมไหลมีผลต่อมุมกอง คือ มุมกองมีค่าแปรผกผันกับขนาดช่องปล่อย ขนาดของวัสดุเม็ด และมุมไหล เมื่อวิเคราะห์อัตราการไหลเชิงมวลพบว่า ขนาดช่องปล่อยมีผลต่ออัตราการไหลเชิงมวล โดยอัตราการไหลเชิงมวลมีค่าแปรผันตรงกับขนาดช่องปล่อย

จากการวิเคราะห์ค่ามุมกองและอัตราการไหลเชิงมวลผู้วิจัยได้นำความรู้เหล่านี้มาสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยสอบถามความต้องการของผู้เรียนต่อการเรียนเรื่อง ของไหล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด พบว่านักเรียนมีความต้องการเรียนรู้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมากที่สุด โดยวัดจากความพึงพอใจพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ โดยมีระดับความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ย 3.25 อยู่ในระดับมากที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือนำมาสร้างรูปแบบการเรียนรู้ โดยทำการวิเคราะห์พฤติกรรมจากแบบสอบถาม จึงได้รูปแบบการเรียนรู้แบบ GIP2A MODEL

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการเรียนรู้จาก GIP2A MODEL และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ 1 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของไหล ประกอบด้วย 7 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 21 ชั่วโมง โดยจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง

พลศาสตร์ของของไหล จำนวน 4 ชั่วโมง การจัดการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ได้ผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้ โดยมีค่านัยสำคัญ 0.90 แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 1.0 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.87 ถือว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้ โดยมีค่านัยสำคัญ 0.94 หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้ในเรื่อง ของไหล พบว่านักเรียนมีผลการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนค่า t -test มีค่าเท่ากับ 15.33 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด อยู่ในระดับพึงพอใจมากโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.46

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนรู้ ฟิสิกส์, มุมกอง, วัสดุเม็ด, ฮอปเปอร์, อัตราการไหลเชิงมวล

The title : Learning Prototype Creation in Physics Subject Entitled “Fluids” with
Analyzing the Flow of Granular Matters for Upper Secondary School
Students

The author : Ratchaneekorn Guntiwong

Program : Science Teaching

Thesis Advisors

: Assistant Professor Dr.Panupat Chaiworn Chairperson

: Assistant Professor Dr.Jiraporn Poonyawatpornkul Co - advisor

ABSTRACT

The objectives of this research were to analyze the flow of granular materials and to construct a physics learning model on “Fluids” for high school students. The granular materials used in this study were plastic pellets with the diameters of 2, 3 and 4 millimeters through the hopper angle of $30 \leq \theta_A \leq 90$, the load angle of $30 \leq \theta_b \leq 50$ and the opening size of $0.5 \leq w \leq 4.0$. An analysis of the angle of repose revealed that results of the opening and pellet sizes as well as the load angle affected the angle of repose in that the angle had an inverse variation with the granular and opening sizes and the load angle. An analysis of the mass flow rate revealed that the opening size affected the mass flow rate with the latter having the same inverse variation with the former.

This analysis result was then used to construct the physics learning model on “Fluids”. A needs analysis of the learners was conducted by using the granular flow learning package and it was found that the learners wanted to have the collaborative learning approach the most. This was derived from their satisfaction assessment on their learning behavior toward the physics instructional approaches, and their satisfaction was at the highest level with the mean of 3.25. The collaborative learning approach was utilized and the GIP2A Model was derived.

Learning activities were designed based on the model, and one learning management plan on “Fluids” was created, consisting of seven learning management plans with 21 hours. The

learning activity package on Granular Material Flow was in the 7th learning management plan on Dynamics of Fluids for four hours. The learning management plans, the pre- and posttest and the learning activity package were verified for their IOC validity by three experts. It was revealed that the learnability of the learning management plans was significant at 0.90. The IOC of the pre- and posttest was between 0.6 and 1.0 with the mean of 0.87, which was in accordance with the behavioral objectives. The learnability of the learning activity package was significant at 0.94. After the implementation of the model, it was found that the posttest scores of the students were higher than their pre-test scores. The t-test was 15.30, which was statistically significant at the 0.05 level. The satisfaction of the students with the learning activity package was at a high level with the mean of 4.46.

Keywords: Physics Learning Model, Angle of Repose, Granular Material, Hopper, Mass Flow Rate

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากบุคลากรหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัฒน์พรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่เสียสละเวลา ในการให้คำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัย ตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในการศึกษา ตลอดหลักสูตร ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาฟิสิกส์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และ โรงเรียนเดินวิทย์ อำเภอเดิน จังหวัดลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนการวิจัยในเรื่องของ สถานที่ที่เอื้ออำนวยต่อการทำวิจัย และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะสำเร็จไม่ได้หากไม่ได้รับการสนับสนุนและกำลังใจอันดีจาก ครอบครัวผู้วิจัยที่มีส่วนช่วยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี และเป็นตัวอย่างการศึกษาสำหรับผู้สนใจต่อไป

รัชนิกร กันธิวงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	๖
ABSTRACT.....	๖
กิตติกรรมประกาศ.....	๗
สารบัญ.....	๘
สารบัญตาราง.....	๙
สารบัญภาพ.....	๙
บทที่	
1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
วัสดุเมล็ด.....	6
สอปเปอร์.....	8
มุมกอง.....	11
การไหลของของไหล.....	12
รูปแบบการเรียนรู้.....	13
การเรียนรู้แบบร่วมมือ.....	14
การจัดการเรียนรู้.....	16
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	22
รูปแบบการวิจัย.....	22
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	30
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
การไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์รูปทรงกรวย.....	32
รูปแบบการเรียนรู้ตามความต้องการของผู้เรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	46
5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	61
สรุปผลการวิจัย.....	61
อภิปรายผล.....	63
ข้อเสนอแนะ.....	66
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก.....	72
ภาคผนวก ก วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	73
ภาคผนวก ข กราฟผลการทดลองการไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์.....	75
ภาคผนวก ค รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์.....	96
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงและคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด.....	97
ภาคผนวก จ แบบสอบถาม.....	112
ภาคผนวก ฉ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ดในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	124
ประวัติผู้วิจัย.....	156

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงวัสดุต่างชนิดจะมีมุมกองและความในการไหลต่างกัน.....	11
3.1	แสดงค่าความยากง่าย.....	28
3.2	แสดงค่าอำนาจจำแนก.....	29
4.1	แสดงผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ที่มีต่อรูปแบบการเรียนรายวิชาฟิสิกส์.....	49
4.2	แสดงกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ/กิจกรรมการเรียนรู้/การประเมินผลตาม สภาพจริง.....	51
4.3	ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด.....	56
4.4	การประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล.....	57
4.5	แสดงความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด.....	58

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงวัสดุเม็ดที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น ทราย ัญพิษ ข้าว ยา แถบดาวเคราะห์ และหิน.....	7
2.2	แสดงวัสดุเม็ดแสดงพฤติกรรม 3 รูปแบบ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส.....	7
2.3	แสดงฮอปเปอร์ 2 ประเภท.....	9
3.1	แสดงวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง.....	22
3.2	แสดงฮอปเปอร์ ขนาด 28 x 37.8 x 0.6 เซนติเมตร.....	23
3.3	การติดตั้งการทดลองการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะขนาด 28 x 37.8 x 0.6 cm...	24
4.1	การไหลของวัสดุในภาชนะฮอปเปอร์ ในเวลา 15 วินาที.....	33
4.2	มุมมองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร, $\theta_A = 30$, $0.5 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$	33
4.3	มุมมองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร, $\theta_A = 30$, $0.5 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$	34
4.4	มุมมองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร, $\theta_A = 30$, $2 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$	35
4.5	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมไหล เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 0.5 เซนติเมตร.....	36
4.6	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมไหล เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 0.5 เซนติเมตร.....	37
4.7	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมไหล เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 0.5 เซนติเมตร.....	38
4.8	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมไหล เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 1 เซนติเมตร.....	39
4.9	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมไหล เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 1 เซนติเมตร.....	39
4.10	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมไหล เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 1 เซนติเมตร.....	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.11	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และ ช่องปล่อยกว้าง 2 เซนติเมตร.....	41
4.12	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และ ช่องปล่อยกว้าง 2 เซนติเมตร.....	41
4.13	มุมมองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และ ช่องปล่อยกว้าง 1 เซนติเมตร.....	42
4.14	อัตราการไหลเชิงมวลเมื่อความกว้างช่องปล่อยเท่ากับ 0.5.....	44
4.15	อัตราการไหลเชิงมวลเมื่อความกว้างช่องปล่อยเท่ากับ 4.....	46
4.16	กราฟรูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย โรงเรียนเดินวิทยา อำเภอดิน จังหวัดลำปาง.....	47
4.17	รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการสร้างทีม สำรวจ ค้นหา กระบวนการสร้างประสบการณ์ รวบรวม สรุป นำไปใช้ (GIP2A : Group Processing- Investigate- Process experience-Aggregate-Application).....	50

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัสดุเม็ด (Granular Materials) คือ วัสดุเชิงกลที่มีขนาดเล็ก ๆ เช่น เม็ดแก้ว เม็ดลูกปัด เม็ดพลาสติก ทราย เป็นต้น (สกนธ์ คล่องบุญจิต, 2553) เมื่อนำวัสดุเหล่านี้มารวมกันจะเกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคถูกแทรกด้วยของไหล (Jean, 2019) วัสดุเม็ดบางครั้งแสดงพฤติกรรมเหมือนของแข็งและบางครั้งแสดงพฤติกรรมเหมือนของเหลว (Shirsath, 2015) ผู้ใดที่ได้หยิบจับหรือเล่นทรายบนชายหาดจะพบว่า ทรายมีความละเอียดและมีความแข็ง หากปล่อยทรายจากที่สูงให้ตกลงสู่พื้นดิน ทรายจะมีพฤติกรรมไหลเหมือนของเหลว (Andrea, Liu & Sidney, 1998) นอกจากนี้วัสดุเม็ดจำพวก ทราย หิน รัชูพืชถูกนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย เช่น อุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยา เป็นต้น ทั้งนี้คุณสมบัติของวัสดุเม็ดมีผลต่อการลำเลียง ขนส่ง และจัดเก็บเป็นอย่างมาก (Shirsath, Padding, Clercx, & Kuipers, 2015) ในการขนส่งและการจัดเก็บสินค้าแต่ละครั้งได้มีการนำฮอปเปอร์มาใช้เป็นตัวช่วยในการปล่อยวัสดุเม็ดและจัดเก็บวัสดุเม็ดลักษณะของฮอปเปอร์เป็นถังเก็บวัสดุเม็ด ด้านบนฮอปเปอร์มีลักษณะกว้างกว่าตรงปลาย (Massimo, Antonio, & Mario, 2005) วัสดุเม็ดไหลผ่านด้านบนฮอปเปอร์หรือปากฮอปเปอร์ลงตามแนวตั้ง (Okon, Diemuodeke, Akilande, 2010) โดยฮอปเปอร์ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของวัสดุเม็ดตัวแปรที่ควบคุมอัตราการไหลของวัสดุเม็ดคือ ความกว้างของฮอปเปอร์ มุมลาดเอียงของผนัง เป็นต้น (Xiao, Fan, Karl, Jacob & Paul, 2019) การไหลของวัสดุเม็ดบนพื้นลาดเอียงมักจะพบในการใช้งานด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งวัสดุ เช่น แร่ธาตุและรัชูพืชหรือพบทางธรณีวิทยา เช่น การถล่มของหิน แผ่นดินถล่ม หิมะถล่มและภูเขาไฟระเบิด เมื่อวัสดุเม็ดเหล่านี้ไหลลงสู่พื้นด้านล่างวัสดุเม็ดทำมุมกองกับพื้นในแนวระดับ (Hamzah, and Omar, 2018) ปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดมุมกอง ได้แก่ ชนิดรูปร่างของวัสดุเม็ด น้ำหนัก ความกว้างของฮอปเปอร์ (Payal & Kirkman, 2015) จากการศึกษาลักษณะการไหลของวัสดุเม็ดในรูปทรงภาชนะต่าง ๆ อาจมีขนาดช่องปล่อยวัสดุเม็ดหรือมุมเอียงขณะวัตถุเกิดการไหลทำให้วัตถุไหลกองตรงพื้นด้วยมุมที่ต่างกัน สิ่งเหล่านี้มีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดการไหลหลายรูปแบบ การไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์สามารถไหลผ่านได้ดีเมื่อมีการไหล

แบบ มาสโฟลด์ (Mass Flow) คือ วัสดุเม็ดที่อยู่ในฮอปเปอร์จะไหลผ่านได้ทั้งหมดและความเร็วของอนุภาคไม่จำเป็นต้องมีความเร็วเท่ากัน (Julio, Alexadre & Andre, 2014) ฉะนั้นเราจึงควรออกแบบฮอปเปอร์ลักษณะมาสโฟลด์ (Mass Flow)

การศึกษาเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาตนเองและประเทศชาติ ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญอย่างหนึ่ง ปัจจุบันได้เกิดการแข่งขันด้านเศรษฐกิจและสังคม ด้านเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองให้มนุษย์อยู่อย่างสุขสบาย เป็นต้น ทำให้มนุษย์ต้องพัฒนาความรู้ของตนเองอยู่ตลอดเวลา ปัจจุบันพบว่าสิ่งที่อยู่รอบตัวเราทุกคนล้วนแต่เป็นวิทยาศาสตร์ไม่ว่าเป็นการสังเกต การตั้งปัญหาตลอดจนถึงการคิดแก้ปัญหา ดังนั้นทุกคนจึงควรได้รับการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่อยู่รอบตัว สามารถสืบค้นข้อมูล คิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบได้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้พัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแนวคิด กระบวนการ การแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย เกิดการเรียนรู้และตอบสนองผู้เรียนตามที่ผู้เรียนสนใจและถนัดในเรื่องนั้น ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) การทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ครู และบุคลากรทางการศึกษาต้องมีความรู้ความเข้าใจผู้เรียน โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และตระหนักถึงความต้องการและความพึงพอใจของผู้เรียนเพื่อทำให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้นในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดและสร้างรูปแบบการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์และพื้นเอียง-พื้นไหล วิเคราะห์ด้วยกลไกของระบบจากการบันทึกวิดีโอและติดตามวัตถุโดยใช้โปรแกรมแทรคเกอร์ (Tracker) นำข้อมูลที่ได้เขียนกราฟด้วยโปรแกรมอริจิน (Origin) และจากแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องของไหล จึงได้สร้างแบบสอบถามความต้องการของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด และนำมาสร้างรูปแบบการเรียนตามที่นักเรียนต้องการ และทำการ วิเคราะห์หาดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบชุดการสอน เรื่องของไหล เพื่อวัดความพึงพอใจ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการพัฒนาความรู้ทางด้านวัสดุเม็ด สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่นักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย และผู้สนใจต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์และพื้นเอียงพื้นโหลด
2. เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้ทราบผลการไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์และพื้นเอียงพื้นโหลด เพื่อเป็นแนวทางสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. ได้รูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนได้
3. นักเรียนมีความพึงใจต่อรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองการไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์รูปทรงกรวยและพื้นเอียง-พื้นโหลดประกอบด้วย

 - 1.1 ตัวแปรต้น
 - 1.1.1 มุมฮอปเปอร์ มีค่าเท่ากับ $30 \leq \theta_A \leq 90$ องศาับแนวระดับ
 - 1.1.2 มุมโหลด มีค่าเท่ากับ $30 \leq \theta_B \leq 50$ องศาับแนวระดับ
 - 1.1.3 ขนาดของวัสดุเม็ด มีค่าเท่ากับ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร
 - 1.1.4 ขนาดช่องปล่อย มีค่าเท่ากับ $0.5 \leq w \leq 4.0$ เซนติเมตร
 - 1.2 ตัวแปรตาม
 - 1.2.1 มุมกอง
 - 1.2.2 อัตราการไหลเชิงมวล
 - 1.3 ตัวแปรควบคุม
 - 1.3.1 ภาชนะฮอปเปอร์อะคริลิกขนาดกว้าง 28 เซนติเมตร สูง 37.8 เซนติเมตร หนา 0.6 เซนติเมตร
 - 1.3.2 ชนิดวัสดุเม็ดที่ใช้คือ เม็ดพลาสติกกลมมีรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร
 - 1.3.3 ปริมาณของวัสดุเม็ด 500 กรัม

1.3.4 ความสูงของปากฮอปเปอร์วัดจากระดับพื้น 25.5 เซนติเมตร

1.3.5 ความยาวของพื้นเอียง 13 เซนติเมตร

ตัวแปรที่ใช้ในการสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายประกอบด้วย

1.4 ตัวแปรต้น

1.4.1 พฤติกรรมการเรียนรู้เบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง

1.4.2 รูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล

1.5 ตัวแปรตาม

1.5.1 ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

1.5.2 ความพึงพอใจของนักเรียน

1.6 ตัวแปรควบคุม

1.6.1 นักเรียนต้องผ่านการเรียนรู้จากการวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

2.1 กลศาสตร์ของไหลระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 รูปแบบการเรียนรู้ฟิสิกส์

3. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเถินวิทยา จังหวัดลำปางที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 3 ห้อง ทั้งหมด 97 คน

3.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้อง 1 โรงเรียนเถินวิทยา จังหวัดลำปางที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ได้มาโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

นิยามศัพท์เฉพาะ

วัสดุเม็ด (Granular Material) หมายถึง วัสดุแข็งกลมที่มีขนาดเล็ก ๆ เช่น ทราย เป็นต้น เมื่อนำวัสดุเม็ดมารวมกันจะเกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคจะถูกแทรกด้วยของไหล เช่น น้ำ หรืออากาศ เป็นต้น ในที่นี้คือกลุ่มของวัสดุเม็ดกลมพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร

ฮอปเปอร์ (Hopper) หมายถึง ภาชนะเสมือน 2 มิติ ทำจากแผ่นอะคริลิกที่ใช้กักเก็บวัสดุเม็ดและสามารถปล่อยวัสดุเม็ดให้ตกลงสู่พื้นได้ สามารถปรับมุมฮอปเปอร์ ขนาดช่องปล่อย และมุมไหลได้ ขนาดฮอปเปอร์กว้าง 28 เซนติเมตร สูง 37.8 เซนติเมตรหนา 0.6 เซนติเมตร

มุมฮอปเปอร์ (Hopper Angle : θ_A) หมายถึง มุมของฮอปเปอร์ในภาชนะเสมือน 2 มิติ กับแนวระดับทำมุม $30 \leq \theta_A \leq 90$ องศา กับแนวระดับ

มุมกอง (Angle of Repose : θ_C) หมายถึง มุมที่เกิดจากการรวมกันหลังจากวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์ตกลงสู่พื้นดิน โดยทำการวัดมุมกองจากด้านข้างของกองวัสดุเม็ดเทียบกับแนวระดับมีหน่วยเป็นองศา

ขนาดช่องปล่อย (Opening Size : w) หมายถึง ความกว้างระหว่างช่องแคบของปากฮอปเปอร์ $0.5 \leq w \leq 4.0$ มิลลิเมตร

พื้นเอียง – พื้นโหลด (Inclined-Load Plane) หมายถึง บริเวณที่รองรับวัสดุเม็ดเมื่อผ่านช่องปล่อยวัสดุเม็ดตกลงมาก่อนจะตกลงสู่พื้นดิน โดยทำการปรับมุมโหลดได้

มุมโหลด (Angle of Load : θ_B) หมายถึง มุมที่วัดระหว่างพื้นเอียง – พื้นโหลดกับแนวระดับ ทำมุม $30 \leq \theta_B \leq 50$ องศา กับแนวระดับ

อัตราการไหลเชิงมวล (The Mass Flow Rate) คือ มวลที่ไหลออกมากองที่พื้นในหน่วยเวลามวล (Mass) คือ มวลที่กองตกลงสู่พื้น

เวลา (Time) คือ เวลาที่วัสดุเม็ดไหลออกมากองลงสู่พื้น

รูปแบบการเรียนรู้ฟิสิกส์ (Learning Prototype) คือ รูปแบบกระบวนการเรียนรู้ที่ได้จากการสำรวจความต้องการผู้เรียนต่อการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แบบสอบถามความพึงพอใจ (Satisfaction Questionnaire) คือ แบบสอบถามพฤติกรรม การเรียนของนักเรียนต่อการเรียนการสอนด้วยชุดการสอนเรื่อง ของไหล

พฤติกรรมการเรียนรู้ (Learned Behavior) คือ พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้โดยมีประสบการณ์การเรียนรู้มาก่อน อาจได้มาจากการลองผิดลองถูก การถูกวางเงื่อนไข หรือเกิดจากความเคยชิน หากได้รับการเรียนรู้จะทำให้เกิดพฤติกรรมใหม่ ๆ ได้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย

θ_A	แทน	มุมฮอปเปอร์	หน่วย องศา (degree)
θ_B	แทน	มุมโหลด	หน่วย องศา (degree)
θ_C	แทน	มุมโหลด	หน่วย องศา (degree)
w	แทน	ขนาดช่องปล่อย	หน่วย เซนติเมตร (cm)
D	แทน	เส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเมตร	หน่วย มิลลิเมตร (mm)
t	แทน	เวลา	หน่วย วินาที (s)
m	แทน	มวล	หน่วย กรัม (g)
Q_M	แทน	อัตราการไหลเชิงมวล	หน่วย กรัมต่อวินาที (g/s)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

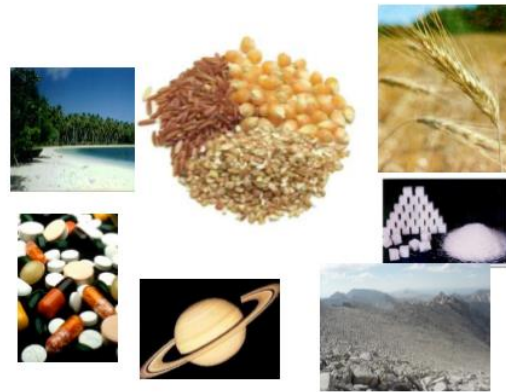
ในการวิจัยเรื่อง การสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดและสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.1 วัสดุเม็ด
- 2.2 สอปเปอร์
- 2.3 มุมกอง
- 2.4 การไหลของของไหล
- 2.5 รูปแบบการเรียนรู้
- 2.6 เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

วัสดุเม็ด

นิยามของวัสดุเม็ด

วัสดุเม็ด (Granular Material) หมายถึง วัสดุแข็งกลมที่มีขนาดเล็ก ๆ เช่น ทราย เป็นต้น เมื่อนำวัสดุเม็ดมารวมกันจะเกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคจะถูกแทรกด้วยของไหล เช่น น้ำ หรือ อากาศ เป็นต้น ปัจจุบันเราสามารถพบวัสดุเม็ดได้ทั้งในธรรมชาติ เช่น ทราย น้ำตาล ธัญพืช เมล็ดข้าว ถ่านหิน หรือพบในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ดินถล่ม การทรุดตัวของภูเขา หิมะถล่ม เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบวัสดุเม็ดในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เม็ดพลาสติก เม็ดลูกปัด ยา เป็นต้น ดังแสดงภาพที่ 2.1



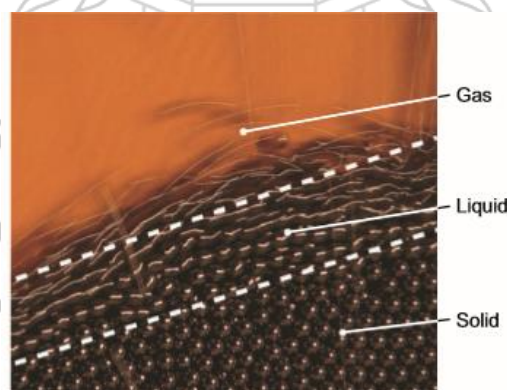
ภาพที่ 2.1 วัสดุเม็ดที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น ทราย ัญพิช ข้าว ยา แล็บดาวเคราะห์ และหิน

ที่มา : Forterre & Pouliquen (2009)

ได้มีผู้นิยามความหมายและขนาดของวัสดุเม็ดไว้ดังนี้

สกนธ์ คล่องบุญจิต (2553) ได้นิยามว่าวัสดุเม็ด คือ วัสดุแข็งกลมที่มีขนาดเล็ก ๆ เช่น เม็ดแก้ว เม็ดลูกปัด เม็ดพลาสติก ทราย เป็นต้น เมื่อนำวัสดุเหล่านี้นำมารวมกันจะเกิดช่องว่างระหว่างอนุภาค ถูกแทรกด้วยของไหล เช่น น้ำ หรืออากาศ

ฟอร์เทอร์ และ โพลีควีน (Yoel & Olivier, 2009) ได้นิยามว่าวัสดุเม็ด คือ กลุ่มของอนุภาคขนาดใหญ่ โดยปกติจะมีมากกว่า 100 ไมโครเมตร ระหว่างอนุภาคจะเกิดการชนกันและเกิดแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคและวัสดุเม็ดแสดงพฤติกรรม 3 แบบ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส ดังแสดงภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 วัสดุเม็ดแสดงพฤติกรรม 3 รูปแบบได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

ที่มา : Forterre & Pouliquen (2009)

แคมบู, ยีนส์ก และ ราดจาย (Cambou, Jean & Radjai, 2009) ได้นิยามว่าวัสดุเม็ด คือ วัสดุที่ประกอบไปด้วยกลุ่มอนุภาคเกิดการรวมตัวกัน และเกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคขึ้นทำให้ถูกแทรกด้วยน้ำหรืออากาศได้ ระหว่างอนุภาคจะมีแรงเสียดทาน แรงยึดเหนี่ยวในอนุภาคชนิดเดียวกันเกิดขึ้น

Shirsath, Padding, Clercx, & Kuipers, (2015) ได้นิยามว่าวัสดุเม็ด คือ วัสดุเม็ดกำหนดได้ว่าเป็นของแข็ง แต่ละชนิดประกอบด้วยอนุภาคต่าง ๆ และมีขนาดที่แตกต่างกัน

สมบัติสำคัญของวัสดุเม็ด

วัสดุเม็ดมีสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. วัสดุเม็ดแสดงพฤติกรรมเป็นทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
2. วัสดุเม็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 100 ไมครอน
3. วัสดุเม็ดมีอุณหภูมิคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลง

ฮอปเปอร์

ฮอปเปอร์ได้ถูกนำมาใช้ตั้งแต่อดีตเพื่อใช้ในการกักเก็บวัสดุเม็ดหลากหลายชนิด เช่น ยา เมล็ดธัญพืช เกลือ น้ำตาล เป็นต้น โดยมีหลักฐานแสดงการออกแบบฮอปเปอร์แบบต่าง ๆ และถูกปรับปรุงทรวงมาเรื่อย ๆ เพื่อให้ใช้งานง่ายในการเก็บรักษาและการปล่อยวัสดุออกมาใช้งาน

นิยามและรูปแบบของฮอปเปอร์

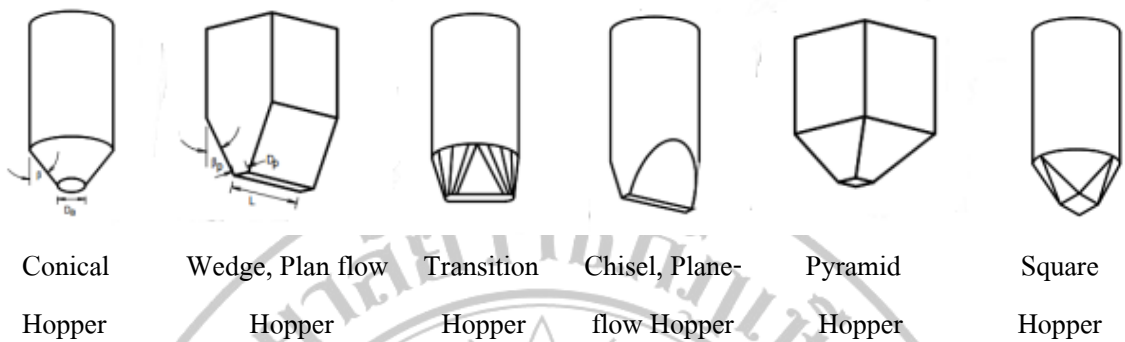
จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีผู้นิยามความหมายของฮอปเปอร์ ดังนี้

องค์การการค้าโลก (2541) ให้ความหมายฮอปเปอร์ คือ ท่อหรือถังรูปกรวย ใช้กักเก็บวัสดุเม็ด เช่น ข้าว เป็นต้น โดยท่อหรือถังรูปกรวยนี้สามารถปล่อยวัสดุออกมาจากด้านบนลงสู่ด้านล่างได้

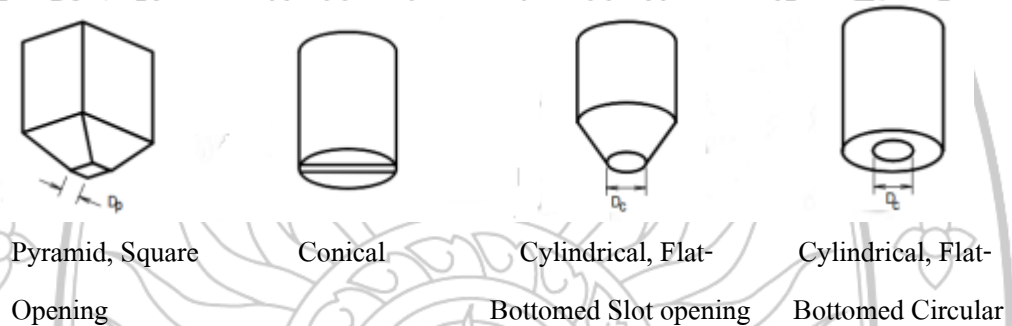
เมอริแอม-เว็บสเตอร์ (Merriam-Webster, 2021) ให้ความหมายฮอปเปอร์ คือ ภาชนะรูปกรวย ใช้สำหรับบรรจุวัสดุที่ต้องการเทลงไปตามเครื่องกล หรือกักเก็บไว้ในเครื่องกล

ไธคานา (Thaikana, 2010) ให้ความหมายฮอปเปอร์ คือ ถังหรือปากกรวยที่ใช้สำหรับรวบรวมวัสดุไว้แล้วสามารถปล่อยวัสดุให้ไหลไปตามที่ต้องการได้

เชส (Chase, 2014) สามารถแบ่งฮอปเปอร์ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ ฮอปเปอร์แบบวัสดุไหลทั้งหมด (Mass flow hopper) และฮอปเปอร์แบบวัสดุไหลเฉพาะส่วนแกนกลาง (Core flow hopper) ดังแสดงภาพที่ 2.3



(2.3 ก)



(2.3 ข)

ภาพที่ 2.3 รูปแบบฮอปเปอร์ 2 ประเภท (2.3 ก) ฮอปเปอร์แบบวัสดุไหลทั้งหมด (Mass Flow Hopper) (2.3 ข) ฮอปเปอร์แบบวัสดุไหลเฉพาะส่วนแกนกลาง (Core Flow Hopper)

ที่มา : Chase, 2014

สรุปได้ว่า ฮอปเปอร์ คือ ภาชนะรูปลิ้นหรือทรงกระบอกที่นำมาใช้สำหรับบรรจุวัสดุเม็ด และสามารถปล่อยให้ไหลผ่านออกไปได้

หลักการออกแบบฮอปเปอร์เบื้องต้น

ตะวันฉาย ตุงคะนาคร (2559) รูปทรงของฮอปเปอร์มีผลต่ออัตราการไหลของวัสดุเม็ด ดังนั้น จึงต้องคำนึงการออกแบบฮอปเปอร์ ปริมาณวัสดุที่ต้องการเก็บและปล่อย เพื่อวัสดุเม็ดไม่

หลงเหลืออยู่ในสอปเปอร์ ในการศึกษานี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาการไหลของวัสดุเมื่อดึงเหล็กใช้สอปเปอร์รูปทรงกระบอกสี่เหลี่ยม และสอปเปอร์รูปทรงแปด

เมย์นาร์ด (Maynard, 2013) ได้คำนวณการหาความสูงของด้านบนสอปเปอร์ โดยไม่คำนึง ความสูงวัสดุเมื่อดึง สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$H = \frac{m}{\rho A}$$

เมื่อ H	คือ ความสูงของด้านบนรูปทรงกระบอก	หน่วย เมตร (m)
m	คือ มวลของวัสดุที่ถูกเก็บ	หน่วย กิโลกรัม (kg)
ρ	คือ ความหนาแน่นรวมขณะกองอยู่ในภาชนะ	หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์-เมตร (g/m^3)
A	คือ พื้นที่หน้าตัดของด้านบนรูปทรงกระบอก	หน่วย ตารางเมตร (m^2)

ปัญหาที่พบในการใช้สอปเปอร์

จากการศึกษาการไหลของสอปเปอร์พบว่ามีปัญหาดังนี้

1. วัสดุเมื่อดึงเกิดการติดขัดทำให้ไหลช้า และเกิดการไหลเฉพาะตรงกลาง
2. วัสดุเมื่อดึงค้างไหลออกมาไม่หมด
3. วัสดุเมื่อดึงเกิดการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน

รูปแบบการไหลในสอปเปอร์

การไหลของวัสดุเมื่อดึงออกจากสอปเปอร์ มีรูปแบบการไหลที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของสอปเปอร์และวัสดุเมื่อดึงที่ใช้

1. วิธีการวัดความสามารถการไหล โดยทั่วไปนิยมวิธีดังนี้
 - 1.1 มุม
 - 1.2 การไหลผ่านรูเปิด
 - 1.3 เซลล์เนียน
 - 1.4 การไหลในเครื่องแบบกลิ้งหมุน

ในการศึกษาวิธีการวัดความสามารถในการไหล ผู้วิจัยได้เลือกใช้ 2 วิธี คือ มุมกองและการไหลผ่านรูเปิด มาประกอบการทำงานวิจัย

มูกอง

มูกองสามารถบ่งชี้ความสามารถในการไหลของวัสดุเม็ดได้ สามารถวัดการไหลได้หลายวิธี ได้แก่ การหามูกอง การหาดัชนีเชิงอัด การหาการไหลผ่านรูเปิดระนาบเดือนหรือการไหลในเครื่องแบบกลิ้งหมุน เป็นต้น สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการหามูกอง โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับนิยามมูกองดังนี้

นิยามของมูกอง

หากปล่อยวัสดุเม็ดให้ไหลผ่านฮอปเปอร์อย่างอิสระแล้ว วัสดุเม็ดจะไหลไปกองรวมกันอยู่ที่พื้นราบ เราสามารถวัดจากด้านข้างของกองเทียบกับแนวระดับและเรียกมุมนี้ว่า “มูกอง” ใช้สัญลักษณ์ θ_c มีหน่วยเป็นองศา ($^{\circ}$) (IS: 6663-1972., 1973)

ชนิดมูกองและปัจจัยที่มีผลต่อการกอง

ปัจจัยที่มีผลต่อมูกองขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น รูปร่าง น้ำหนัก มุมเสียดทาน การกระจายขนาดของอนุภาค เป็นต้น นอกจากนี้วิธีการและขั้นตอนการเทยังมีผลต่อมูกองด้วยอัน ได้แก่ เทที่ระดับความสูงต่างกัน มูกองมี 2 ชนิด ได้แก่ มูกองขณะหยุดนิ่งและมูกองขณะเคลื่อนที่ (Stewart, 1968)

มูกองเป็นสมบัติมหภาคที่สำคัญที่เป็นลักษณะพฤติกรรมเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 วัสดุต่างชนิดจะมีมูกองและความในการไหลต่างกัน

การไหล	มูกอง	ลักษณะเฉพาะของวัสดุ
ไหลอย่างอิสระมาก (Very free flowing)	$0 - 19^{\circ}$	มีลักษณะกลมเล็กมากและสม่ำเสมอทั้งในสภาวะเปียกและแห้ง เช่น ซีเมนต์ ทรายซิลิกาแห้ง
ไหลอย่างอิสระ (free flowing)	$20 - 25^{\circ}$	มีลักษณะกลมและผิวเรียบมัน เช่น ธัญพืช
ไหลปกติ (Average flowing)	$30 - 34^{\circ}$	มีน้ำหนักปานกลาง ผิวไม่เรียบเนียน เช่น ถ่านหิน
	$35 - 39^{\circ}$	วัสดุเม็ดทั่วไป เช่น ก้อนหิน และแร่ต่าง ๆ
ไหลช้า (Sluggish)	40° ขึ้นไป	วัสดุที่ผิวไม่เรียบ เหนียว เช่น เศษไม้ ชานอ้อย

ที่มา : Kulinowski & Kasza., n.d.

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่ามุมกองที่มีค่าไม่เกิน 30° เกิดการไหลที่ดี นอกจากนี้มุมกองมีความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาโดยตรงต่อรูปร่างของวัสดุ (Ghazavi, Hosseini & Mollanouri, 2008)

การไหลของของไหล

ปรียาพร โภษา (2555) ในทางวิทยาศาสตร์กล่าวถึงการเคลื่อนที่ของสสารโดยไม่พิจารณาแรงที่มากระทำ แต่จะพิจารณาการเปลี่ยนตำแหน่ง ความเร็วและความเร่ง การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้เรียกว่า การไหล (Flow) การไหลมีหลายวิธี เช่น การไหลแบบราบเรียบหรือแปรปรวน การไหลแบบ คงตัวหรือไม่คงตัว การไหลสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอ การไหลแบบหมุนวนหรือไม่หมุนวน เป็นต้น

การไหลแบบราบเรียบ คือ วัสดุของของไหลเคลื่อนที่เป็นระเบียบ มีการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างชั้นน้อย

การไหลแบบแปรปรวน คือ วัสดุของของไหลเคลื่อนที่ไม่เป็นระเบียบมีการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างโมเลกุลของของไหลมาก

การไหลคงตัว คือ การไหล ณ จุดใดจุดหนึ่งคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา จะเกิดเฉพาะเมื่อเกิดการไหลแบบราบเรียบเท่านั้น

การไหลสม่ำเสมอ คือ มีสภาพการไหลไม่แปรเปลี่ยนตามระยะทาง

รูปแบบการไหล

1. เส้นการไหล คือ เส้นที่แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามการไหล รูปแบบการไหลที่มีเส้นการไหลจำนวนมากเรียกว่า สนามการไหล

2. ลำการไหล คือ กลุ่มของเส้นการไหล

3. เส้นทางการไหล คือ เส้นที่แสดงทิศทางความเร็วของอนุภาคใดอนุภาคหนึ่ง

อัตราการไหล (Flow Rate) คือ ปริมาณของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ได้แก่

1. อัตราการไหลเชิงมวล

$$Q_M = \rho Q = \rho A v$$

เมื่อ Q_M คือ อัตราการไหลเชิงมวล หน่วย กิโลกรัม.วินาที (kg.s)

$$Q_M = \frac{m}{t}$$

เมื่อ Q_M คือ อัตราการไหลเชิงมวล หน่วย กิโลกรัม.วินาที (kg.s)
 m คือ มวล หน่วย เป็นกิโลกรัม (kg)
 t คือ เวลา หน่วย เป็นกิโลกรัม (s)

รูปแบบการเรียนรู้

ในทางการศึกษามีคำที่เกี่ยวกับกับรูปแบบการสอนและรูปแบบการเรียนการสอนหรือรูปแบบการจัดการเรียนการสอนไว้ต่างๆ มากมาย ดังนี้

เซย์โล, วิลเลียม และ อาเธอร์ (Saylor, William and Arthur, 1981) กล่าวว่า รูปแบบการสอน หมายถึง แบบการสอนที่มีการจัดกระทำพฤติกรรมขึ้นจำนวนหนึ่งที่แตกต่างกัน เพื่อเน้นเฉพาะเจาะจงอย่างใดอย่างหนึ่ง

จอยซ์ และ เวลล์ (Joyce and Well, 1992) กล่าวว่า รูปแบบการสอน คือ แผน ที่เราสามารถใช้อย่างตรงในห้องเรียนหรือการสอนเป็นกลุ่มย่อย การเรียนการสอนซึ่งรวมถึงหนังสือ ภาพยนตร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและ หลักสูตรรายวิชา โดยแต่ละรูปแบบจะช่วยให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กัน

ทิสนา แคมมณี (2551) กล่าวว่า รูปแบบการสอน หมายถึง ลักษณะการจัดการเรียนการสอนที่จัดขึ้นอย่างมีระบบ มีแบบแผน โดยอาศัยวิธีและเทคนิคการสอนต่าง ๆ เข้ามาช่วยให้สภาพการเรียนเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ

กระทรวงศึกษาธิการ (2542) กำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 กลุ่ม ได้แก่

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบพัฒนากระบวนการคิดและการจัดการ แบ่งเป็น 6 รูปแบบ

1.1 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบพัฒนากระบวนการคิดด้วยการใช้คำถาม กระบวนการคิดที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านสมองได้แก่

1.1.1 การคิดไตร่ตรอง เป็นการคิดแบบเชื่อมโยงความคิดอื่น ๆ นำไปสู่การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.1.2 คิดอย่างมีวิจารณญาณ เน้นผู้เรียนคิดจนสามารถนำองค์ความรู้เดิมมาใช้อย่างสร้างสรรค์

1.1.3 คิดสร้างสรรค์ เป็นการนำความรู้ทั้งหมดมาสร้างแนวคิดใหม่

1.1.4 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

1.1.5 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบโครงงาน

- 1.1.6 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยวงจรพัฒนาคุณภาพแบบ PDCA
2. รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบใช้ประสบการณ์จริง แบ่งเป็น 4 รูปแบบ
 - 2.1 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบประสบการณ์
 - 2.2 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ
 - 2.3 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 2.4 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้จากสื่อการเรียนรู้
3. รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ แบ่งเป็น 2 รูปแบบ
 - 3.1 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการสู่สาระการเรียนรู้
 - 3.2 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการสู่หุ้ปัญญา
4. รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ แบ่งเป็น 2 รูปแบบ
 - 4.1 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้จากแหล่งการเรียนรู้
 - 4.2 รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบระบบนิเวศน์ในนาข้าว/แปลงผัก

การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Experiential Learning)

ลักษณะ สรวิวัฒน์ (2557) ได้กล่าวทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

สุขุมพร ศรีมุงคุณ (2555) ได้กล่าวทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ว่า เป็นการเรียนรู้แบบกลุ่มย่อยโดยสมาชิกภายในกลุ่มมีการคละความสามารถ 4-5 คน กิจกรรมเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม วิเคราะห์เป็นกลุ่ม

ทิสนา เขมมณี (2551) ได้กล่าวทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ว่า เป็นการเรียนแบบร่วมมือกัน แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน และได้แบ่งประเด็นการจัดการเรียนการสอนดังต่อไปนี้

1. ด้านการวางแผนการจัดการเรียนการสอน
 - 1.1 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้
 - 1.2 กำหนดจำนวนสมาชิกกลุ่ม
 - 1.3 กำหนดการจัดสมาชิกกลุ่ม เช่นการสุ่ม การคัดเลือก กลาง อ่อน อยู่ด้วยกัน เป็นต้น
 - 1.4 กำหนดหน้าที่บทบาทสมาชิกกลุ่ม
 - 1.5 จัดสถานที่ในการทำกิจกรรม
 - 1.6 จัดทำสาระการเรียนรู้ วัสดุ งานที่มอบหมายให้ผู้เรียน
2. ด้านการสอน
 - 2.1 ชี้แจงการทำงานกลุ่ม

- 2.2 ชี้แจงการวัดและประเมินผล
- 2.3 อธิบายการสอนแบบมีส่วนร่วม
- 2.4 อธิบายวิธีการทำงานช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม
- 2.5 อธิบายหน้าที่ที่แต่ละคนได้รับมอบหมาย

3. ด้านการควบคุม

- 3.1 ในสมาชิกในกลุ่มดูแลกันและกัน
- 3.2 สังเกตการทำงานของกลุ่ม เกิดความเข้าใจในงานที่ต้องทำหรือไม่
- 3.3 เข้าไปช่วยเหลือแต่ละกลุ่มตามความเหมาะสม
- 3.4 สรุปการเรียนรู้

4. ด้านการประเมินผลและวิเคราะห์ผลการเรียนการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนการสอนรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมีหลายรูปแบบ

1. การเรียนแบบคิดและคุยกัน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อให้เข้าใจเนื้อหา
2. การใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบโต๊ะกลม เป็นการเรียนแบบกลุ่มมากกว่า 2 คนขึ้นไป บอกเล่าความรู้ สิ่งที่ตนเองศึกษาให้เพื่อนในกลุ่มฟัง โดยหมุนเวียนเล่าเรื่องให้สมาชิกในกลุ่มฟัง โดยเวียนบอกเล่าเป็นวงกลม
3. การเรียนแบบคู่ตรวจสอบ มุมสนทนา ร่วมกันคิด เป็นการแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ ภายในกลุ่ม ช่วยกันตอบคำถาม เมื่อได้คำตอบแล้วให้แลกเปลี่ยนกันตรวจคำตอบ จับคู่สนทนา
4. การสัมภาษณ์แบบ 3 ขั้นตอน โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและนักเรียนเป็นผู้ตอบ โดยการจับคู่กับคนแรกให้คนที่สองตอบ, นักเรียนสลับกันเป็นผู้ถามและผู้ตอบ หรือผลัดกันเล่าสิ่งที่ตนเองรู้ให้สมาชิกในกลุ่มทราบ
5. การแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกม รูปแบบกิจกรรมเป็นการนำเสนอบทเรียน แบ่งทีม นักเรียนแข่งขัน
6. ปริศนาความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมเหมือนกันทุกกลุ่ม โดยผู้สอนแบ่งเนื้อหาที่เรียน ออกเป็นแต่ละหัวข้อ และให้สมาชิกกลุ่มแยกย้ายไปเข้ากลุ่มในหัวข้อต่าง ๆ เมื่อเรียนรู้ในหัวข้อที่ตนเองได้รับนำกลับไปอธิบายให้เพื่อนในกลุ่มฟัง
7. การสืบสอนเป็นกลุ่ม เป็นการจัดกิจกรรมให้สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนเลือกหัวข้อย่อยและเลือกวิธีการหาคำตอบด้วยตนเองและรายงานความก้าวหน้าให้กลุ่มตนเองได้รับทราบ
8. การเรียนเพื่อนช่วยเหลือเพื่อนเป็นรายบุคคล เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือและแบบรายบุคคลเข้าด้วยกัน โดยให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองและแลกเปลี่ยนความรู้

ดังนั้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ คือ การเรียนแบบกลุ่ม 4-5 คน โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ทำการสำรวจค้นหา เรียนรู้จากกระบวนการสร้างประสบการณ์ จนรวบรวมได้ข้อสรุป และนำไปใช้

การจัดการเรียนรู้

แบบสอบถาม

มีผู้ให้คำจำกัดความของคำว่า แบบสอบถาม ไว้หลายท่าน ดังเช่น
 ธเนศ ต่วนชะเอม (2552) กล่าวว่า แบบสอบถาม หมายถึง คำถามที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

บุญธรรม กิจปรีดาภิสุทธิ์ (2553) กล่าวว่า แบบสอบถาม หมายถึง คำถามที่เขียนออกมาเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้ผู้ถูกวิจัยตอบแบบสอบถาม เป็นผู้กรอกข้อมูลเองอาจจัดส่งทางไปรษณีย์หรือส่งเองก็ได้

ข้อเสียของการใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลภาคสนามมีบ้าง เช่น

1. มีความยืดหยุ่นน้อย ผู้ตอบแบบสอบถามไม่ตรงประเด็นหรือไม่ตอบเลย
2. ใช้ได้กับคนที่อ่านออกเขียนได้เท่านั้น
3. ได้รับแบบสอบถามกลับคืนมาน้อย
4. ไม่สามารถรู้ได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามตอบตามความจริงหรือไม่

การสร้างแบบสอบถาม

เมื่อทราบข้อดี ข้อเสียของแบบสอบถามแล้ว ก็ถึงเวลาที่ต้องสร้างแบบสอบถามซึ่งผู้วิจัยจะต้องสร้างแบบสอบถาม อาจแบ่งได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สิ่งที่ผู้วิจัยควรคำนึง

ผู้วิจัยต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ก่อนสร้างแบบสอบถาม

1. ต้องทราบปัญหาการวิจัย วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมาย สมมติฐานการวิจัย อย่างชัดเจนว่าต้องการศึกษาหรือถามอะไร
2. ต้องคำนึงถึงผู้ตอบว่าเป็นใคร มีระดับการศึกษาแค่ไหน และมีเวลาหรือความตั้งใจมากน้อยเพียงใด
3. ต้องทราบลักษณะของข้อมูลว่าเป็นเชิงปริมาณหรือคุณภาพ เพื่อจะได้ตั้งคำถามสำหรับเก็บข้อมูลได้สะดวก
4. ควรคำนึงเสมอว่าแบบสอบถามนั้นเหมาะสมสำหรับกลุ่มประชากรในสถานการณ์นั้น ๆ เท่านั้น

ขั้นที่ 2 จัดทำรายการหัวข้อปัญหาหรือตัวชี้วัด

ก่อนจะร่างคำถาม ควรจัดทำปัญหาใหญ่ ๆ ก่อน เพื่อสะดวกแก่การร่าง โดยนำเอาวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องทราบมาแปลงเป็นหัวข้อคำถาม โดยให้ตรงกับวัตถุประสงค์และสมมติฐาน เมื่อได้จัดทำรายละเอียดของแต่ละรายการปัญหาแล้ว ต้องพิจารณาว่าในรายละเอียดแต่ละข้อนั้นเราต้องการหรือไม่ ถ้าต้องการและถามมาแล้วจะเอาข้อมูลมาใช่ประโยชน์ในด้านใดบ้าง

ขั้นที่ 3 การนิยามตัวแปร

มีการนิยาม 2 ระดับ คือ

1. นิยามทั่วไปหรือเชิงทฤษฎี เป็นการนิยามแบบกว้าง ๆ ซึ่งการนิยามนี้ยังไม่สามารถเก็บข้อมูลได้
2. นิยามปฏิบัติการ เป็นการนิยามเฉพาะเจาะจงให้ลึกลงไป เป็นการตีความหมาย โดยอาศัยทฤษฎี แนวคิด ประสบการณ์ การนิยามในระดับปฏิบัติการนี้ จะช่วยชี้แนวทำให้ผู้วิจัยสามารถสร้างคำตอบ และเก็บข้อมูลได้ตรงเป้าหมายที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 4 ลงมือยกร่างคำถาม

อาจดำเนินการดังนี้

1. ตั้งคำถามให้มากที่สุดหลาย ๆ แบบ
2. ตั้งคำถามให้เสร็จสิ้นไปในแต่ละรายการ
3. พิจารณาว่าคำถามที่ตั้งตรงวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือไม่
4. คำถามที่ตั้งขึ้น ควรจะใช้คำถามปิดหรือคำถามเปิด จึงจะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และสมบูรณ์มากที่สุด
5. คำถามที่ตั้งขึ้นนั้น มีซ้ำกันหรือคล้ายคลึงกันหรือไม่ ถ้าซ้ำกันให้ตัดทิ้งหรือตัดแปลง
6. ถ้าเป็นคำถามปิด ให้พิจารณาว่ามีคำตอบให้เลือกตอบครบถ้วนหรือไม่

เมื่อได้ร่างคำถามแล้วต้องช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง อาจทำได้ 2 ทาง คือ

1. ตรวจสอบโดยผู้ร่างเองอาจพิจารณาใน 2 ลักษณะใหญ่ ๆ ดังนี้ตรวจสอบประโยชน์และภาษาที่ใช้ว่ามีคำถามข้อใดบ้างที่ซ้ำกัน ใช้ภาษาไม่สุภาพ ไม่ชัดเจน
2. ตรวจสอบโดยบุคลากรภายนอก เพื่อให้ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญด้านนี้โดยเฉพาะได้พิจารณาลักษณะก่อนว่ามีคำถามข้อใดบ้างที่ควรได้รับการแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ซึ่งตามทฤษฎีต้องมีผู้เชี่ยวชาญตรวจแก้ความถูกต้อง ของการสอบถาม จำนวน 33 คน แต่ในทางปฏิบัติมี 3 ท่านก็เพียงพอ

ขั้นที่ 5 การทดสอบแบบสอบถาม

เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก การทดสอบแบบสอบถาม หมายถึง การนำคำถามไปถามกลุ่มประชากร ที่มีคุณลักษณะคล้ายกับตัวอย่างที่จะไปเก็บรวบรวมข้อมูลจริง ๆ เพื่อหาความถูกต้องสมบูรณ์ และความเชื่อถือได้ เพื่อตรวจสอบว่าคำถามที่ตั้งขึ้นนั้นผู้ตอบมีความเข้าใจในภาษาที่ใช้หรือไม่เพียงไร เพื่อตรวจสอบเวลาในการสอบถามโดยเฉลี่ยนานเท่าไร และเพื่อหาประสิทธิภาพให้ผู้สัมภาษณ์ก่อนที่จะออกไปเก็บรวบรวมข้อมูลจริงในภาคสนามต่อไป

ขั้นที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถาม

หลังจากที่ได้ไปทดสอบแบบสอบถามมาแล้วนั้น ผู้วิจัยต้องร่วมประชุมปรึกษาหารือเพื่อช่วยกันปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามที่ได้บันทึกข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะต่างๆ ว่าใครมีความเห็นประการใดบ้าง ควรจะคงไว้เพราะเหมาะสมดีแล้ว หรือว่าควรจะแก้ไขอย่างไร การทดสอบแบบสอบถามเปรียบเสมือนกระจกที่ส่องสะท้อนให้เห็นข้อบกพร่องต่าง ๆ ได้จึงควรที่จะได้ทดสอบหลาย ๆ ครั้ง รวมทั้งปรับปรุงแก้ไขจนแน่ใจว่าถูกต้องและสมบูรณ์ แล้วจึงนำไปสำรวจหรือเก็บรวบรวมข้อมูลสนามต่อไป

ความพึงพอใจ

วรภรณ์ ช้วนกิจ (2544) กล่าวว่า ความพึงพอใจ คือ รู้สึกคิดบวกที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ประภาพันธ์ พลายจันทร์ (2546) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจ สามารถทำได้โดยใช้แบบสอบถามเลือกคำตอบแบบอิสระ สัมภาษณ์จะได้ข้อมูลจริง การสังเกตอย่างมีแบบแผน

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้ทำการวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน โดยใช้สมการ

1. การหาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สมการ

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่ม

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งกลุ่ม

n คือ จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) โดยใช้สมการ

$$S.D = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{X}$ คือ คะแนนแต่ละตัว

ΣX คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

ΣX^2 คือ ผลรวมของกำลังสองของคะแนนนักเรียนแต่ละคน

n คือ จำนวนนักเรียน

การหาประสิทธิภาพ

1. ความหมายของการหาค่าประสิทธิภาพ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพ หมายถึง การหาคุณภาพของสื่อตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยวัดจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง อาจแบ่งเด็กเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน มีเด็กเก่ง 1 คน กลาง 1 คน อ่อน 1 คน เมื่อเรียนจบแล้ว

2. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) หาประสิทธิภาพโดยใช้หลักการความรู้ และเหตุผลตัดสินคุณค่าของสื่อการเรียนการสอน โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณา โดยใช้สมการ

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ΣR คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ได้วิเคราะห์หาความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สมการ

1. การหาค่าความยากง่าย

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่าย

R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

2. การหาค่าอำนาจจำแนก

$$r = \frac{R_V - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

R_V คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529) วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สมการ

1. การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ r_{tt} คือ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

N คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p คือ สัดส่วนของนักศึกษาที่ทำถูกในข้อหนึ่ง ๆ

q คือ สัดส่วนของนักศึกษาที่ผิดในข้อหนึ่ง ๆ

$\sum pq$ คือ ผลรวมของผลคูณของค่าสัดส่วนของนักศึกษาที่ทำถูกในข้อหนึ่ง ๆ กับสัดส่วนของนักศึกษาที่ผิดในข้อหนึ่ง ๆ

S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

เพชัญ กิจระการ (2546) ได้หาประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาผลการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนว่ามีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ โดยคำนวณหาค่า t -test หรือหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index : E.I) โดยใช้สมการ

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

บุญชม ศรีสะอาด (2550) คำนวณหาสถิติในการใช้เปรียบเทียบคะแนนสอบ โดยใช้
สูตร t-test (Dependent Samples)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ

$$df = N - 1$$

เมื่อ t คือ ค่าการแจกแจงของที (t-distribution)

N คือ ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
ของนักเรียนแต่ละคน

$\sum D$ คือ จำนวนนักเรียน

$\sum D^2$ คือ ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียน
และหลังเรียนของผู้เรียนแต่ละคน

df คือ จำนวนค่าอิสระ (Degrees of Freedom)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

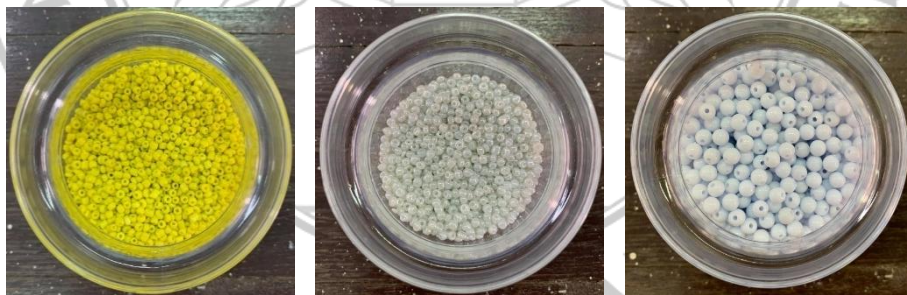
รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่ออธิบายการไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์รูปทรงกรวยและรูปทรงสี่เหลี่ยม ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง ณ อาคารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และโรงเรียนเดินวิทยา อำเภอเดิน จังหวัดลำปาง การทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 วิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์รูปทรงกรวยและอัตราการไหลเชิงมวล และตอนที่ 2 สร้างรูปแบบการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด รายละเอียดการศึกษาในหัวข้อต่าง ๆ มีดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีรายละเอียดของอุปกรณ์มีดังนี้

1. วัสดุเม็ด วัสดุเม็ดที่นำมาใช้เป็นวัสดุเม็ดกลมพลาสติก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร



(3.1 ก)

(3.1 ข)

(3.1 ค)

ภาพที่ 3.1 แสดงวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (3.1 ก) D เท่ากับ 2 มิลลิเมตร

(3.1 ข) D เท่ากับ 3 มิลลิเมตร (3.1 ค) D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร

2. สอปเปอร์รูปทรงกรวยและรูปทรงสี่เหลี่ยมสอปเปอร์ที่นำมาใช้ทำจากแผ่นอะคริลิกใสมีความกว้าง 28.0 เซนติเมตร มีความยาว 37.8 เซนติเมตร และมีความหนา 0.6 เซนติเมตร มุมสอปเปอร์รูปทรงกระบอก 90 องศา และมุมสอปเปอร์รูปทรงกรวยหรือรูปสี่เหลี่ยมกำหนดให้มุมสอปเปอร์คือ $30 \leq \theta_A \leq 90$ องศา กับแนวระดับสามารถปรับขนาดความกว้างของช่องปล่อยได้ การวิจัยนี้กำหนดให้ขนาดช่องปล่อยคือ $0.5 \leq w \leq 4.0$ เซนติเมตร เมื่อวัสดุเม็ดไหลผ่านสอปเปอร์ไปยังพื้นเอียง - พื้นไหลด สามารถทำการปรับมุมไหลดได้ตามต้องการ ผู้วิจัยกำหนดมุมไหลดคือ $30 \leq \theta_B \leq 50$ องศา กับแนวระดับ



ภาพที่ 3.2 แสดงสอปเปอร์ ขนาด 28 x 37.8 x 0.6 เซนติเมตร

3. กล้องวิดีโอความเร็วสูง 120 เฟรมต่อวินาที
4. เครื่องชั่งมวล

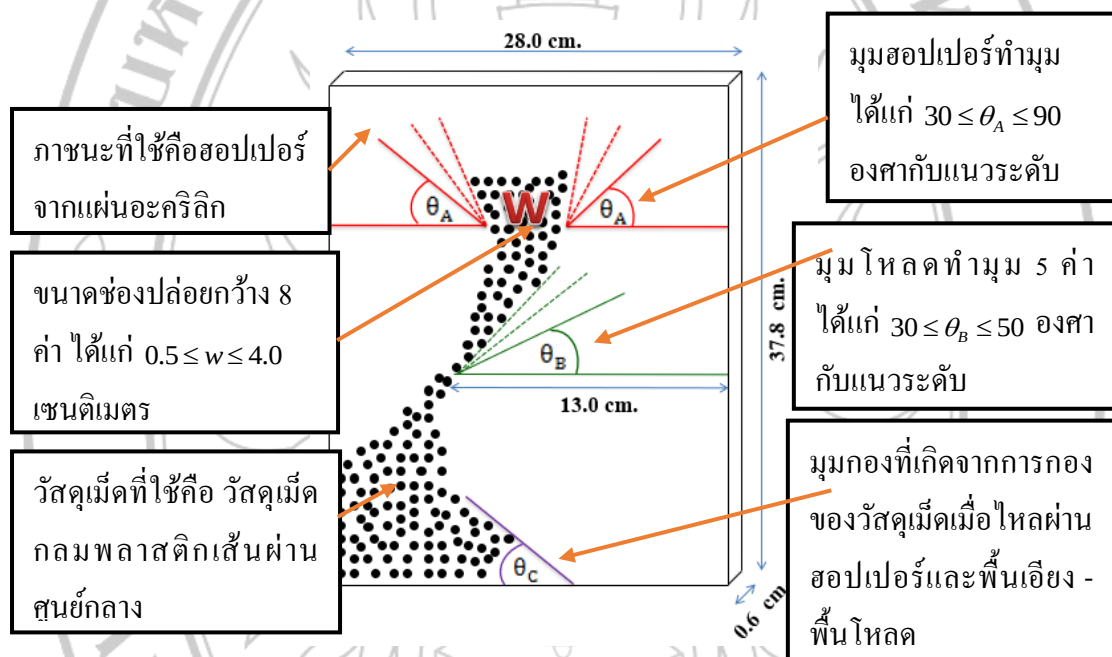
วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้วางแผนและดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนซึ่งผู้วิจัยได้ ดังต่อไปนี้

1. การไหลของวัสดุเม็ดผ่านสอปเปอร์รูปทรงกรวยและพื้นเอียง-พื้น โหลด มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.1 ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องกับการกองของวัสดุเม็ดเมื่อไหลผ่านสอปเปอร์อย่างอิสระในระบบเสมือน 2 มิติ

1.2 เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ออกแบบสอปเปอร์และสร้างสอปเปอร์จากแผ่นอะคริลิก ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การติดตั้งการทดลองการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะขนาด 28 x 37.8 x 0.6 cm

1.3 ทดสอบอุปกรณ์การทดลอง

1.4 ทำการทดลองวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดผ่านสอปเปอร์รูปทรงกรวยและรูปทรงสี่เหลี่ยม ดังนี้

1.4.1 วิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดผ่านสอปเปอร์รูปทรงกรวย ขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้

1.4.1.1 ปรับมุมสอปเปอร์ให้ทำมุม 30, 40, 50, 60 และ 90 องศา กับแนวระดับ ขนาดช่องปล่อยมีค่าเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร และมุมโหลดมีค่าเท่ากับ 30 องศา กับแนวระดับ

1.4.1.2 ปลอ่ยให้วัสดุเม็ดไหลตกลงมาอย่างอิสระ พร้อมบันทึกวิดีโอ
ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.3 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.2 แต่เปลี่ยนขนาดช่องปลอ่ยให้มีค่าเท่ากับ
1 มิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.4 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.2 แต่เปลี่ยนขนาดช่องปลอ่ยให้มีค่าเท่ากับ
1.5 มิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.5 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.2 แต่เปลี่ยนขนาดช่องปลอ่ยให้มีค่าเท่ากับ
2 มิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.6 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.2 แต่เปลี่ยนขนาดช่องปลอ่ยให้มีค่าเท่ากับ
2.5 มิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.7 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.2 แต่เปลี่ยนขนาดช่องปลอ่ยให้มีค่าเท่ากับ
2.5 มิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.8 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.2 แต่เปลี่ยนขนาดช่องปลอ่ยให้มีค่าเท่ากับ
3 มิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.9 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.2 แต่เปลี่ยนขนาดช่องปลอ่ยให้มีค่าเท่ากับ
3.5 มิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.10 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.2 แต่เปลี่ยนขนาดช่องปลอ่ยให้มีค่าเท่ากับ
4 มิลลิเมตร ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.4.1.11 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 – 4.1.10 แต่เปลี่ยนมุมไหลให้มีความเท่ากับ
35, 40, 45 และ 50 องศา กับแนวระดับ

1.5 นำภาพจากวิดีโอที่บันทึก วิเคราะห์หามุมกองด้วยโปรแกรม Tracker

1.6 บันทึกผลการทดลอง นำค่าต่าง ๆ เขียนกราฟด้วยโปรแกรม Origin

1.7 วิเคราะห์ผลการทดลองการไหลของวัสดุเม็ดในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำ
การศึกษาผล

1.7.1 ผลของขนาดช่องปลอ่ย

1.7.2 ผลของขนาดของวัสดุเม็ด

1.7.3 ผลของการกอง

1.7.4 อัตราการไหลเชิงมวล

1.8 สรุปผลการทดลอง

2. การสร้างรูปแบบการเรียนรู้ตามความต้องการของผู้เรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.1 จัดทำแบบสำรวจความต้องการของผู้เรียนต่อการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องของไหล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 ออกแบบและสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การทดลองจากชุดอุปกรณ์การทดลองเรื่อง ของไหลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.3 ทำแผนการจัดการเรียนรู้ 1 หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 7 แผน จำนวน 21 ชั่วโมง

2.4 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ให้สอดคล้องจุดประสงค์ ครอบคลุมเนื้อหาสาระ มีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาและกิจกรรมรวมถึงการประเมินผล (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539)

2.5.1 ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ได้วิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้และชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด โดยพิจารณาเกณฑ์ดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

โดยค่าความสอดคล้อง (IOC) ที่ได้ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0 หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้

หาได้จาก
$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.5.2 ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ได้วิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ตามเนื้อหาระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบ โดยพิจารณาเกณฑ์ดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบสามารถวัดจุดประสงค์หรือเนื้อหานั้นได้
 คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบสามารถวัดจุดประสงค์หรือเนื้อหานั้นได้
 คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่มีข้อสอบใดสามารถวัดจุดประสงค์หรือเนื้อหา
 นั้นได้

โดยค่าความสอดคล้อง (IOC) ที่ได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป หมายถึง
 คำถามข้อสอบสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ตรงตามเนื้อ สาระ ถือว่านำไปใช้ได้

หาได้จาก
$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ค่าความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.5.3 ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ได้วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

2.5.3.1 การหาค่าความยากง่าย

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่าย

R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

2.5.3.2 การหาค่าอำนาจจำแนก

$$r = \frac{R_V - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก
 R_V คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
 R_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

ทั้งนี้ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2539) ให้เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ดังนี้

1) ค่าความยากง่าย (p)

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p)

ค่าความยากง่าย (p)	ความหมาย
0.81 – 1.00	ง่ายมาก (ควรปรับปรุง)
0.60 – 0.80	ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40 – 0.59	พอเหมาะ (ดีมาก)
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก (ดี)
0 – 0.19	ยากมาก (ควรปรับปรุง)

ที่มา: ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539

2. ค่าอำนาจจำแนก (r)

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าอำนาจจำแนก (r)

ค่าความยากง่าย (p)	ความหมาย
0.60 – 1.00	ค่า r ดีมาก
0.4 – 0.59	ค่า r ดี
0.20 – 0.39	ค่า r พอใช้
0.10 – 0.19	ค่า r ต่ำ ควรปรับปรุง
-1.00 - 0.09	ค่า r ต่ำมาก ควรปรับปรุง

ที่มา: ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539

2.6 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนตามคำชี้แนะจากผู้เชี่ยวชาญ

2.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ของไหล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ไปใช้ในการเรียนการสอน

2.8 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ผลจากค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด และวัดความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด เชนิฏ กิจระการ (2564) ได้แสดงวิธีการคำนวณดัชนีประสิทธิผลจากสมการดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

การคำนวณค่าประสิทธิผลจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.00 ถึง 1.00

2.9 วิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

2.10 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

3. เขียนรายงานวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์และเผยแพร่บทความ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**ประชากร**

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 ห้อง ทั้งหมด 97 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนเถินวิทยา อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้อง ทั้งหมด 20 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โรงเรียนเถินวิทยา อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์การไหลของวัสดุและสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4.1 การไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์

การวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดใช้วัสดุเม็ดกลมพลาสติก 3 ขนาด คือ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร นำไปจัดเรียงแบบสุ่มในฮอปเปอร์ ฮอปเปอร์ทำมุม คือ $30 \leq \theta_A \leq 90$ องศา กับแนวระดับ ขนาดของช่องปล่อย ฮอปเปอร์ 8 ค่า คือ $0.5 \leq w \leq 4.0$ เซนติเมตร ปล่อยวัสดุเม็ดให้ตกอิสระในแนวตั้ง ผ่านมุมฮอปเปอร์ ความกว้างช่องปล่อยและมุมไหลซึ่งทำมุม 5 ค่า คือ $30 \leq \theta_B \leq 50$ องศา กับแนวระดับ บันทึกวิดีโอด้วยกล้อง นำวิดีโอวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดด้วยโปรแกรม Tracker และเขียนกราฟด้วยโปรแกรม origin ผลการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการไหล 4 หัวข้อ

4.1.1 ผลของขนาดช่องปล่อย

4.1.2 ผลของขนาดของวัสดุเม็ด

4.1.3 ผลของการกอง

4.1.4 อัตราการไหลเชิงมวล

4.2 รูปแบบการเรียนรู้ตามความต้องการของผู้เรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างนักเรียนโรงเรียนเถินวิทยา อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง ห้องเรียนแผนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์แบบเจาะจง จำนวน 20 คน พิจารณา ผลการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผล

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์

4.2.2 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์

4.2.3 รูปแบบการเรียนรู้

4.2.4 การวางแผนและออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

4.2.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้

4.2.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ

4.2.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ของไหล

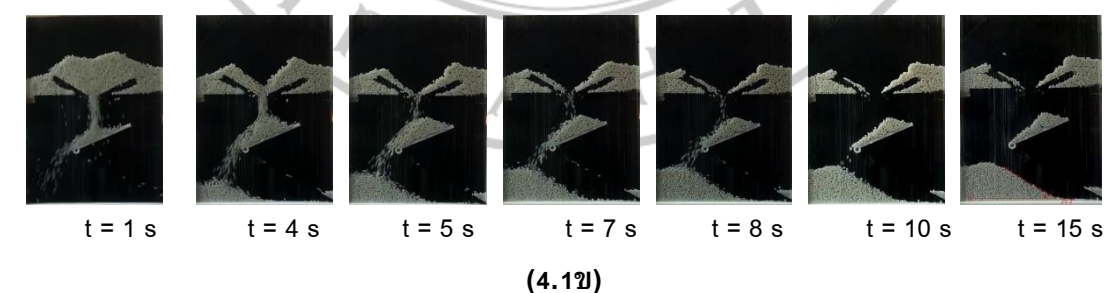
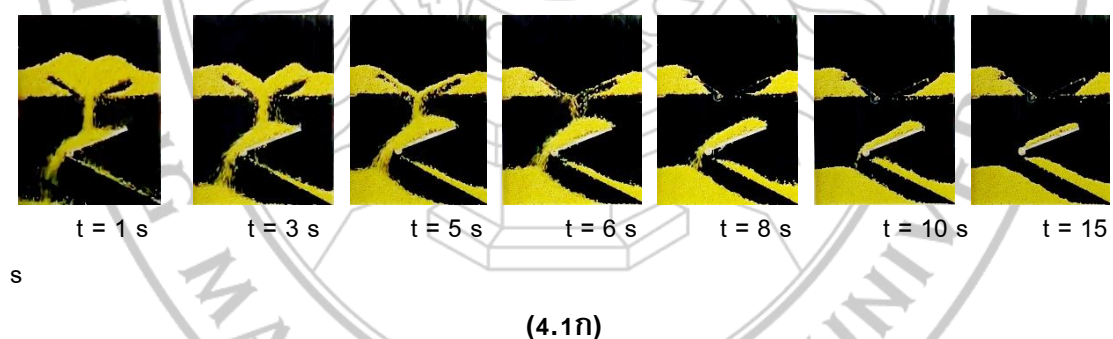
4.2.8 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

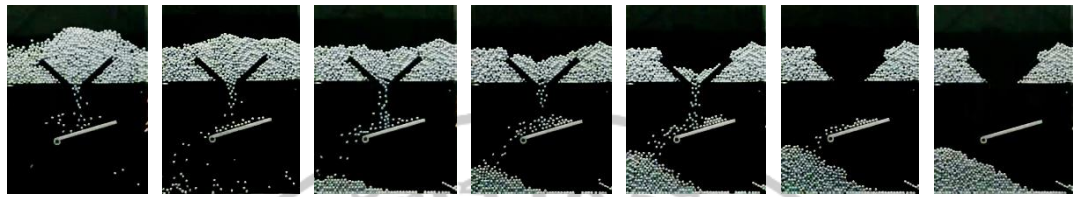
4.2.9 ผลการค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

4.2.10 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

การไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์ เมื่อปล่อยวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร ไหลผ่านฮอปเปอร์ บันทึกด้วยกล้องวิดีโอ นำผลที่ได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Tracker ด้วยคอมพิวเตอร์ วัสดุเม็ดมีการไหลดังภาพที่ 4.1





t = 1 s

t = 4 s

t = 5 s

t = 7 s

t = 8 s

t = 10 s

t = 15 s

(4.1ค)

ภาพที่ 4.1 การไหลของวัสดุในภาชนะฮอปเปอร์ ในเวลา 15 วินาที

(4.1ก) $D = 2 \text{ mm}$, $\theta_A = 30$, $\theta_B = 45$, $w = 2 \text{ cm}$

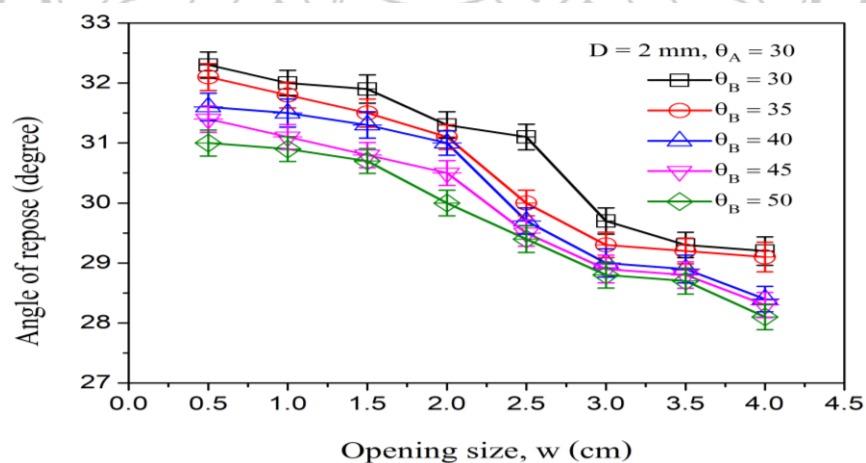
(4.1ข) $D = 3 \text{ mm}$, $\theta_A = 30$, $\theta_B = 45$, $w = 2 \text{ cm}$

(4.1ค) $D = 3 \text{ mm}$, $\theta_A = 40$, $\theta_B = 30$, $w = 2 \text{ cm}$

เมื่อทำการบันทึกวิดีโอการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดไหลผ่านฮอปเปอร์และทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Tracker ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

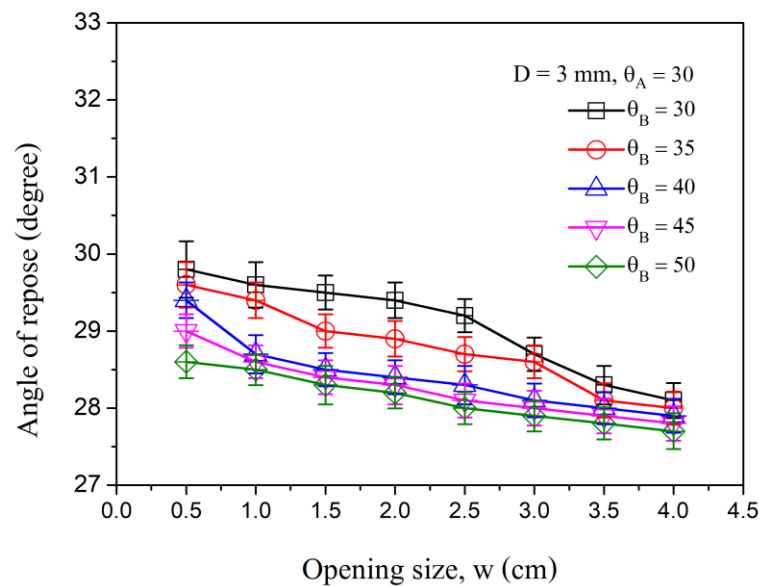
1. ผลของขนาดช่องปล่อย

เมื่อทำการปล่อยวัสดุเม็ด 3 ขนาด คือ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร ให้ตกผ่านฮอปเปอร์ ผ่านความกว้างช่องปล่อย และผ่านมุมไหล ผลการศึกษางานวิจัยนี้แสดงผลได้ดังภาพที่ 4.2-4.4



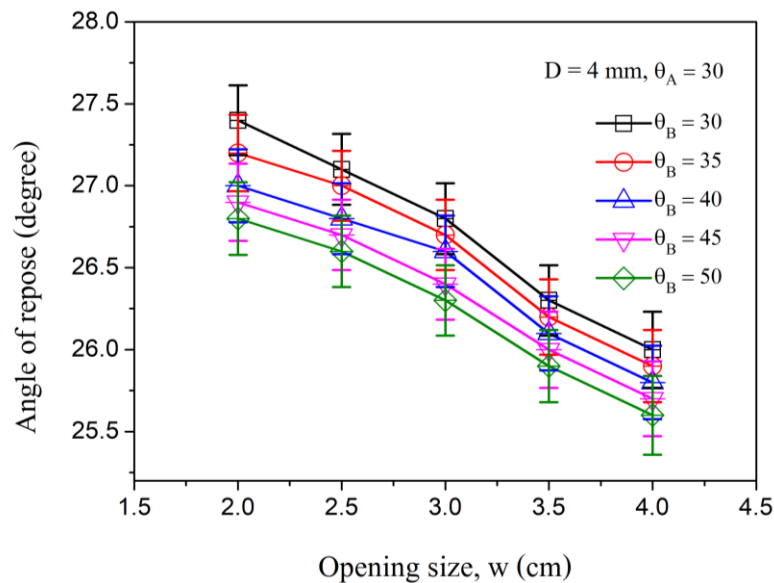
ภาพที่ 4.2 มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร, $\theta_A = 30$, $0.5 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$

จากภาพที่ 4.2 แสดงมุมกองของวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 2 มิลลิเมตร เมื่อไหลผ่านฮอปเปอร์รูปทรงกรวยทำมุม (θ_A) 30 องศา กับแนวระดับ ผ่านขนาดช่องปล่อย (w) $0.5 \leq w \leq 4.0$ และพื้นเอียง - พื้นโหลด (θ_B) $30 \leq \theta_B \leq 50$ วัสดุเม็ดไหลลงสู่พื้นทำมุมกอง (θ_C) พบว่าเมื่อวัสดุเม็ดไหลผ่านขนาดช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตร มุมกองมีค่ามาก และเมื่อปรับขนาดช่องปล่อยให้มีขนาดมากขึ้นวัสดุเม็ดแสดงค่ามุมกองมีค่าน้อยลง อีกทั้งพบว่าเมื่อปรับมุมโหลดให้มีค่ามาก พบว่ามุมกองมีค่าน้อย



ภาพที่ 4.3 มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร, $\theta_A = 30$, $0.5 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$

จากภาพที่ 4.3 แสดงมุมกองของวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 มิลลิเมตร เมื่อไหลผ่านฮอปเปอร์ $\theta_A = 30$, $0.5 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$ พบว่าวัสดุเม็ดไหลผ่านความกว้างช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตร ทำให้วัสดุเม็ดกองที่พื้นทำให้มุมกองมีค่ามาก เมื่อปรับขนาดช่องปล่อยให้มีขนาดมากขึ้น ส่งผลให้มุมกองมีค่าน้อย และเมื่อปรับมุมโหลด $30 \leq \theta_B \leq 50$ พบว่ามุมโหลดมีค่าน้อยเกิดมุมกองมีค่ามาก และมุมโหลดมีค่ามากเกิดมุมกองมีค่าน้อย ทั้งนี้พบว่าค่ามุมกองจากการไหลของวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 มิลลิเมตร มีค่าน้อยกว่าวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 มิลลิเมตร



ภาพที่ 4.4 มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร, $\theta_A = 30$, $2 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$

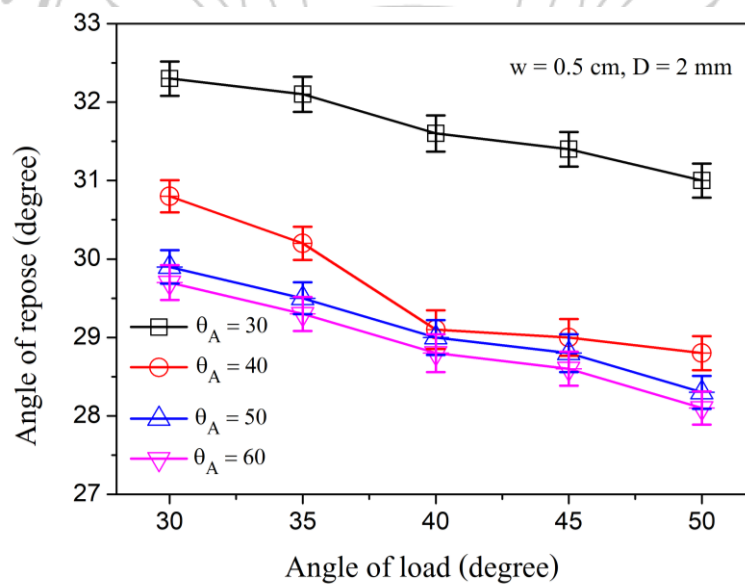
จากภาพที่ 4.4 แสดงมุมกองของวัสดุเม็ด D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร ไหลผ่านสอปเปอร์รูปทรงกรวยทำมุม 30 องศา กับแนวระดับ ไหลผ่าน $0.5 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$ พบว่าวัสดุเม็ดไม่สามารถไหลผ่านขนาดช่องปล่อย 0.5 – 1.5 เซนติเมตร เนื่องจากเกิดการติดขัด แต่เมื่อขนาดช่องปล่อยมีค่าเท่ากับ 2 เซนติเมตร วัสดุเม็ดสามารถไหลผ่านเกิดมุมกอง ดังแสดงในภาพที่ 4.4 พบว่าวัสดุเม็ดไหลทำมุมกองมีค่ามาก เมื่อปรับขนาดช่องปล่อยให้กว้างขึ้นและเมื่อปรับมุมไหลทำให้มีค่ามากขึ้นจะทำให้มุมกองมีค่าน้อย ทั้งนี้พบว่ามุมกองจากการไหลของวัสดุเม็ด D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร ไหลผ่าน θ_A เท่ากับ 30 องศา พบว่ามุมกองมีค่าน้อยกว่ามุมกองจากการไหลของวัสดุเม็ด D เท่ากับ 2 และ 3 มิลลิเมตร ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาต่อโดยเปลี่ยนขนาดมุมสอปเปอร์เป็น 40, 50 และ 60 องศา กับแนวระดับ พบว่าเมื่อวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร ไหลผ่านสอปเปอร์ $30 \leq \theta_A \leq 60$, $0.5 \leq w \leq 4.0$ และ $30 \leq \theta_B \leq 50$ วัสดุเม็ดมีค่ามุมกองมากเมื่อขนาดช่องปล่อยและมุมไหลมีค่าน้อย และมุมกองมีค่าน้อยเมื่อขนาดช่องปล่อยและมุมไหลมีค่ามาก ทั้งนี้พบว่าเมื่อมุมสอปเปอร์ขนาดช่องปล่อยและมุมไหลเท่ากันวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 แสดงค่ามุมกองมากที่สุด ส่วนวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 แสดงค่ามุมกองน้อยที่สุด ดังแสดงในภาคผนวกภาพที่ ข-1(ก) - ข-3(2ค)

ผลของขนาดของวัสดุเม็ด

สืบเนื่องจากการวิเคราะห์ขนาดของช่องปล่อยที่ผ่านมาอธิบายความสัมพันธ์ของขนาดช่องปล่อยมีผลต่อมุมกอง พบว่าขนาดของวัสดุเม็ดมีผลทำให้เกิดการกองไม่เท่ากัน เมื่อ θ_A และ θ_B เท่ากับ 30 องศา w เท่ากับ 0.5 เซนติเมตร วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร มี θ_C ต่างกัน โดยวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 มิลลิเมตร มี θ_C มากที่สุด และวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร มี θ_C น้อยที่สุด ดังแสดงในภาคผนวกภาพที่ 4.2 - 4.4

ผลการกอง

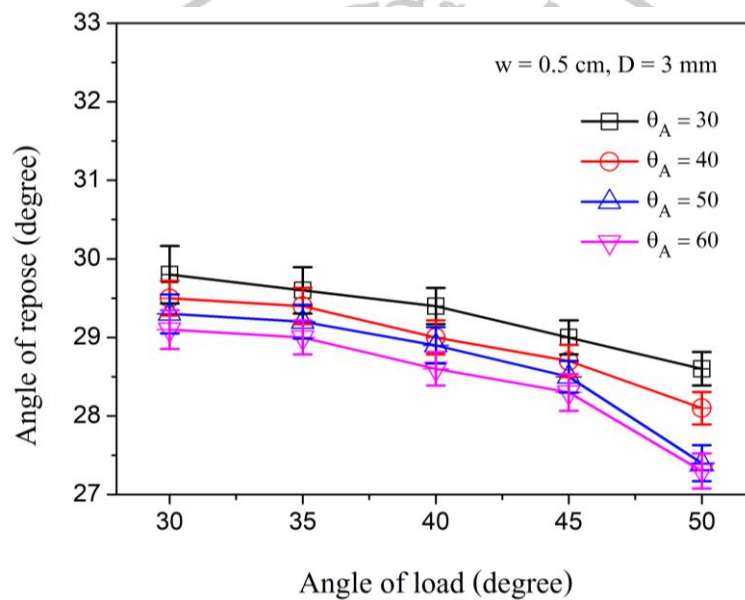
จากการวิเคราะห์ผลของขนาดช่องปล่อยและผลของขนาดของวัสดุเม็ดมีผลต่อมุมกอง ในการทดลองผู้วิจัยได้กำหนดให้พื้นเอียง – พื้นโหลดทำมุมโหลด $30 \leq \theta_B \leq 50$ ดังนั้นจึงได้วิเคราะห์ผลการกองเนื่องจากพื้นเอียง – พื้นโหลด แสดงผลได้ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 0.5 เซนติเมตร

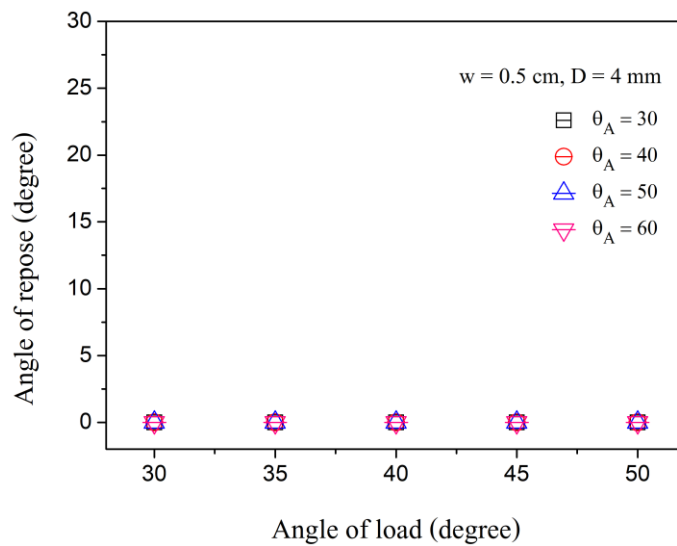
จากภาพที่ 4.5 แสดงค่ามุมกองของวัสดุเม็ดเมื่อวัสดุเม็ด D เท่ากับ 2 มิลลิเมตร ไหลผ่านขนาดช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อให้วัสดุเม็ดไหลผ่านฮอปเปอร์ทำมุมเท่ากับ 30 องศา มุมโหลดเท่ากับ 30 องศา วัสดุเม็ดไหลกองอย่างอิสระมีค่ามุมกองมากที่สุด และเมื่อเพิ่มมุมโหลดให้มากขึ้น พบว่ามุมกองมีค่าลดลง ทั้งนี้พบว่าเมื่อปรับมุมฮอปเปอร์เท่ากับ 40 องศา มุมโหลดเท่ากับ 30 องศา วัสดุเม็ดมีค่ามุมกองน้อยกว่าวัสดุเม็ดที่ไหลผ่านฮอปเปอร์ทำมุมเท่ากับ 30 องศา

และมุมโหลดเท่ากับ 30 องศา เมื่อปรับมุมสอปเปอร์เท่ากับ 50 องศา ยังพบว่า มุมกองมีค่าน้อยกว่าวัสดุเม็ดที่ไหลผ่านสอปเปอร์ทำมุมเท่ากับ 40 องศา กับแนวระดับ เมื่อเปลี่ยนวัสดุเม็ดให้มีขนาดเส้น D เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.6



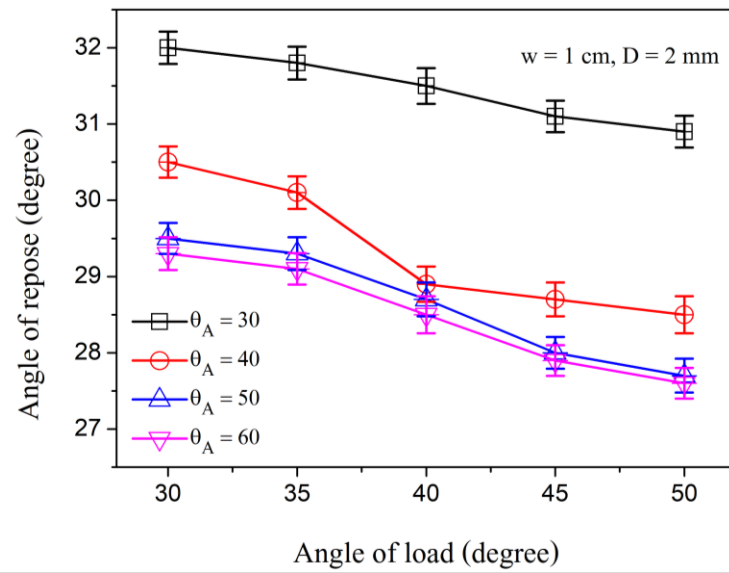
ภาพที่ 4.6 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 0.5 เซนติเมตร

จากภาพที่ 4.6 แสดงค่ามุมกองของวัสดุเม็ดเมื่อวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ไหลผ่านขนาดช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อให้มุมสอปเปอร์และมุมโหลดเท่ากับ 30 องศา วัสดุเม็ดเกิดการกองมีค่ามุมกองมากที่สุด และเมื่อเพิ่มมุมโหลดให้มากขึ้นพบว่า มุมกองมีค่าลดลง เมื่อปรับมุมสอปเปอร์เท่ากับ 40 องศา มุมโหลดเท่ากับ 30 องศา วัสดุเม็ดคงแสดงค่ามุมกองน้อยกว่า วัสดุเม็ดที่ไหลผ่านมุม สอปเปอร์และมุมโหลดเท่ากับ 30 องศา และเมื่อปรับมุมสอปเปอร์เท่ากับ 50 องศา มุมโหลดเท่ากับ 30 องศา พบว่ามุมกองมีค่าน้อยกว่าวัสดุเม็ดที่ไหลผ่านสอปเปอร์ทำมุมเท่ากับ 40 องศา กับแนวระดับ ทั้งนี้พบว่าวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 เซนติเมตร มีค่ามุมกองมากกว่าวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 เซนติเมตร เมื่อเปลี่ยนวัสดุเม็ดให้มีขนาด D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.7

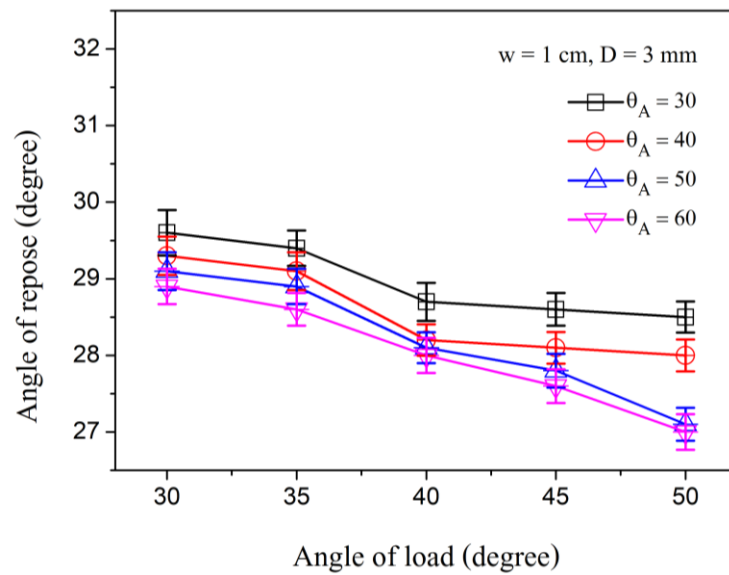


ภาพที่ 4.7 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 0.5 เซนติเมตร

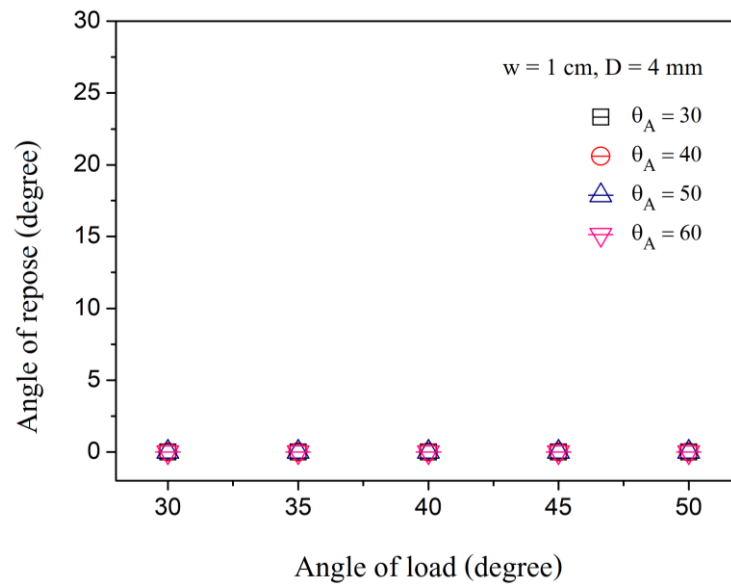
จากภาพที่ 4.7 แสดงค่ามุมกองของวัสดุเม็ดเมื่อวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร ไหลผ่านขนาดช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตร พบว่าเมื่อให้มุมฮอปเปอร์และมุมโหลดมีค่าต่าง ๆ วัสดุเม็ดไม่สามารถไหลผ่านขนาดช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตรได้ ดังนั้นขนาดช่องปล่อยส่งผลต่อการไหลของวัสดุเม็ด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เปลี่ยนขนาดช่องให้มีขนาดมากขึ้นเท่ากับ 1 เซนติเมตร พบว่าวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 และ 3 เกิดการไหลและทำมุมกองในลักษณะคล้ายกับวัสดุเม็ดไหลผ่านขนาดช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตร คือวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 เซนติเมตร ไหลผ่านมุมฮอปเปอร์และมุมโหลด 30 องศา มีค่ามุมกองมากที่สุด เมื่อปรับมุมโหลดให้มากขึ้นมุมกองมีค่าน้อยลง เปลี่ยนวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 เซนติเมตร ไหลมุม ฮอปเปอร์เท่ากับ 40 องศา มุมโหลดเท่ากับ 30 องศา พบว่าวัสดุเม็ดคงแสดงค่ามุมกองมีค่ามากและแสดงค่าลดลงเมื่อมุมโหลดมีค่ามากขึ้น ทั้งนี้พบว่ามุมโหลด 30 องศา วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 เซนติเมตร มีค่ามุมกองมากกว่าวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 4.8 - 4.10 เมื่อเปลี่ยนวัสดุเม็ดให้มีขนาด D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร วัสดุเม็ดไม่เกิดมุมกองเช่นเดียวกับขนาดช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 1 เซนติเมตร

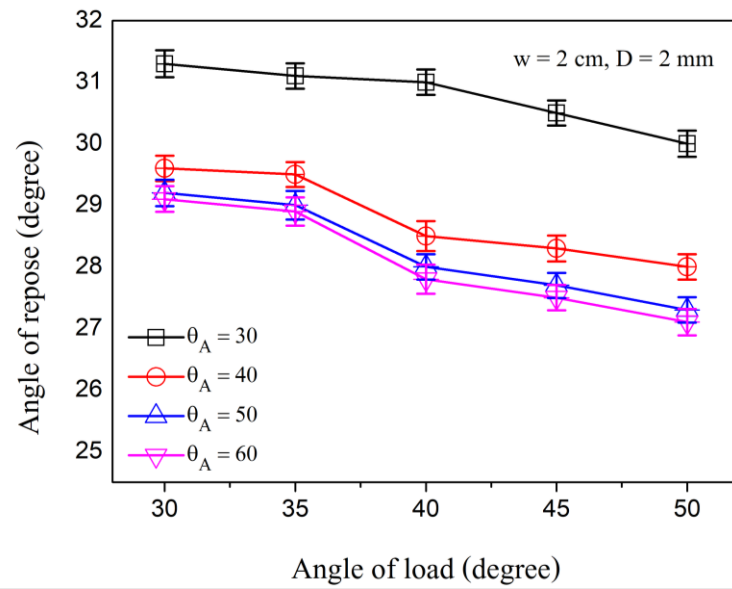


ภาพที่ 4.9 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 1 เซนติเมตร

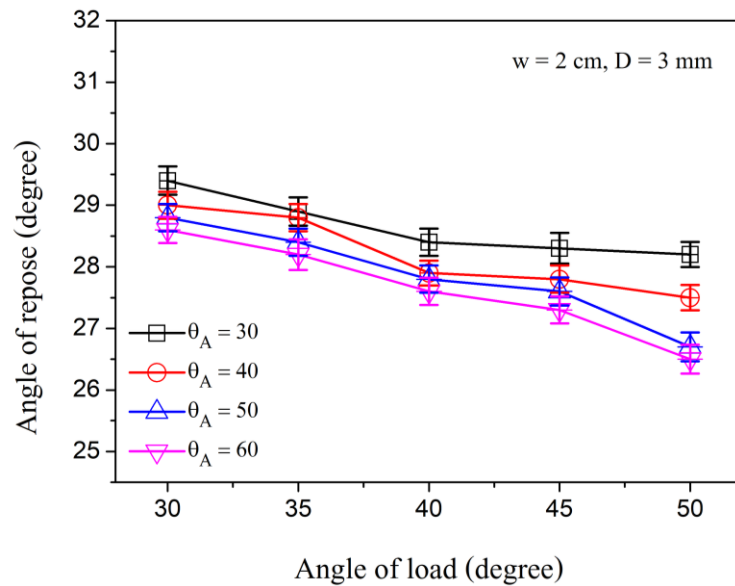


ภาพที่ 4.10 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 1 เซนติเมตร

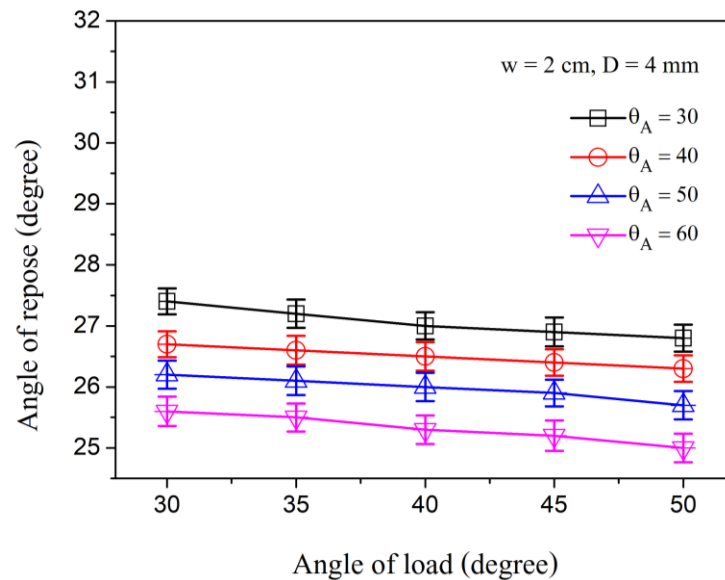
เมื่อเปลี่ยนขนาดช่องปล่อยเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร มุมฮอปเปอร์เท่ากับ 30 และ 40 องศา วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 และ 3 มิลลิเมตร คงแสดงค่ามุมกองลดลงเมื่อมุมโหลดมีค่ามากขึ้น และวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 เซนติเมตรเกิดมุมกองมากกว่าวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 เซนติเมตร และวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 4 เซนติเมตร ไม่เกิดมุมกองเช่นเดียวกับขนาดช่องปล่อย 1 เซนติเมตร ดังแสดงในภาคผนวกภาพที่ ข-4(ก) - ข-4(ค) แต่เมื่อปรับขนาดช่องปล่อยวัสดุเม็ดทั้ง 3 ขนาดให้มีขนาดช่องปล่อยเท่ากับ 2 เซนติเมตร วัสดุเม็ดทั้ง 3 ขนาดสามารถไหลผ่านช่องปล่อยได้ ดังแสดงภาพที่ 4.11 – 4.13



ภาพที่ 4.11 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 2 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.12 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 2 เซนติเมตร

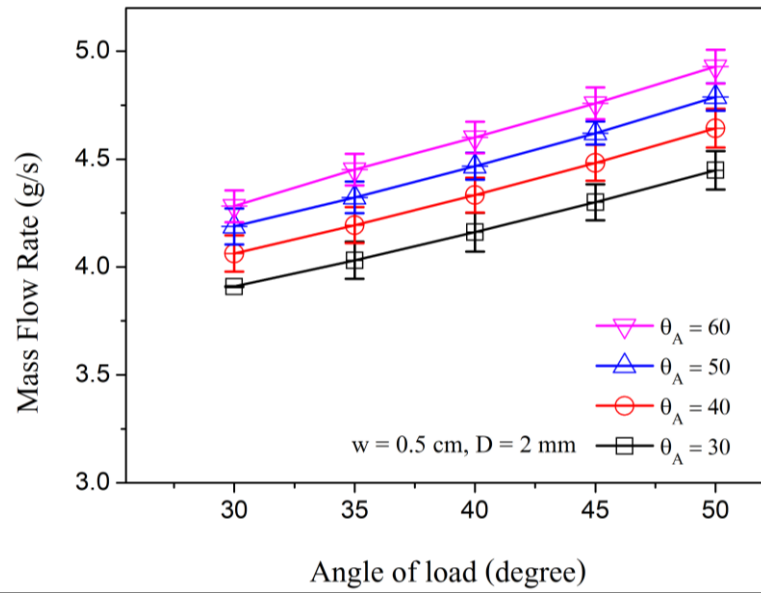


ภาพที่ 4.13 มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 2 เซนติเมตร

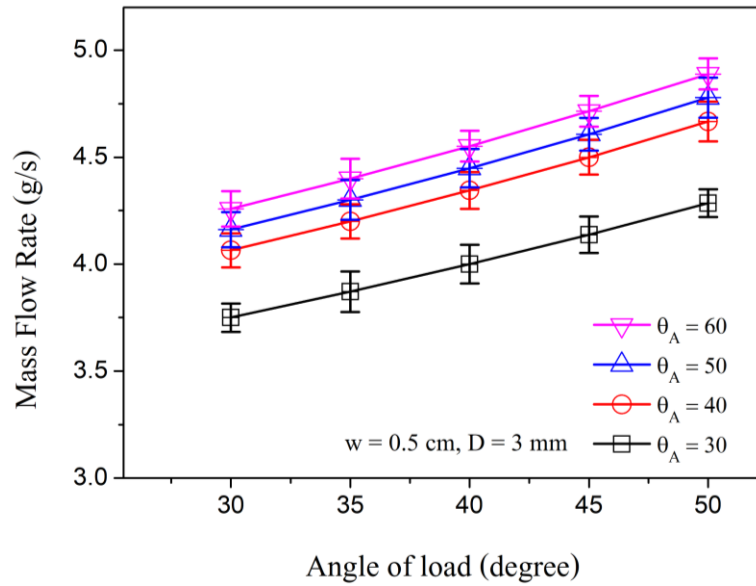
จากภาพที่ 4.11 – 4.13 วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 และ 3 เซนติเมตร คงแสดงค่ามุมกองมีค่ามากเมื่อมุมโหลดมีค่าน้อย และวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร มีค่ามุมกองมากกว่าวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ทั้งนี้ยังพบว่าวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 4 เซนติเมตร สามารถไหลผ่านขนาดช่องปล่อย 2 เซนติเมตรได้ มุมกองที่ได้จากการปล่อยแสดงค่าลดลงเมื่อมุมโหลดมีค่ามากขึ้น และวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 4 เซนติเมตรเกิดมุมกองน้อยกว่าวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 และ 4 เซนติเมตร ทั้งนี้พบว่าเมื่อปรับขนาดช่องปล่อยให้มีค่าเท่ากับ 2.5, 3, 3.5 และ 4 เซนติเมตร วัสดุเม็ดทั้ง 3 ขนาดไหลผ่านอย่างอิสระได้ โดยแสดงค่ามุมกองมีค่ามากเมื่อมุมโหลดมีค่าน้อย มุมกองมีค่าน้อยเมื่อมุมโหลดมีค่ามาก และพบว่าขนาดช่องปล่อย 2.5 เซนติเมตร วัสดุเม็ดทำมุมกองมากกว่าขนาดช่องปล่อย 4 เซนติเมตร ทั้งนี้ยังพบอีกว่าแต่ละขนาดช่องปล่อย วัสดุขนาด D เท่ากับ 2 เซนติเมตร เกิดมุมกองมีค่ามากที่สุด และ 4 เซนติเมตร เกิดมุมกองมีค่าน้อยที่สุด ดังแสดงในภาคผนวกภาพที่ ข-4(ก) - ข-8(ค)

อัตราไหลเชิงมวล

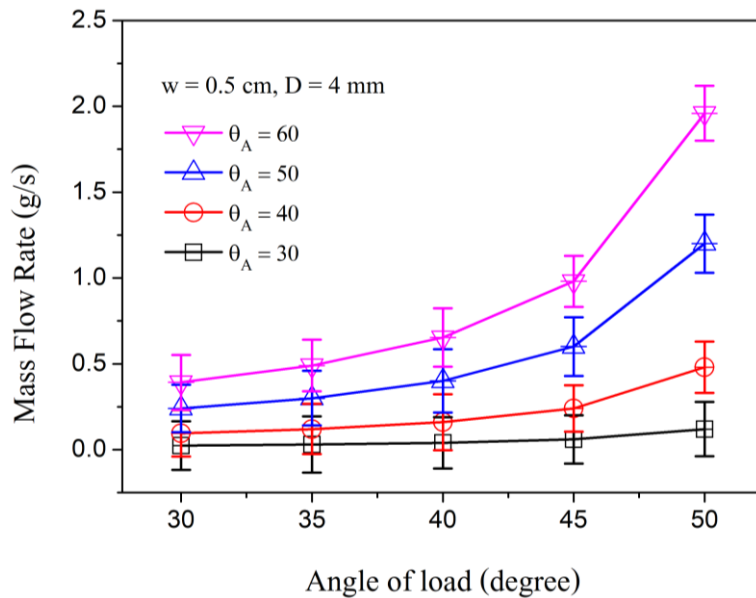
ผลการวิเคราะห์อัตราการไหลแสดงดังภาพที่ 4.14



(4.14n)



(4.14u)

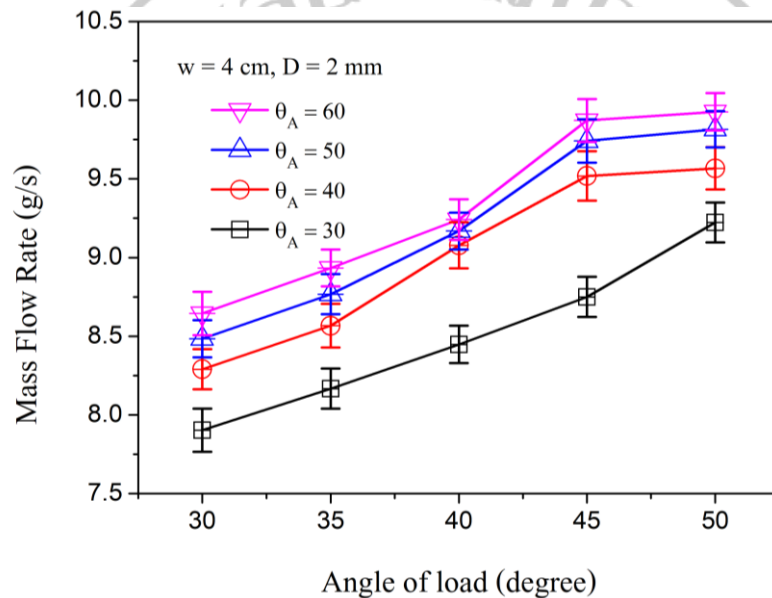


(4.14ก)

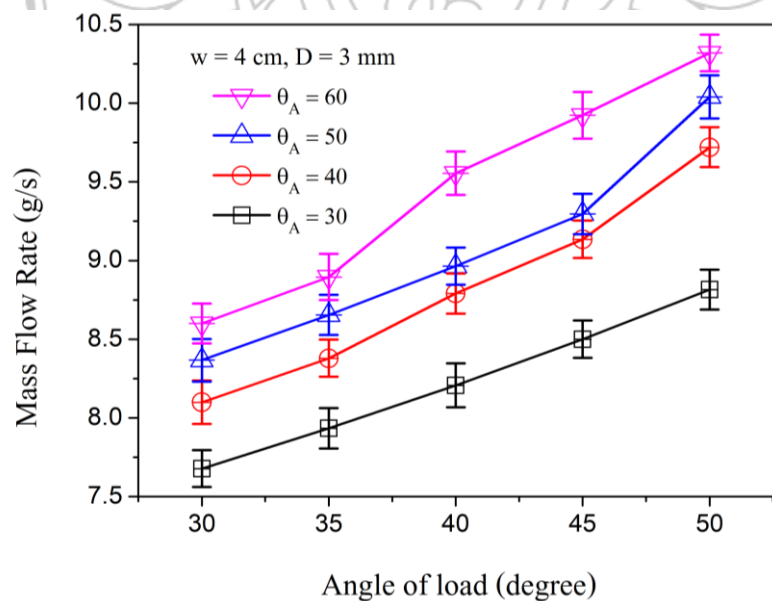
ภาพที่ 4.14 อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อความกว้างช่องปล่อยเท่ากับ 0.5, $30 \leq \theta_A \leq 60$, $30 \leq \theta_B \leq 50$ (4.14ก) วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 (4.14ข) วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 3 (4.14ค) วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 4

จากภาพที่ 4.14 เมื่อวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 มิลลิเมตร ไหลผ่านความกว้างช่องปล่อย 0.5 เซนติเมตร พบว่าอัตราการไหลเชิงมวลเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อมุมสอปเปอร์และมุมไหลมีค่าต่าง ๆ คือ เมื่อมุมไหลมีค่ามากอัตราการไหลเชิงมวลมีค่ามาก ถ้ามุมไหลมีค่าน้อยอัตราการไหลเชิงมวลน้อย ทั้งนี้พบว่าเมื่อปรับมุมสอปเปอร์ให้มีค่ามากขึ้น อัตราการไหลจะมีค่ามากขึ้นเช่นกัน ดังแสดงภาพที่ (4.14ก) เมื่อเปลี่ยนวัสดุเม็ดให้มีขนาด D เท่ากับ 3 มิลลิเมตร พบว่าอัตราการไหลเชิงมวลมีค่ามากเมื่อมุมสอปเปอร์และมุมไหลมีค่ามากขึ้นเช่นกัน แต่จากการวิเคราะห์อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 และ 3 มิลลิเมตร พบว่าเมื่อมุมสอปเปอร์และมุมไหลเท่ากัน วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 มิลลิเมตร มีค่าอัตราไหลเชิงมวลมากกว่า D เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ดังแสดงภาพที่ (4.14ข) เมื่อวิเคราะห์อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร คงแสดงค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมุมสอปเปอร์และมุมไหลมีค่ามากขึ้นเช่นกัน แต่อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 4 มิลลิเมตร มีอัตราการไหลน้อยกว่า D เท่ากับ 2 และ 3 มิลลิเมตร ดังแสดงภาพที่ (4.14ค) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์อัตราการไหลเชิงมวลต่อโดยเปลี่ยนขนาดช่องปล่อยให้มีค่ามากขึ้นเป็น $1.0 \leq w \leq 4.0$ พบว่าอัตราการไหลเชิงมวลคงแสดงค่ามากเมื่อมุมสอปเปอร์และมุมไหลมีค่ามาก และพบว่าเมื่อขนาดช่องปล่อยมีค่ามากขึ้นอัตราไหลเชิงมวลจะมีค่ามากขึ้น ดังแสดง

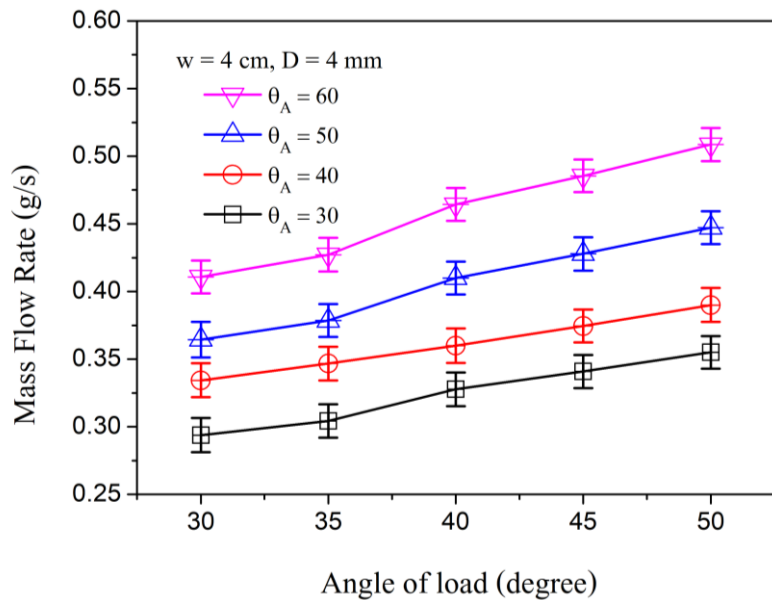
ในภาพผนวกภาพที่ ข-9(ก) - ข-14(ค) โดยขนาดช่องปล่อย 4 เซนติเมตร วัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร มีค่าอัตราการไหลเชิงมวลมากกว่าช่องปล่อย $0.5 \leq w \leq 4.0$ และวัสดุเม็ดขนาด D เท่ากับ 2 มิลลิเมตร ทำมุมขอบเปอร์ด 60 องศา และมุมโหลด 50 องศา มีอัตราการไหลมากที่สุด ดังแสดงภาพที่ 4.15



(4.15ก)



(4.15ข)



(4.15ก)

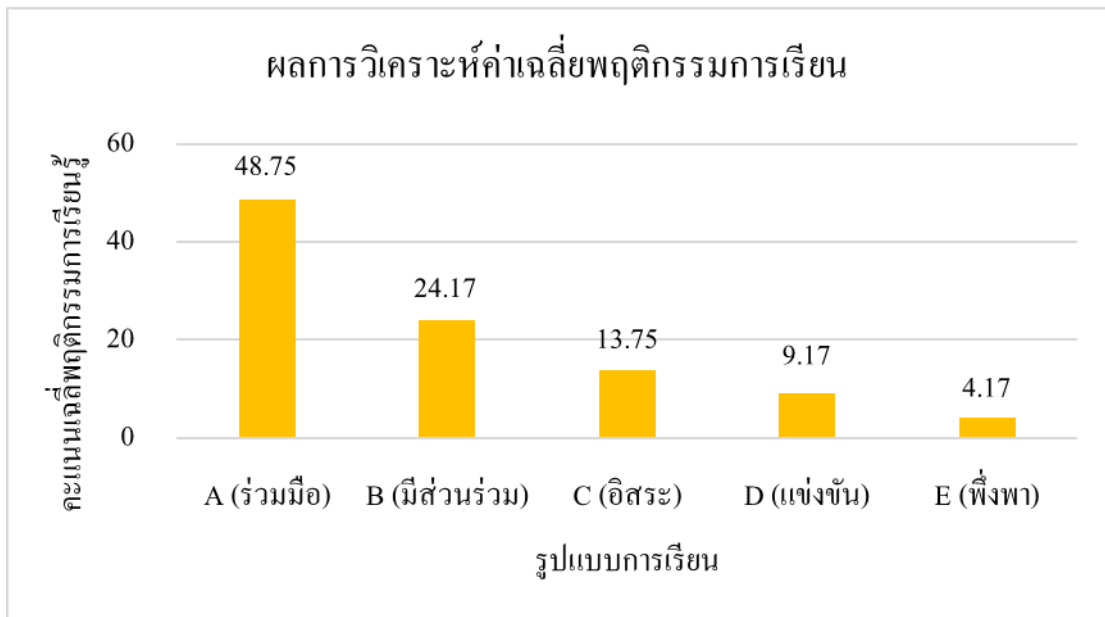
ภาพที่ 4.15 อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อความกว้างช่องปล่อยเท่ากับ 4, $30 \leq \theta_A \leq 60$, $30 \leq \theta_B \leq 50$ (4.15ก) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 (4.15ข) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 (4.15ค) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4

รูปแบบการเรียนรู้ตามความต้องการของผู้เรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ของไหลในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิจัยนี้เป็นการสร้างรูปแบบการเรียนรู้โดยสำรวจความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความต้องการเรียนของนักเรียน ที่มีต่อรูปแบบการเรียนรายวิชา ฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความต้องการเรียนของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรายวิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด โดยทำการตอบแบบสอบถามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้อย่างรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แสดงดังภาคผนวก จ-1 แบบสอบถามมีทั้งหมด 12 ข้อ แต่ละข้อมีคำตอบให้เลือก 4 คำตอบ บ่งชี้ถึงข้อเท็จจริง ความคิดเห็น และลักษณะการปฏิบัติที่นักเรียนมีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ คำตอบแต่ละข้อไม่มีการตัดสินถูกหรือผิด เพราะแต่ละคนมีการปฏิบัติแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 กราฟรูปแบบพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเถินวิทยา อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

จากภาพที่ 4.16 รูปแบบพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้อ้างอิงถึงรูปแบบการเรียนรู้ตามของไรซ์แมนและกราชา (Reichman and Grasha) ให้ความหมายรูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง วิธีการหาความรู้และลักษณะการเรียนรู้ที่ผู้เรียนแต่ละคนประพฤติปฏิบัติประกอบด้วยพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ 6 แบบ ได้แก่

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ
2. รูปแบบการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม
3. รูปแบบการเรียนรู้แบบอสังระ
4. รูปแบบการเรียนรู้แบบแข่งขัน
5. รูปแบบการเรียนรู้แบบฟังพา
6. รูปแบบการเรียนรู้แบบหลีกเลี่ยง

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและเลือกรูปแบบการเรียนรู้มา 5 แบบ โดยไม่ได้เลือกรูปแบบการเรียนรู้แบบหลีกเลี่ยงเนื่องจากการเรียนรู้แบบหลีกเลี่ยงเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนไม่สนใจที่จะเรียนรู้ ไม่สนใจเนื้อหาวิชา ไม่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม สามารถสรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบการเรียนรู้ A (แบบร่วมมือ) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากการศึกษาค้นหาความรู้และประสบการณ์ เกิดปฏิสัมพันธ์ที่ดีซึ่งกันและกัน มีการอภิปรายและทำกิจกรรมร่วมกันทั้งในและนอกห้องเรียน จำนวนนักเรียนร้อยละ 48.75

2. รูปแบบการเรียนรู้ B (แบบมีส่วนร่วม) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ในชั้นเรียน และต้องการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนให้มากที่สุด ค่าเฉลี่ย 24.17

3. รูปแบบการเรียนรู้ C (แบบอิสระ) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนชอบที่จะค้นหาความรู้และประสบการณ์ด้วยตนเอง โดยเลือกศึกษาเนื้อหาวิชาเฉพาะที่ตนเองคิดว่าสำคัญ และมีความเชื่อมั่นในการเรียนรู้ด้วยตนเอง แต่ได้รับฟังความคิดเห็นของคนอื่น จำนวนนักเรียนร้อยละ 13.75

4. รูปแบบการเรียนรู้ D (แบบแข่งขัน) หมายถึง รูปแบบที่ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาวิชา มีการค้นคว้าหาความรู้และใช้ประสบการณ์ โดยที่ผู้เรียนพยายามทำสิ่งต่าง ๆ ให้ดีกว่าคนอื่นเพื่อให้ได้รับคำชมหรือคะแนนจากครูผู้สอน จำนวนนักเรียนร้อยละ 9.17

5. รูปแบบการเรียนรู้ E (แบบพึ่งพา) หมายถึง รูปแบบที่ผู้เรียนค้นหาความรู้และประสบการณ์ด้วยความอยากรู้อยากเห็นเฉพาะสิ่งที่กำหนดให้เรียนเท่านั้น อาจารย์และเพื่อนเป็นแหล่งความรู้ ผู้เรียนประเภทนี้ต้องการรับคำสั่งหรือการบอกจากผู้อื่นว่าต้องทำอะไร จำนวนนักเรียนร้อยละ 4.17

6. รูปแบบการเรียนรู้ F (แบบหลีกเลี่ยง) หมายถึง รูปแบบที่ผู้เรียนไม่สนใจเนื้อหาวิชาตามแบบแผนในห้องเรียน ผู้เรียนไม่สนใจสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนร่วมกับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่น ผู้วิจัยไม่ได้ทำการสำรวจในหัวข้อนี้

2. ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ที่มีต่อรูปแบบการเรียนรายวิชาฟิสิกส์

จากการสอบถามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรายวิชา ฟิสิกส์

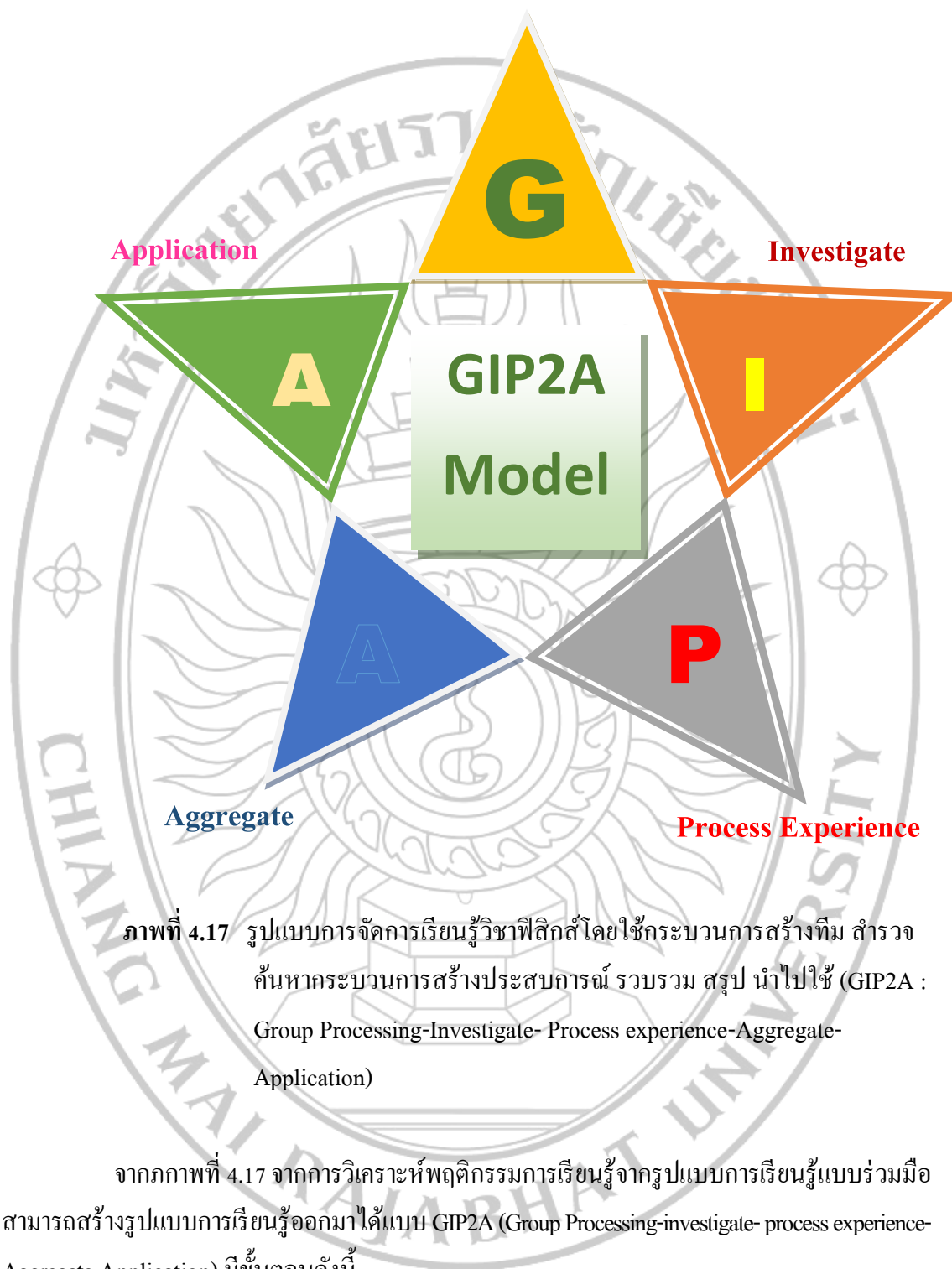
ข้อที่	รายการ	ระดับความต้องการ			ลำดับ
		$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล	
1	รูปแบบการเรียน A (รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ)	3.25	1.29	มากที่สุด	1
2	รูปแบบการเรียน B (รูปแบบการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม)	3.08	0.67	มาก	2
3	รูปแบบการเรียน C (รูปแบบการเรียนรู้แบบอิสระ)	1.83	1.19	ปานกลาง	3
4	รูปแบบการเรียน D (รูปแบบการเรียนรู้แบบแข่งขัน)	1.17	0.94	น้อย	4
5	รูปแบบการเรียน E (รูปแบบการเรียนรู้แบบพึ่งพา)	0.67	0.89	น้อยที่สุด	5

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล จะพบว่า ลำดับที่ 1 คือ รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 3.25 มากที่สุด ลำดับที่ 2 คือ รูปแบบการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 3.08 มาก ลำดับที่ 3 คือ รูปแบบการเรียนรู้แบบอิสระ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 1.83 ปานกลาง ลำดับที่ 4 คือ รูปแบบการเรียนรู้แบบแข่งขัน มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 1.17 น้อย ลำดับที่ 5 คือ รูปแบบการเรียนรู้แบบพึ่งพา มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 0.67 น้อยที่สุด

3. รูปแบบการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมนักเรียนในการจัดการเรียนรู้วิชา ฟิสิกส์ โดยทำการวิเคราะห์พฤติกรรมจากแบบสอบถาม จึงได้รูปแบบการเรียนรู้แบบ GIP2A (Group Processing- Investigate- Process experience-Aggregate- Application) โดยใช้กระบวนการสร้างทีม สำรวจ ค้นหา กระบวนการสร้างประสบการณ์ รวบรวม สรุป นำไปใช้

Group Processing



1. การสร้างทีม (Group Processing)
2. การสำรวจ ค้นหา (Investigate)
3. กระบวนการสร้างประสบการณ์ (Process Experience)
4. การรวบรวม สรุป (Aggregate)
5. การนำไปใช้ (Application)

กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ / กิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผลตามสภาพจริง
จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้และได้รูปแบบการเรียนรู้แบบ GIP2A ผู้วิจัยได้นำ
ขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอนมาออกแบบกระบวนการเรียนรู้ กิจกรรมและประเมินผล แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ/กิจกรรมการเรียนรู้/การประเมินผลตามสภาพจริง

ขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การประเมินผลตามสภาพจริง
1. สร้างทีม (Group Processing)	การสร้างทีม หรือกลุ่มการเรียนรู้ควรมี การดำเนินการดังนี้ 1. การเตรียมการและการวางแผนการ สอนของครู 1.1 การวางแผนการสอนของครู ด้าน เนื้อหา ทักษะ กระบวนการและการจัด กลุ่มผู้เรียน	1. แบบประเมินแบบทดสอบ ก่อนเรียน - หลังเรียน 2. แบบประเมินชุดกิจกรรม การเรียนรู้ 3. แบบประเมินทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์
	1.2 ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้เป็นทีม หลักการ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การอภิปราย และกระบวนการกลุ่ม 1.3 ครูจัดทีมนักเรียนเป็นทีมทีมละ 5 คน 1.4 กำหนดเป้าหมายและวางแผน เรียนรู้ร่วมกัน แบ่งหน้าที่ความ รับผิดชอบในทีม 2. ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	4. แบบประเมินการสังเกต พฤติกรรมคุณลักษณะ อันพึงประสงค์ 1. แบบประเมินแบบทดสอบ ก่อนเรียน - หลังเรียน 2. แบบประเมินชุดกิจกรรม การเรียนรู้ 3. แบบประเมินทักษะ กระบวนการทาง

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การประเมินผลตามสภาพจริง
	2.1 ศึกษาเนื้อหาเรียนรู้เป็นรายบุคคลในเรื่องที่จะเรียนรู้ร่วมกันในทีมเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง 2.2 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ความรู้ที่ตนเองศึกษาและตัดสินใจการทำงานร่วมกัน	วิทยาศาสตร์ 4. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์
2. สำรวจ ค้นหา (Investigate)	การสำรวจ ค้นหา สามารถทำได้ ดังนี้ 1. ผู้เรียนทำความเข้าใจประเด็นหรือเนื้อหาที่เรียนให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ 2. ผู้เรียนวางแผนกำหนดแนวทางสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน เลือกแนวทางที่เป็นไปได้ 3. ลงมือเก็บรวบรวมข้อมูล 4. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอในการศึกษาเรื่องนั้น ๆ เป็นการลงมือทำกิจกรรมตามสภาพจริง	
3. กระบวนการสร้างประสบการณ์ (Process Experience)	1. นำข้อมูลที่ได้อาพูดหรือเขียน เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูลนำข้อมูลมาสร้างตารางหรือกราฟ หรือรูปแบบอื่น ๆ 2. อภิปรายซักถาม เพื่อสร้างความเข้าใจที่แจ่มแจ้งชัดเจน ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน	

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การประเมินผลตามสภาพจริง
4. รวบรวม สรุป (Aggregate)	1. สรุปความรู้ เป็นการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมและสามารถสรุปความคิดรวบยอดได้ 2. สรุปทบทวนความรู้โดยใช้คำถามที่มีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์และเนื้อหาในบทเรียน	
5. นำไปใช้ (Application)	1. ผู้สอนเลือกขั้นตอนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน หรือเหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละสถานการณ์ 2. ครูผู้สอนสามารถเลือกขั้นตอนมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้	1. แบบประเมินแบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน 2. แบบประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 3. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์

2.4 การวางแผนและการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนการสอนเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร ได้แก่

1.1 เอกสารหลักสูตร

1.1.1 จุดประสงค์

1.1.2 เนื้อหาหลักสูตร

1.1.3 ประสพการณ์การเรียนรู้ในหลักสูตร

1.1.4 การวัดผลและประเมินผล

1.2 เอกสารประกอบหลักสูตรต่าง ๆ ได้แก่

1.2.1 คู่มือหลักสูตร

1.2.2 เอกสารประกอบการเรียน

2. จัดทำแผนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการที่ได้ศึกษาในหลักสูตรแล้ว
ในการจัดทำแผนการสอนนี้ 2 ลักษณะ คือ

2.1 แผนการสอนระยะสั้นเป็นแผนการสอนที่จัดทำเป็นรายคาบ รายวัน
รายชั่วโมง

2.2 แผนการสอนระยะยาว เป็นแผนการสอนที่จัดทำเป็นรายภาคเรียน
รายเดือนหรือรายสัปดาห์ ในแผนการสอนประกอบด้วย

2.2.1 ชื่อวิชา

2.2.2 ระดับชั้น

2.2.3 หน่วยการเรียนรู้/เวลาที่สอน

2.2.4 เรื่องที่สอน

2.2.5 ครูผู้สอน

2.2.6 มาตรฐานการเรียนรู้

2.2.7 ตัวชี้วัด

2.2.8 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.2.9 สาระสำคัญ

2.2.10 การประเมินผล

2.2.11 กิจกรรมการเรียนรู้ (GIP2A)

1) การสร้างทีม (Group Processing)

2) การสำรวจ ค้นหา (Investigate)

3) กระบวนการสร้างประสบการณ์ (Process Experience)

4) การรวบรวม (Aggregate)

5) การนำไปใช้ (Application)

2.2.12 สื่อและแหล่งการเรียนรู้

2.2.13 การวัดและประเมินผล

2.2.14 บันทึกหลังการสอน

5. ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แสดงดังภาคผนวก ง-1 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความสอดคล้องอยู่ที่ 0.90 สามารถนำแผนการจัดการเรียนรู้ใช้สอนได้ เนื่องจากค่า IOC ที่เหมาะสมต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0 หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539)

6. ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แสดงดังภาคผนวก ง-2.1 พบว่าแบบทดสอบมีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.87 แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบสามารถวัดความรู้ได้ตรงตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์เนื่องจาก (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539) แสดงให้เห็นว่าค่า IOC ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบที่ได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป หมายถึง คำถามข้อสอบสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ตรงตามเนื้อหาสาระ ถือว่านำไปใช้ได้

7. ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ของไหล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ของไหล โดยทำการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) แสดงดังภาคผนวก ง-3.1 พบว่าค่าความยากง่าย (p) มีค่าเท่ากับ 0.41

$$\begin{aligned} \text{หาได้จาก} \quad P &= \frac{R}{N} \\ P &= \frac{8.27}{20} \\ P &= 0.41 \end{aligned}$$

และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.42

$$\begin{aligned} \text{หาได้จาก} \quad r &= \frac{R_v - R_L}{\frac{N}{2}} \end{aligned}$$

$$r = \frac{6.23 - 2.03}{\frac{20}{2}}$$

$$r = \frac{4.2}{10} = 0.42$$

ซึ่งค่าความยากง่าย (p) มีค่าความยากพอเหมาะ (ดีมาก) และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในระดับดี สามารถนำไปใช้ได้

8. ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

8.1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด จากคะแนนประเมินผลการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนเทียบกับคะแนนเต็ม ดังแสดงตารางที่ 4.3 โดยแบบทดสอบที่ใช้ทดสอบได้ทำการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องตามเนื้อหาความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบพบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ จำนวน 30 ข้อ ผลที่ได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.87 ถือว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ดังแสดงในภาคผนวก ง-2.1 และเมื่อวิเคราะห์ความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก พบว่าค่าความยากง่ายที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.41 ดังแสดงในภาคผนวก ง-2.2 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมเนื่องจากเขาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552) อ้างจาก (Nunnally, 1967) ข้อสอบปรนัย ที่ดีควรมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80

ตารางที่ 4.3 ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

จำนวน นักเรียน (N)	คะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนน		ดัชนีประสิทธิผล E.I
		ทดสอบก่อนเรียน	ทดสอบหลังเรียน	
20	30	148	452	0.6726

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าเท่ากับ 0.6726 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียน ร้อยละ 67.26

8.2 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรายวิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อดึงจากคะแนน ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเมื่อเทียบกับคะแนนเต็ม ดังแสดงตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล

	N	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	20	30	7.4	3.08	15.33*
หลังเรียน	20	30	22.3	2.35	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้น โดยการหาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I) มีค่าเท่ากับ 0.67 เมื่อเทียบเป็นร้อยละพบว่านักเรียนมีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 67 ดังแสดง ในภาคผนวก ง-2.3 เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนการประเมินผลก่อนเรียนและหลัง เรียนด้วย t – test พบค่า $t = 15.33$ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

9. ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบความพึงพอใจของ นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อดึง

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบความพึงพอใจ ออกเป็น 3 ด้าน แสดงดังภาคผนวก ง-4.1 ได้แก่ 1. ด้านบรรยากาศ 2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 3. ด้านประโยชน์ที่ได้รับ พบว่าจากการวิเคราะห์ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แบบทดสอบแต่ละด้านมีค่าความ สอดคล้องของแบบทดสอบอยู่ที่ด้านละ 1.00 สามารถนำไปใช้ได้

10. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการ เรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อดึง ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การ ไหลของวัสดุเมื่อดึง จากแบบวัดความพึงพอใจปรากฏผล ดังแสดงตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง
การไหลของวัสดุเม็ค

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
ด้านบรรยากาศ			
1. บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.65	0.65	มากที่สุด
2. บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานตนเองและกลุ่ม	4.28	0.63	มาก
3. บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.38	0.49	มาก
4. บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ	4.52	0.54	มากที่สุด
5. บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลาย	4.25	0.65	มาก
รวม	4.42	0.59	มาก
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้			
1. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.50	0.52	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด	4.40	0.62	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจ	4.40	0.49	มาก
4. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนกล้าคิดกล้าตอบ	4.30	0.53	มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น	4.65	0.51	มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น	4.55	0.50	มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน	4.45	0.63	มาก
รวม	4.46	0.54	มาก

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ			
1. การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	4.65	0.55	มากที่สุด
2. การจัดการเรียนรู้ทำให้จำเนื้อหาได้นาน	4.57	0.55	มากที่สุด
3. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเองได้	4.55	0.50	มากที่สุด
4. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนนำวิธีการเรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่น ๆ	4.50	0.65	มากที่สุด
5. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดที่สูงขึ้น	4.40	0.58	มาก
6. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจโดยใช้เหตุผล	4.45	0.62	มาก
7. การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจและรู้จักเพื่อนมากขึ้น	4.51	0.65	มากที่สุด
8. กิจกรรมการเรียนการสอนนี้ทำให้ได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น	4.34	0.69	มาก
รวม	4.50	0.60	มาก
รวมทุกด้าน	4.46	0.58	มาก

จากตารางที่ 4.5 จะพบว่าความพึงพอใจของเด็กนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อดอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากและคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.46 ซึ่งอยู่ในระดับดี/พอใจมาก

ด้านบรรยากาศ โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.42 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.59 โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลาย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65

ด้านกิจกรรมการเรียน โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.46 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.54 โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ

กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนกล้าคิดกล้าตอบ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53

ด้านประโยชน์ที่ได้รับ โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.50 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60 โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ กิจกรรมการเรียนการสอนนี้ทำให้ได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองทั้งหมดในการวิจัยเรื่อง การสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้สรุปและ อภิปรายผล ซึ่งได้แก่ ผลของมุมกองเมื่อวัสดุเม็ดไหลผ่านสอปเปอร์รูปทรงกรวยและรูปทรงกระบอก ผลของอัตราการไหลของวัสดุเม็ดขนาดต่างกัน และผลจากการเรียนรู้ผ่านรูปแบบ การเรียนรู้วิชา ฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นอกจากนี้ ยังมีข้อเสนอแนะการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ผลของมุมกองเมื่อวัสดุเม็ดไหลผ่านสอปเปอร์รูปทรงกรวยและรูปทรงกระบอก จะเกิดมุมกองแตกต่างกัน ปัจจัยที่ทำให้เกิดมุมกองต่างกันคือขนาดช่องปล่อย ถ้าขนาดช่องปล่อย มีค่ามากมุมกองจะมีค่ามาก ถ้าขนาดช่องปล่อยมีค่าน้อยมุมกองจะมีค่าน้อย นอกจากขนาดช่องปล่อย มีผลต่อมุมกอง ขนาดของวัสดุเม็ดมีผลต่อมุมกองด้วยเช่นกันคือ วัสดุเม็ดขนาดใหญ่เกิดมุมกอง น้อยกว่าวัสดุเม็ดขนาดเล็ก ทั้งนี้มุมไหลคมีผลต่อมุมกองด้วยเช่นกันคือ มุมไหลคมีค่าน้อยมุมกองจะมี ค่ามาก เมื่อมุมไหลคมีค่ามากมุมกองจะมีค่าน้อย
2. อัตราการไหลเชิงมวลจากการปล่อยวัสดุเม็ดผ่านสอปเปอร์จะมีอัตราการไหลเชิง มวลต่างกัน โดยปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้อัตราการไหลเชิงมวลมีค่าไม่เท่ากันคือ ขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดช่องปล่อยมีค่ามาก เวลาที่วัสดุเม็ดไหลได้ทั้งหมดจะมีค่าน้อยส่งผลให้อัตราการไหลเชิงมวล มีค่าน้อย เมื่อขนาดช่องปล่อยมีค่าน้อย เวลาที่วัสดุเม็ดไหลผ่านทั้งหมดใช้เวลานานทำให้อัตราการ ไหลเชิงมวลมีค่ามาก ปัจจัยต่อมาเป็นขนาดของวัสดุเม็ดคือ วัสดุเม็ดขนาดเล็กใช้เวลาในการไหลเร็ว กว่าวัสดุเม็ดขนาดใหญ่ส่งผลให้วัสดุเม็ดขนาดเล็กมีอัตราการไหลเชิงมวลมากกว่าวัสดุเม็ดขนาด ใหญ่ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการอัตราการไหลต่างกันอีกอย่างคือ มุมสอปเปอร์ เมื่อมุมสอปเปอร์ มีค่าน้อยทำให้วัสดุเม็ดไหลช้า เวลาที่ไหลผ่านสอปเปอร์ได้ทั้งหมดใช้เวลานาน จึงทำให้วัสดุเม็ด ขนาดเล็กมีอัตราการไหลเชิงมวลน้อยกว่าการไหลผ่านมุมสอปเปอร์ที่มีค่ามาก

3. ผลจากการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเดินวิทยา อำเภอดงหลวง จังหวัดลำปาง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 7 แผน จำนวน 21 ชั่วโมง, ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด, แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนเรียน - หลังเรียน, แบบสำรวจความต้องการเรียนของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้รายวิชา ฟิสิกส์, แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องการไหลของวัสดุเม็ด ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังต่อไปนี้

1) ความต้องการของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ผู้วิจัยได้การสำรวจและวิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องของไหล พบว่า นักเรียนมีความต้องการเรียนด้วยรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือในระดับความต้องการเฉลี่ยอยู่ที่ 48.75 จึงเลือกรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือมาสร้างรูปแบบการเรียนรู้ โดยทำการวิเคราะห์พฤติกรรมจากแบบสอบถามและได้รูปแบบการเรียนรู้แบบ GIP2A MODEL รูปแบบการเรียนรู้ที่ได้มี 5 ขั้น ได้แก่ การสร้างทีม (Group Processing) การสำรวจ ค้นหา (Investigate) กระบวนการสร้างประสบการณ์ (Process Experience) การรวบรวม สรุป (Aggregate) และการนำไปใช้ (Application)

2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ได้ผ่านผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 – 1.0 มีความเที่ยงตรงใช้ได้ และเมื่อผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าค่าความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ดมีค่าอยู่ที่ 0.62 สามารถนำไปใช้ได้

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด พบว่าจากคะแนนประเมินทักษะการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ของไหล ก่อนเรียนและหลังเรียนเทียบกับคะแนนเต็ม ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด มีค่าเท่ากับ 0.6726 นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนร้อยละ 67.26 เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย t - test พบค่า t เท่ากับ 15.33 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.46 ทั้งนี้ได้ทำการสำรวจด้านบรรยากาศค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.42 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เท่ากับ 0.59 โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ บรรยายภาพของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.46 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.54 ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และด้านประโยชน์ที่ได้รับ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.50 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60 ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55

อภิปรายผล

งานวิจัยเรื่อง การสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้สรุป และอภิปรายผล ซึ่งได้แก่ ผลของมุมกองเมื่อวัสดุเม็ดไหลผ่านฮอปเปอร์รูปทรงกรวยและรูปทรงกระบอก ผลของอัตราการไหลของวัสดุเม็ดขนาดต่างกัน และผลจากการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ผลของมุมกอง

1) ขนาดช่องปล่อยมีผลต่อมุมกอง จากการทดลองพบว่า ขนาดช่องปล่อยมีค่ามากส่งผลให้มุมกองมีค่าน้อย และเมื่อขนาดช่องปล่อยมีค่าน้อยส่งผลให้มุมกองมีค่ามาก จากการวิเคราะห์ผลของขนาดช่องปล่อยมีผลต่อมุมกองมีความสอดคล้องกับการทดลองของ โจว, ซู, หยู และซูลี่ (Zhou, Xu, Yu, & Zulli, 2002) ที่ได้เสนอผลการทดลองและจำลองการศึกษามุมกองของวัสดุเม็ดแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5, 5, 1, 2, 5 และ 10 มิลลิเมตร โดยศึกษาปล่อยวัสดุเม็ดไหลผ่านฮอปเปอร์พบว่า เมื่อวัสดุเม็ดไหลผ่านช่องปล่อยน้อยจะทำให้มุมกองก่อดำกมมุมกองมีค่ามาก และเมื่อช่องปล่อยกว้าง ทำให้รูปเปิดมีขนาดใหญ่จะเกิดการกองได้ไม่ดีทำให้มุมกองมีค่าน้อย

2) ขนาดของวัสดุเม็ดมีผลต่อมุมกอง จากการทดลองพบว่า มุมฮอปเปอร์มุมโหลด และขนาดช่องปล่อยเท่ากัน วัสดุเม็ดขนาดเล็กเกิดมุมกองมีค่ามากกว่าวัสดุเม็ดขนาดใหญ่ จากการวิเคราะห์ขนาดของวัสดุเม็ดมีผลต่อมุมกองมีความสอดคล้องกับการทดลองของ โจว, ซู, หยู และซูลี่ (Zhou, Xu, Yu, & Zulli, 2002) ที่ได้เสนอผลการทดลองการปล่อยวัสดุเม็ดแก้วไหลผ่านฮอปเปอร์พบว่าแรงเสียดทานมีค่ามากจะทำให้มุมกองมีค่ามาก และพบว่าขนาดของวัสดุเม็ดจะทำให้มุมกองมีค่าต่างกัน หากเพิ่มขนาดวัสดุเม็ดหรือความหนาของภาชนะให้ใหญ่ขึ้น จะทำให้มุมกองมีค่าลดลง

3) มุมโหลดมีผลต่อมุมกอง จากการทดลองพบว่า มุมโหลดมีค่าน้อยทำให้เกิดมุมกองมีค่ามาก และมุมโหลดมีค่ามากจะทำให้มุมกองมีค่าน้อย จากการวิเคราะห์มุมโหลดมีผลต่อมุม

กองมีความสอดคล้องกับการทดลองของเจิง (Cheng, 2012) ที่ได้ทดลองการไหลของวัสดุที่มีขนาดเท่ากันโดยไหลผ่านฮอปเปอร์และพบว่ามุมของช่องปล่อยฮอปเปอร์มีผลต่อการไหลของวัสดุเม็ด เมื่อมุมของช่องปล่อยฮอปเปอร์มากจะทำให้วัสดุเม็ดไหลเร็ว และมุมของช่องปล่อยฮอปเปอร์น้อยจะทำให้วัสดุเม็ดไหลช้า การไหลของวัสดุเม็ดส่งผลให้มุมกองมีค่าต่างกันด้วยคือ วัสดุเม็ดที่ไหลเร็ว มุมกองจะมีค่าน้อย และวัสดุเม็ดที่ไหลช้ามุมกองจะมีค่ามาก และสอดคล้องกับการทดลองของ โจว, ซู, หยู และซูลลิ (Zhou, Xu, Yu, & Zulli, 2002) ที่ได้เสนอผลการทดลองและจำลองการศึกษามุมกองของวัสดุเม็ดแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5, 5, 1, 2, 5 และ 10 มิลลิเมตร โดยศึกษาปล่อยวัสดุเม็ดไหลผ่านฮอปเปอร์ผลพบว่า มุมที่ทำให้พื้นเอียงเอียงมาก จะเกิดมุมกองมีค่าน้อย และมุมที่ทำให้พื้นเอียงเอียงน้อยจะเกิดมุมกองมีค่ามาก ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์การทดลองทั้งสองการทดลองจึงมีความสอดคล้องกันคือ เมื่อมุมไหลมีค่าน้อยจะทำให้วัสดุเม็ดไหลช้าและเกิดมุมกองมีค่ามาก หากมุมไหลมีค่ามากจะทำให้วัสดุเม็ดไหลช้าทำให้มุมกองมีค่าน้อย

4) อัตราการไหลเชิงมวลมีผลต่อมุมกอง จากการทดลองพบว่า เมื่อขนาดช่องปล่อยมีค่ามากจะทำให้อัตราการไหลเชิงมวลมีค่าน้อย และเมื่อขนาดช่องปล่อยมีค่าน้อยจะทำให้อัตราการไหลเชิงมวลมีค่ามาก จากการวิเคราะห์อัตราการไหลเชิงมวลมีผลต่อมุมกองมีความสอดคล้องกับการทดลองของตะวันฉาย (2560) ที่ได้ทำการวิเคราะห์อัตราการไหลเชิงมวลเมื่ออัตราส่วนขนาดช่องปล่อยฮอปเปอร์ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 พบว่า อัตราการไหลเชิงมวลมีค่ามากเมื่อเพิ่มขนาดช่องปล่อยฮอปเปอร์ เพิ่มค่าความเร่งโน้มถ่วงในการสั่น และเพิ่มขนาดของมุมฮอปเปอร์ตามลำดับ ทั้งนี้ยังมีความสอดคล้องกับการศึกษาของเจิง (Cheng, 2012) โดยทำการทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการติดขัดแบบ 2 มิติ โดยพบว่าอัตราการไหลเชิงมวลมีค่าเพิ่มเมื่อขนาดช่องปล่อยและมุมฮอปเปอร์มีค่ามาก

2. การเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1) รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหลโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด เป็นสิ่งที่นักเรียนสนใจเรียนรู้รูปแบบนี้มากที่สุด โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผู้วิจัยได้ศึกษาพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และนำมาสร้างแบบสอบถามเพื่อสอบถามความต้องการของผู้เรียน แบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมาได้ผ่านการตรวจคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และนำไปคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องจากสูตรของโรวีโอลี่ และแฮมเบิลตัน (Roviovelli and Hambleton, 1997) มีความเที่ยงตรงสามารถนำไปใช้ได้ รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือที่นักเรียนสนใจผู้วิจัยได้วิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้จากแบบสอบถามจนได้รูปแบบการเรียนรู้แบบ GIP2A MODEL ออกมา และนำมาโมเดลการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบ

การเรียนรู้และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมจากรูปแบบการเรียนรู้แบบ GIP2A มุ่งเน้นให้ผู้เรียนทำงานเป็นทีม สำรวจ ค้นหา เรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างประสบการณ์ ตลอดจนรวบรวมสรุป และนำความรู้ที่ได้นำไปใช้ต่อไปได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทรประภา ชุมชัย (2563) ได้ทำการวิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างความรู้ด้วยตนเองและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศ โดยทำการศึกษาสภาพปัญหา และแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความรู้ด้วยตนเองและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง บรรยากาศ จากนั้นได้สร้างและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ นำไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า สภาพปัญหาที่พบคือนักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องบรรยากาศระดับน้อยที่สุด-ปานกลาง จึงสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างความรู้ด้วยตนเองและทักษะกระบวนการแบบ RCIMC MODEL เน้นการทบทวนความรู้เดิม เชื่อมโยงความรู้ใหม่ สืบเสาะหาความรู้ เพิ่มเติมเนื้อหาและตรวจสอบความเข้าใจ หลังจากนั้นนักเรียนเรียนรู้อ่านการเรียนรู้แบบ RCIMC MODEL นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อดพบ ว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนร้อยละ 67.26 เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย t -test พบค่า t เท่ากับ 15.33 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชนิพร แอน้อย (2556) ได้ทำวิจัยการพัฒนาชุดการสอนเรื่อง ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อำเภอเวียง จันทวนราชวาส ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและเมื่อทดสอบด้วยค่า t พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการสอนก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุวัฒน์ เปรมปรี (2556) ได้ทำการวิจัยพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศน้ำจืด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประเทียวิทยาทาน จังหวัดสระบุรี ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 นักเรียนคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 15.95 และคะแนนหลังเรียนเท่ากับ 24.16 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อด พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจ

ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 อัญพร มาขำ (2543) ได้ให้ความหมายคำว่าความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจหมายถึง ระดับความพึงพอใจของบุคคลที่มีต่อกิจกรรม ระดับความพึงพอใจเกิดขึ้นหลังจากได้ทำกิจกรรมแล้ว สอดคล้องกับงานวิจัยของภาณุวัฒน์ เปรมปรี (2556) ได้ทำการวิจัย พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศน้ำจืด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ประเทียบวิทยาทาน จังหวัดสระบุรี ผลการวิจัยพบว่าหลังจากนักเรียนเรียนรู้จากชุดกิจกรรม การเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

สุดท้ายนี้เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการไหลของวัสดุเม็ด ผู้วิจัยมี ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไปดังต่อไปนี้

1. อาจศึกษาผลของมุมฮอปเปอร์เมื่อฮอปเปอร์มีขนาดของแรงเสียดทาน
2. อาจศึกษาผลของมุมไหลเมื่อเพิ่มขนาดของแรงเสียดทานพื้นเอียง-พื้นไหลขนาด
3. อาจนำผลการวิเคราะห์ไปสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบ STEM ศึกษาได้
4. เพิ่มการหาอัตราเร็วของวัสดุเม็ด โดยการติดตามวัสดุเม็ดที่แตกต่างออกไป 1 เม็ด อาจทำได้โดยการใช้ลูกปัดต่างสี หรือทาสีลูกปัดให้แตกต่างจากที่มีอยู่เพื่อวิเคราะห์อัตราเร็วของวัสดุ เม็ดในข้อสอบและกิจกรรม
5. อาจศึกษาพลังงาน การชนกันของวัสดุเม็ดได้
6. อาจศึกษาความหนาแน่นของวัสดุเม็ดได้

บรรณานุกรม

- กนกวรรณ สกีนันท์. (2551). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551ก). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับ
ปรับปรุง 2560). กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการ
การศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551ข). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง
2560). กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา
ขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุ
สภาลาดพร้าว.
- จันทร์ประภา ชุมชัย. (2563). (พฤษภาคม-มิถุนายน). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริม
การสร้างความรู้ด้วยตนเองและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง บรรยากาศ กลุ่ม
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารสันติ
ศึกษาปริทรรศน์. 8(6), 995-1009.
- ชาญชัย อินทรประวัตติ. (2534). รูปแบบการสอน. (พิมพ์ครั้งที่ 3). สงขลา: มหาวิทยาลัยศรีนรินทร์
วิโรฒสงขลา.
- ตะวันฉาย ตุงคะนาคร. (2560). ผลของมุมมองปเปอร์รูปลิ่มต่อการติดขัดของวัสดุเม็ด 2 มิติภายใต้
การสั่นแนวตั้ง. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่).
- ทศนา แจมมณี. (2551). รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย. (พิมพ์ครั้งที่ 5).
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทศนา แจมมณี. (2553). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ธเนศ ต่วนชะเอม. (2552). *ตัวแปรในการวิจัยและคู่มือการสร้างแบบสอบถาม*. เอกสารเขียนเล่ม
 สำหรับใช้ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรตัวแปรในการวิจัยและการสร้าง
 แบบสอบถาม ของสถาบันพัฒนานักวิจัยแห่งประเทศไทย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2550). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2553). *สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เรือนแก้ว
 การพิมพ์.
- ปรีชาพร โกษา. (2555). *ชลศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ประภาพันษ์ พลายจันทร์. (2546). *ความพึงพอใจของนักศึกษาในการใช้ทรัพยากรสารสนเทศและ
 บริการของห้องสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. เชียงใหม่: สำนักหอสมุด
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เผชิญ กิจระการ. (2546). *ดัชนีประสิทธิผล*. มหาสารคาม: ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: สำนัก
 ทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- ภัทรา นิคมานนท์. (2543). *การประเมินผลการเรียน*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: อักษราพัฒนา.
- ภาณุวัฒน์ เปรมปรี. (2556). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องระบบนิเวศน้ำจืด สำหรับ
 นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประเทียวิทยาทาน จังหวัดสระบุรี*. (วิทยานิพนธ์
 การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- เขวาคี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2552). *การวัดผลและสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. (พิมพ์ครั้งที่ 8).
 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัชนิพร แอน้อย. (2556). *การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียน
 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อำเภอเวียง จันทนาราชวาส*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร
 มหาบัณฑิต คณะบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา).
- ลักขณา ศรีวัฒน์. (2557). *จิตวิทยาสำหรับครู*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 5).
 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุริยสาส์น.
- วราภรณ์ ชวนนุกิจ. (2544). *ความพึงพอใจต่อการเสนอข่าวการเมืองของสถานีโทรทัศน์ ไอทีวี ของ
 ผู้ชมในกรุงเทพมหานคร*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต คณะบริหารการศึกษา,
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

สกันซ์ คล่องบุญจิต. (2553). การศึกษาอิทธิพลของปรากฏการณ์หมุนวนกับการผสมกันของระบบ
วัสดุเม็ดกลมในภาชนะบรรจุเชิง 2 มิติ ด้วยเทคนิคการจำลองเหตุการณ์แบบวัสดุเม็ดคั่น.

กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สกันซ์ คล่องบุญจิต. (2553). ปรากฏการณ์การกอดตัวกันของวัสดุเม็ดกลมเชิง 2 มิติ ภายใต้การสั่นแนวตั้ง.

กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สกันซ์ คล่องบุญจิต. (2553). ผลของปรากฏการณ์การกอดตัวกันต่อการเคลื่อนที่ของเม็ดวัสดุบนผิว

อิสระขณะเกิดปรากฏการณ์การหมุนวนของระบบวัสดุ เม็ดกลมเชิง 2 มิติ ภายใต้การสั่น

แนวตั้ง. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง.

สุขุมพร ศรีมุงคุณ. (2555). ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้. สืบค้นจาก <https://www.gotoknow.org/posts/341272>

อัญชร มาขำ. (2543). ความพึงพอใจในงานของตำรวจสายตรวจรถจักรยานยนต์ในสังกัดกอง

บังคับการตำรวจภูธร จังหวัดปทุมธานี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

องค์การตำรวจภูธร (2541). พจนานุกรมนักเรียนปรับปรุงใหม่ฉบับเพิ่มคำศัพท์. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ:

Andrea, J., Liu., & Sidney, R.N. (1998). Jamming is not just cool any more. *News and views*, 396, 21-22.

Aradian, A., Raphael, E. & Gennes, P.G. (2002). Surface flows of granular materials: a short introduction to some recent models. *Comptes Rendus Physique*, 3, 187-96.

Aranson, I.S. & Tsimring, L.S. (2006). Patterns and collective behavior in granular media theoretical concepts. *Reviews of Modern Physics*, 78, 641-92.

Balmforth, N.J. & Kerswell, R. (2005). Granular collapse in two dimensions. *Journal of Fluid Mechanics*, 538, 399-428.

Borzsonyi, T., Halsey, T. & Ecke, R.E. (2005). Two scenarios for avalanche dynamics in inclined granular layers. *Physical Review Letters*, 94, 208001.

Boutreux, T., Rapha, E. & Gennes, P.G. (1998). Surface flows of granular material a modified picture for thick avalanches. *Physical Review E*, 58, 4692-700.

Cambou, B., Jean, M. & Radjai, F. (2009). *Micromechanics of granular materials*. United States: John Wiley & Sons.

Chase, G. G. (2014). Hopper design. *Solids Notes*, 10, 1-26.

- Douady, S., Andreotti, B. & Daerr, A. (1999). On granular surface flow equations. *The European Physical Journal B*, 11, 131–42
- Forterre, Y., & Pouliquen, O. (2009). Granular flows. *Seminaire Poincare*, 69-100.
- GDR, M.D. (2004). On dense granular flows. *The European Physical Journal E*, 14, 341-65.
- Ghazavi, M., Hosseini, M., & Mollanouri, M. (2008). A comparison between angle of repose and friction angle of sand. *In The 12th International Conference for International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics*. IACMAG, 1-6.
- Hamzah, M., & Omar, S. (2018). A review on the angle of repose of granular materials. *Powder Technology*, 330, 397-417.
- Jaeger, H.M., Nagel, S.R. & Behringer, R.P. (1996). Granular solids, liquids, and gases. *Reviews of Modern Physics*, 68, 1259-73.
- Jean, N.R. (2019). Granular materials micromechanical approaches of model systems. *Mesoscale Models*, 587, 141-193
- Joyce., & Well. (1992). Model of teaching. *Allyn and Bacon*, 1-4.
- Julio, C.M.L., Alexandre, L.A.M., & Andre, L.A.M. (2014). Conical hopper design for mass flow case of study for mud powder. *Proceedings of ENCIT, Brazil*, 66075-110.
- Lajeunesse, E., Mangeney, C.A. & Vilotte, J.P. (2004). Spreading of a granular mass on a horizontal plane. *Phys Fluids*, 16, 2371–81.
- Lemieux, P.A. & Durian, D.J. (2000). From avalanches to fluid flow: a continuum picture of grain dynamics down a heap. *Physical Review Letters*, 85, 4273–76.
- Lobato, J.C.M., Alexandre, L.A.M. & Mesquita, A. (2014). *Conical hopper design for mass flow case of study for red mud powder*.
- Massimo, P.C., Antonio, C., & Mario, N. (2005). *Shear-Induced segregation of granular mixtures under horizontal oscillation*. *Journal of physics*, 17(24): 34-45.
- Maynard, E. (2013). Ten Steps to an Effective Bin Design. *American Society of Chemical Engineers*, 25-32.
- Mitarai, N., Nakanishi, H. (2004). Linear stability analysis of rapid granular flow on a slope and density wave formation. *Journal of Fluid Mechanics*, 507, 309-34.
- Nunnally, J.C. (1967). *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill.

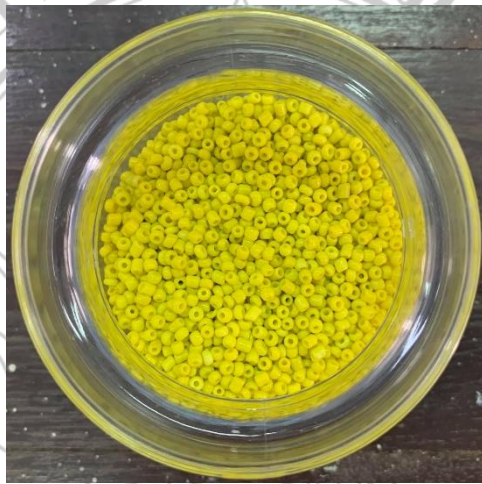
- Oko, C.O.C., Diemuodeke, E.O., & Akilande, I.S. (2010). Design of Hopper using spreadsheet. *Agricultural Engineering*, 56(2), 53-58.
- Orpe, A. & Khakhar, D.V. (2007). Rheology of surface granular flows. *Journal of Fluid Mechanics*, 571, 1-32.
- Payal, S. & Bradley, L.K. (2015). A Literature Review and Future Lines of Inquiry for Empowering Leadership Research. *Group & Organization Management*, 40(2), 193– 237.
- Pouliquen, O. (2002). Scaling laws in granular flows down rough inclined planes. *Physics of Fluids*, 14(1), 542–48.
- Pouliquen, O. (2004). Velocity correlations in dense granular flows. *Physical Review Letters*, 93, 248001.
- Pouliquen, O., Renaut, N. (1996, France 6). Onset of granular flows on an inclined rough surface. *Dilatancy Effects*, J. Phys.
- Radjai, F. & Roux, S. (2003). Turbulent-like behavior in quasi-static flow of granular media. *Physical Review Letters*, 89, 064302.
- Rovinelli, R.J., & Hambleton, R.K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Dutch Journal of Educational Research*, 2, 49-60.
- Saingier, G., Deboeuf, S. P. & Lagree, Y. (2016). On the front shape of an inertial granular flow down a rough incline. *Physics of fluids*, 28, 053302.
- Saylor, G.J., William M.A, & Arthur J.L. (1981). Curriculum Planning for Better Teacher and Learning. *New York: Holt Rinehart and Winston.*
- Shirsath, S.S., Padding, J.T., Clercx, H.J.H., & Kuipers, J.A.M. (2015). Dynamics of Granular Flows Down Rotating Semi-Cylindrical Chutes. *Procedia Engineering*, 102, 731-740.
- .Xiao, H., Fan, Y., Karl, V., Jacob., Paul B., Umbanhowar., Kodam, M., James, F., Koch., & Richard, M., (2019). Continuum modeling of granular segregation during hopper discharge. *Chemical Engineering Science*. 193, 188-204.
- Yoel, F., & Olivier, P. (2008). Flows of Dense Granular Media. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 40, 1–24.
- Zhou, Y.C., Xu, B.H., Yu, A.B., & Zulli, P. (2002). An experimental and numerical study of the angle of repose of coarse spheres. *Powder Technology*, 125(1), 45–54.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ ก-1 ตัวอย่างวัสดุเม็ดกลมพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร



ภาพที่ ก-2 ตัวอย่างวัสดุเม็ดกลมพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร



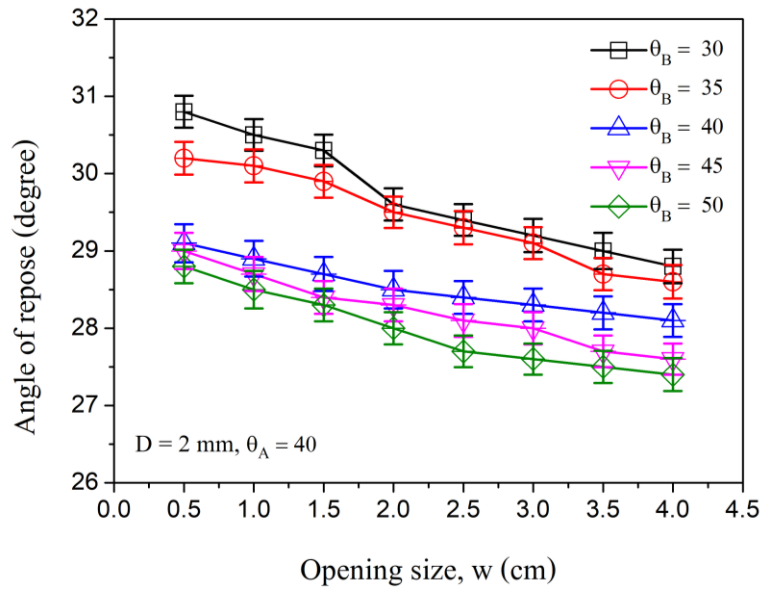
ภาพที่ ก-3 ตัวอย่างวัสดุเม็ดกลมพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร



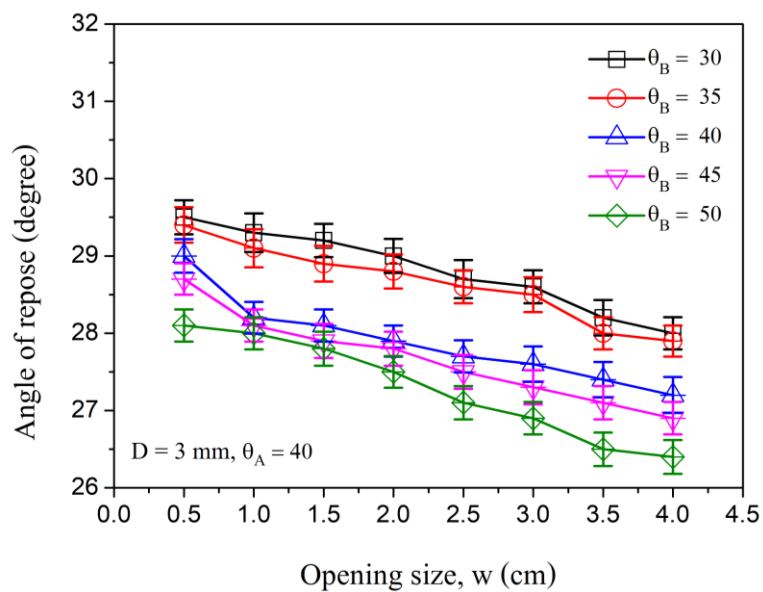
ภาพที่ ก-4 อุปกรณ์การทดลองการไหลของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์

ภาคผนวก ข

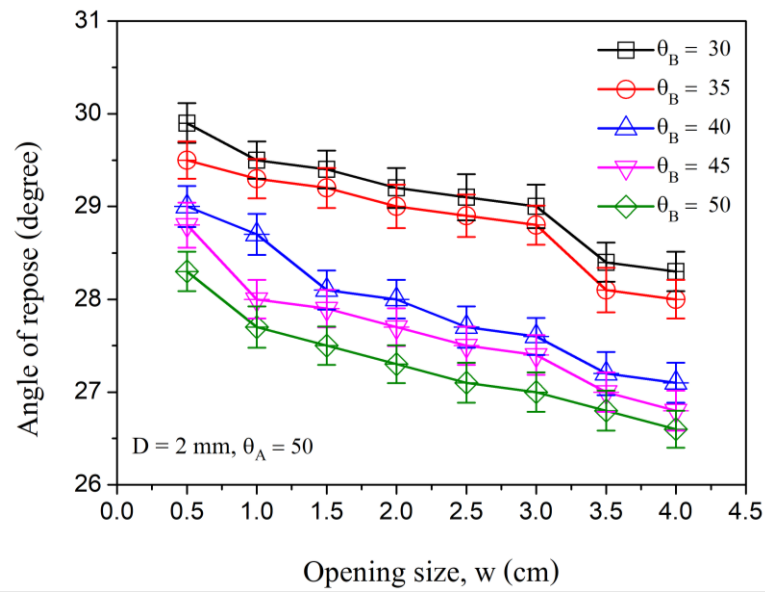
กราฟการทดลองการไหลอย่างอิสระของวัสดุเม็ดผ่านฮอปเปอร์



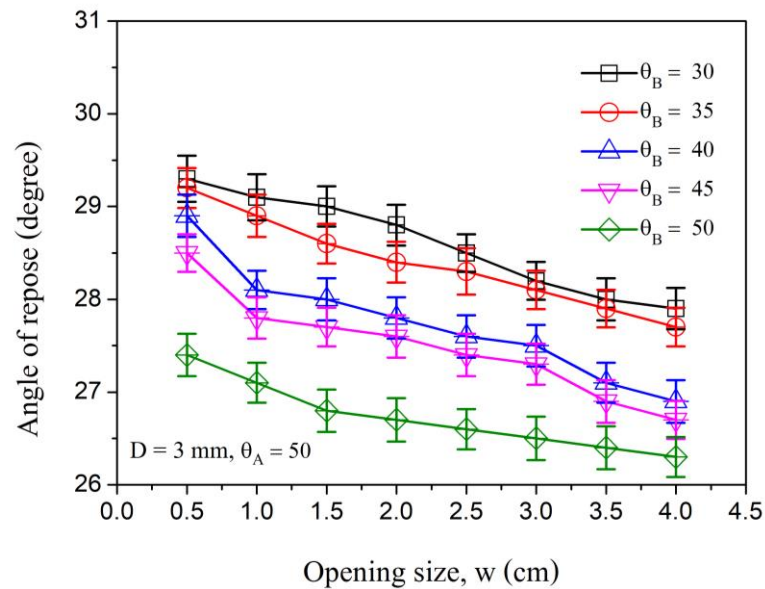
ภาพที่ ข-1(ก) มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร, $\theta_A = 40$ และ $30 \geq \theta_B \geq 50$



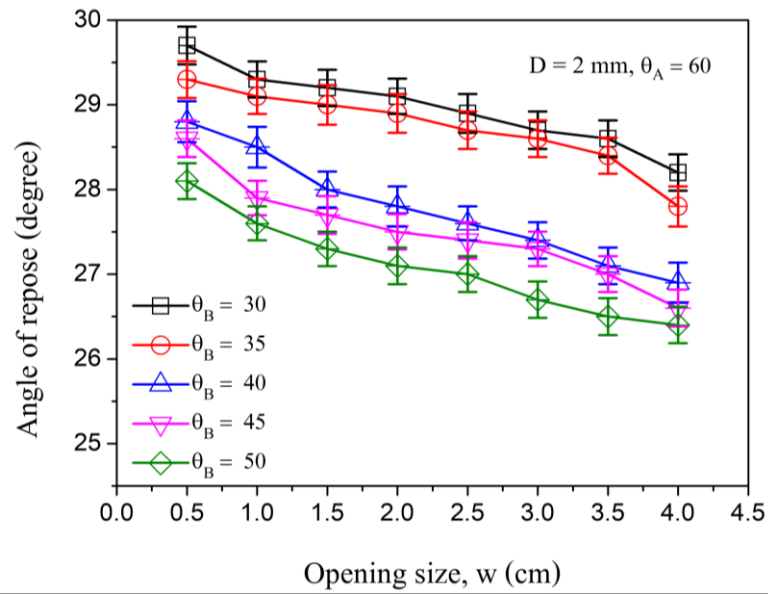
ภาพที่ ข-1(ข) มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร, $\theta_A = 40$ และ $30 \geq \theta_B \geq 50$



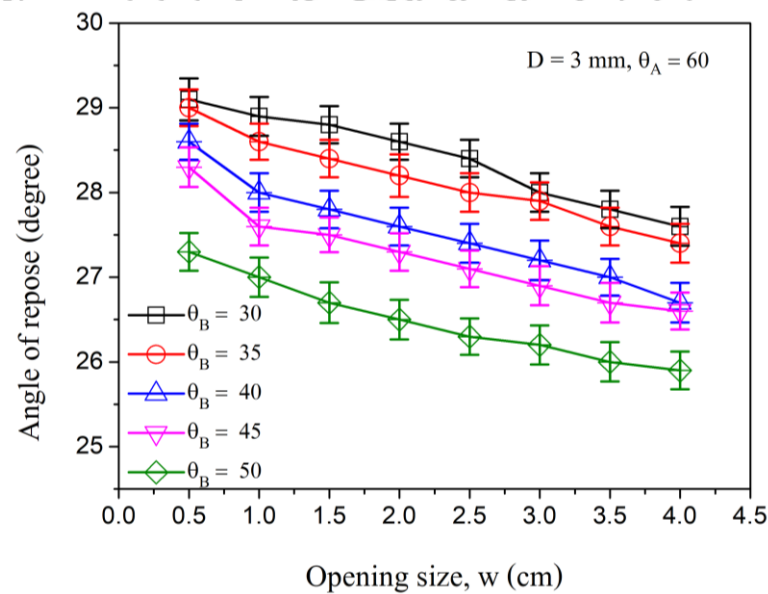
ภาพที่ ข-2(ก) มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร, $\theta_A = 50$ และ $30 \geq \theta_B \geq 50$



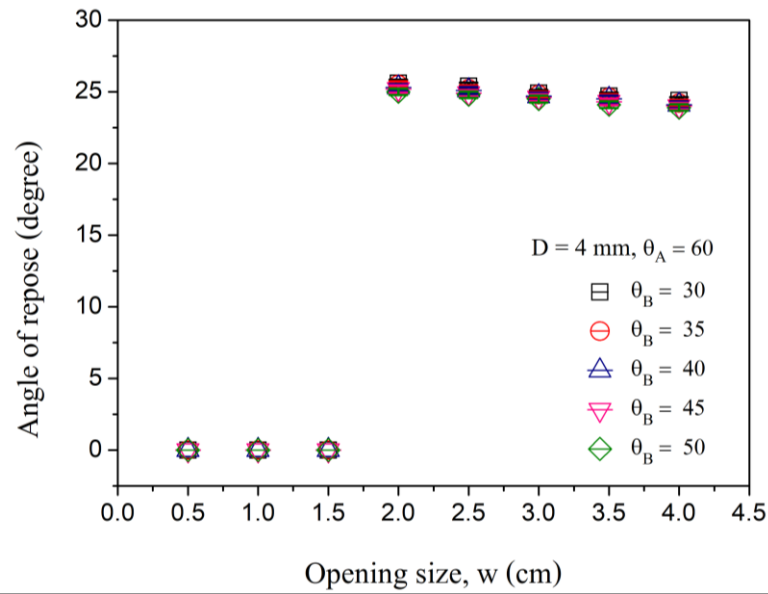
ภาพที่ ข-2(ข) มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร, $\theta_A = 50$ และ $30 \geq \theta_B \geq 50$



ภาพที่ ข-3(ก) มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร,
 $\theta_A = 60$ และ $30 \geq \theta_B \geq 50$

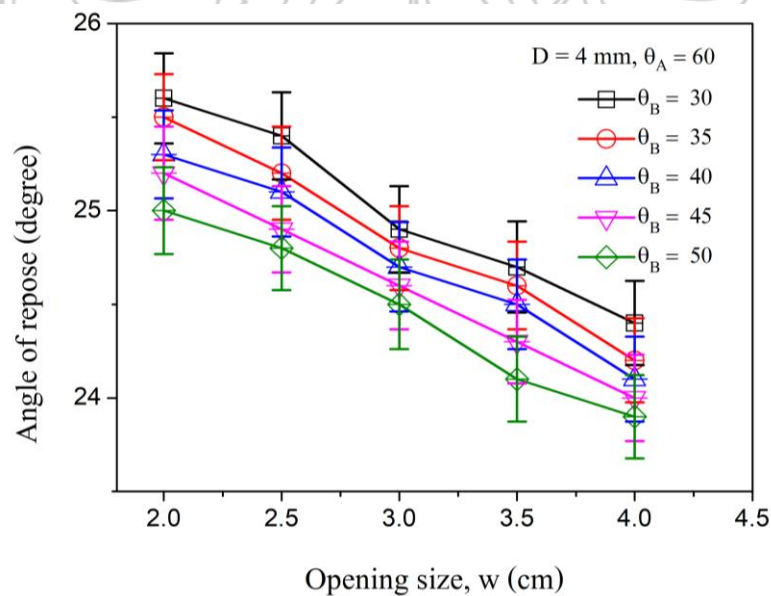


ภาพที่ ข-3(ข) มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร,
 $\theta_A = 60$ และ $30 \geq \theta_B \geq 50$



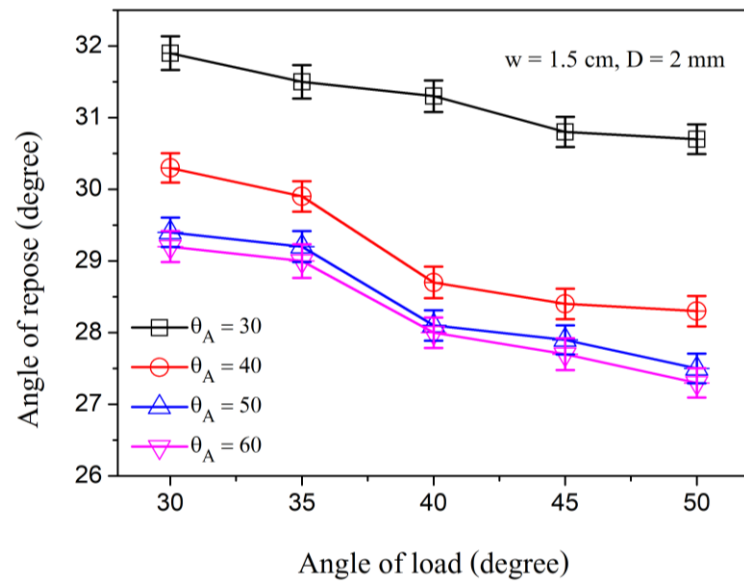
ภาพที่ ข-3(1ค) มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร,

$$\theta_A = 60, 0.5 \geq w \geq 4.0 \text{ และ } 30 \geq \theta_B \geq 50$$

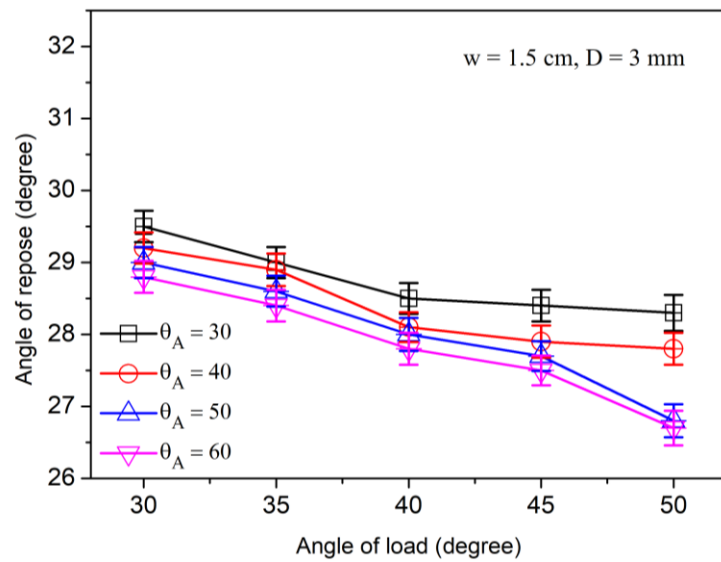


ภาพที่ ข-3(2ค) มุมกองของวัสดุเม็ดที่ผ่านขนาดช่องปล่อย เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร,

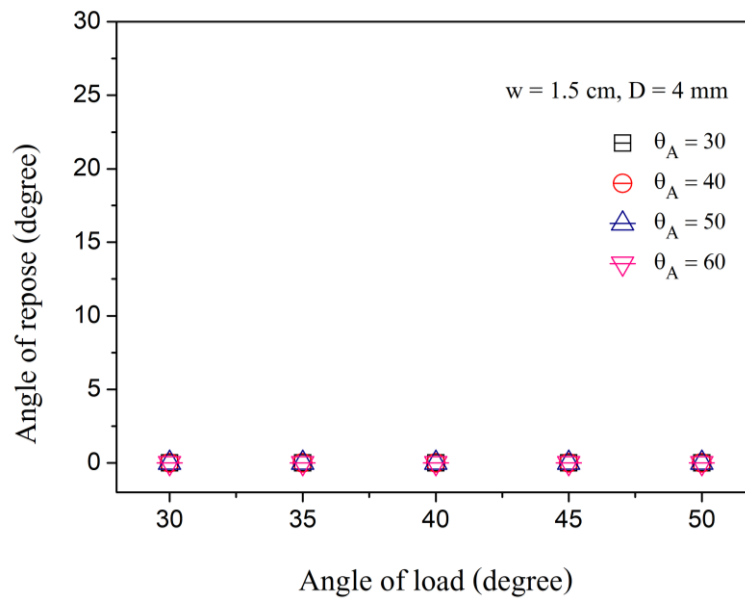
$$\theta_A = 60, 2 \geq w \geq 4.0 \text{ และ } 30 \geq \theta_B \geq 50$$



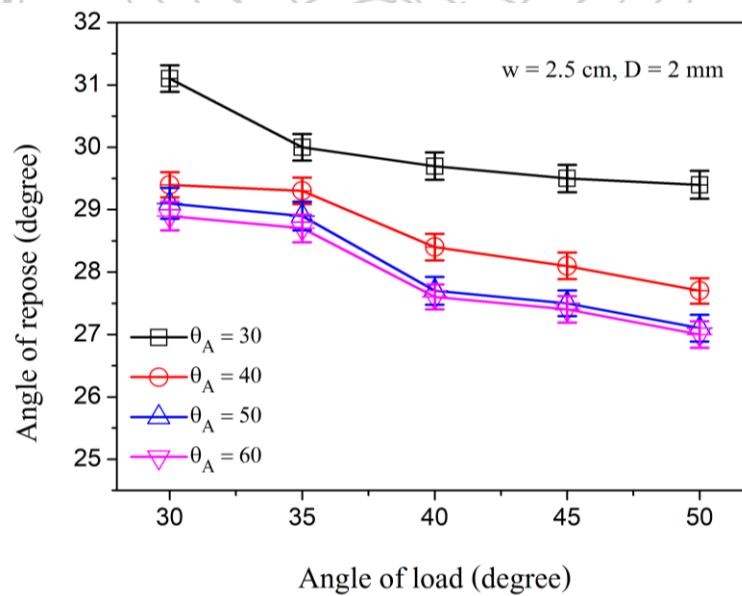
ภาพที่ ข-4(ก) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และ ช่องปล่อยกว้าง 1.5 เซนติเมตร



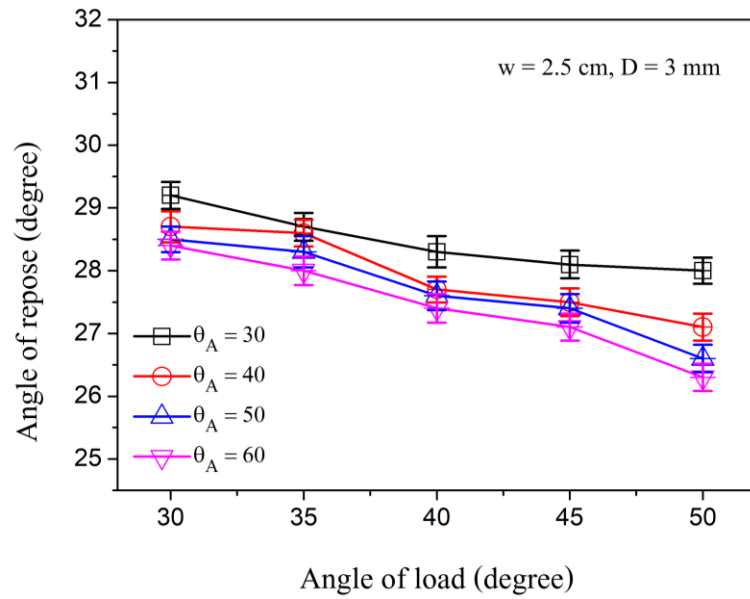
ภาพที่ ข-4(ข) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และ ช่องปล่อยกว้าง 1.5 เซนติเมตร



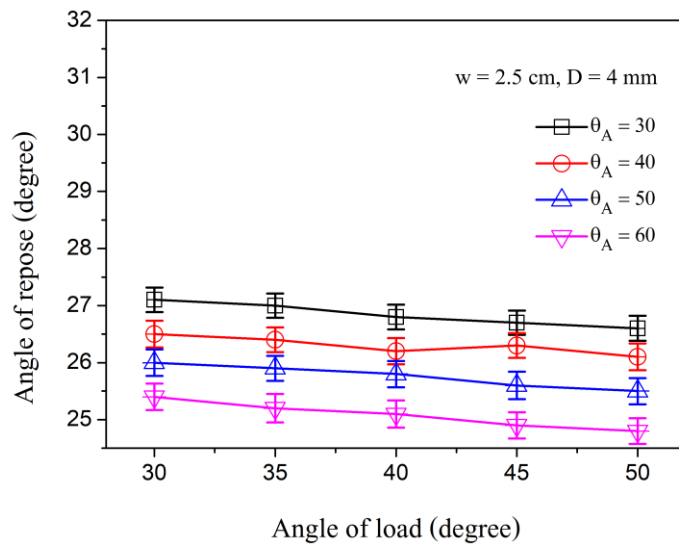
ภาพที่ ข-4(ค) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 1.5 เซนติเมตร



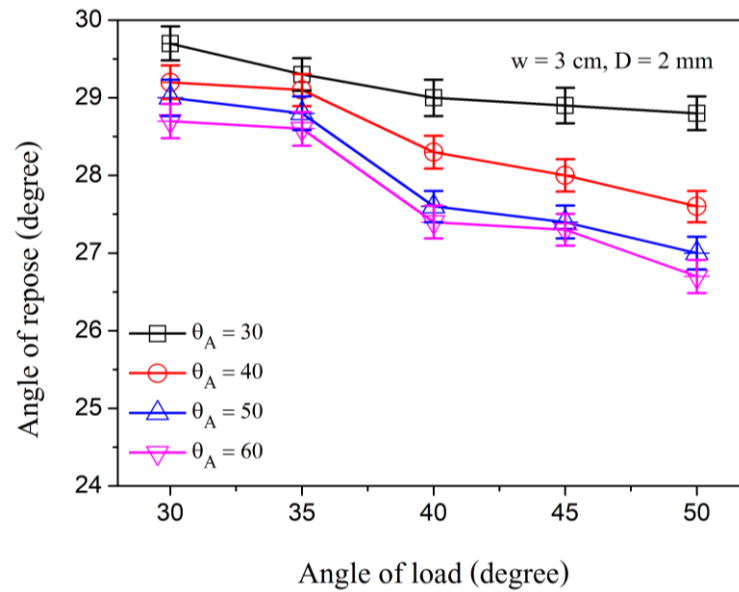
ภาพที่ ข-5(ก) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 2.5 เซนติเมตร



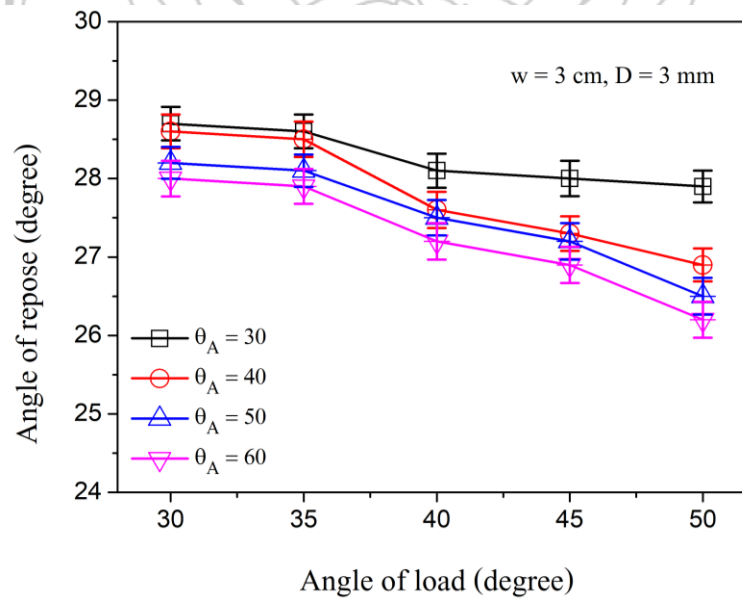
ภาพที่ ข-5(ข) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 2.5 เซนติเมตร



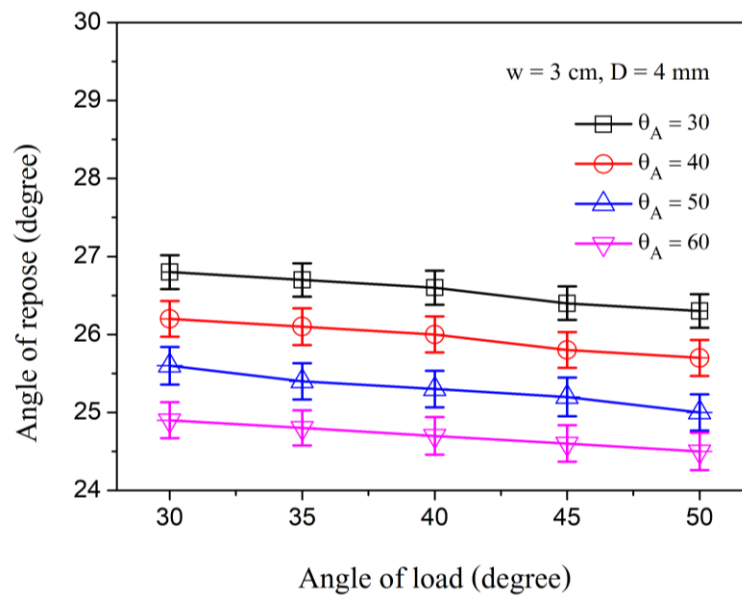
ภาพที่ ข-5(ค) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 2.5 เซนติเมตร



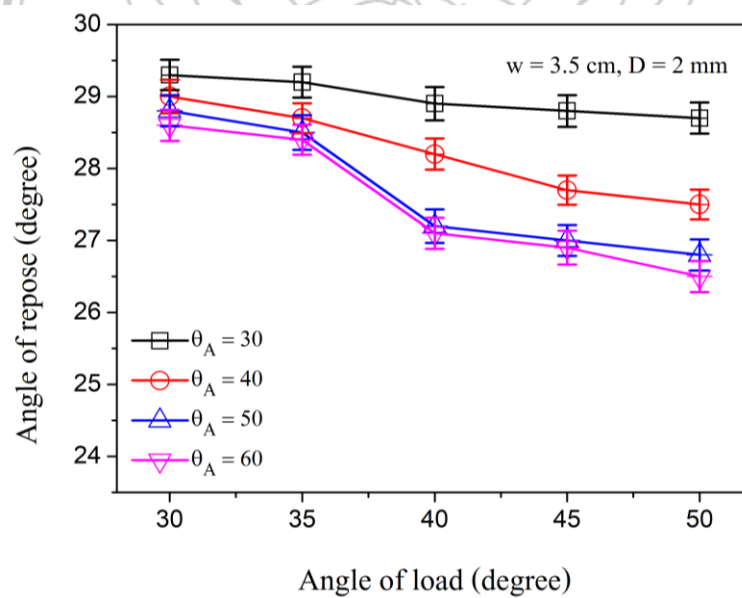
ภาพที่ ข-6(ก) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 3 เซนติเมตร



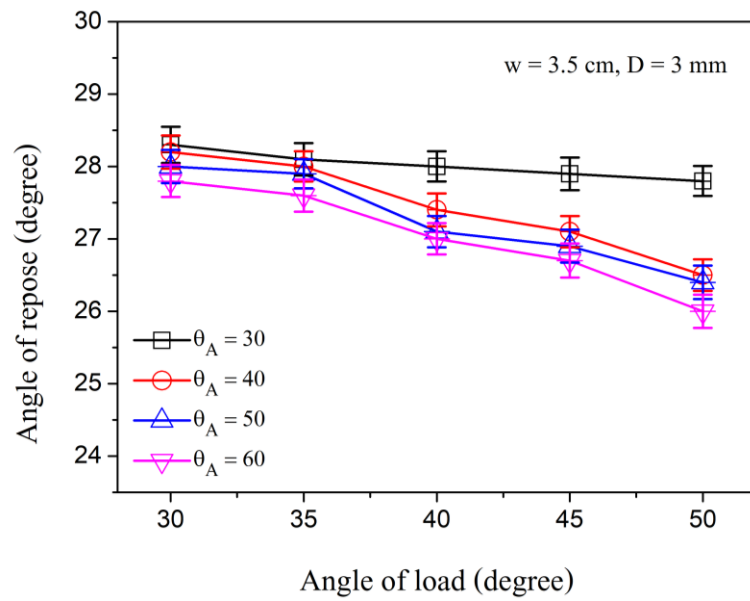
ภาพที่ ข-6(ข) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 3 เซนติเมตร



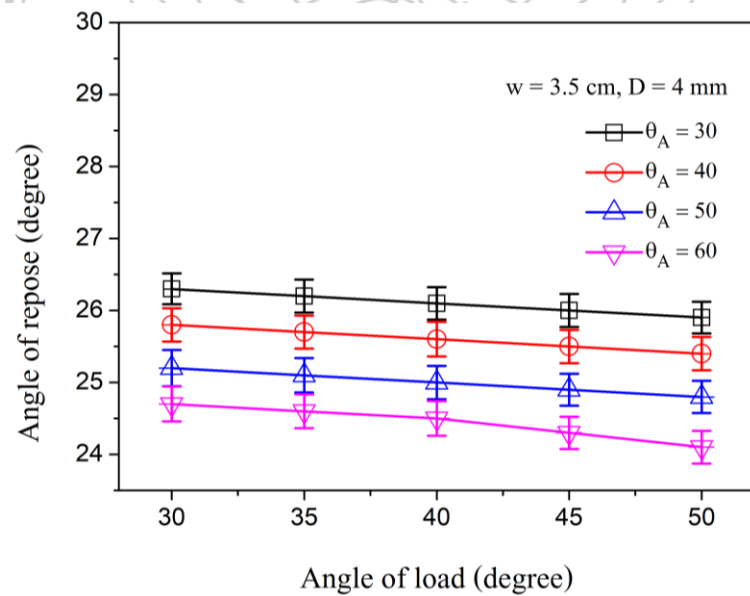
ภาพที่ ข-6(ค) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 3 เซนติเมตร



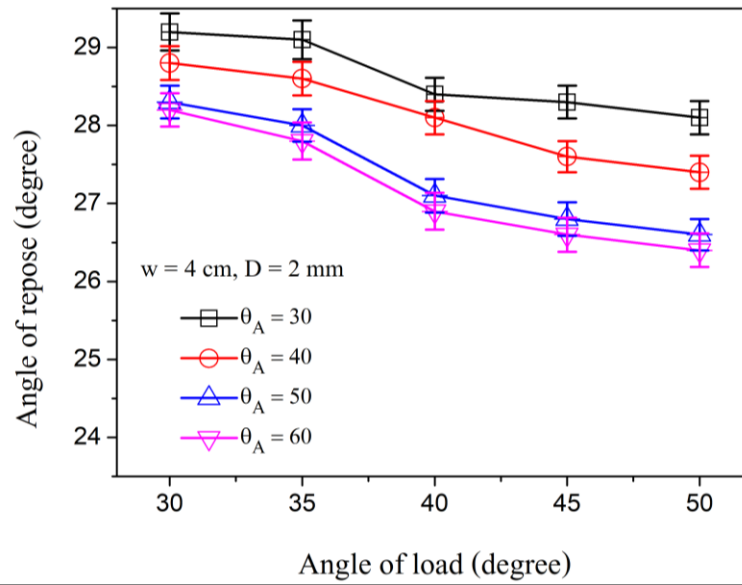
ภาพที่ ข-7(ก) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 3.5 เซนติเมตร



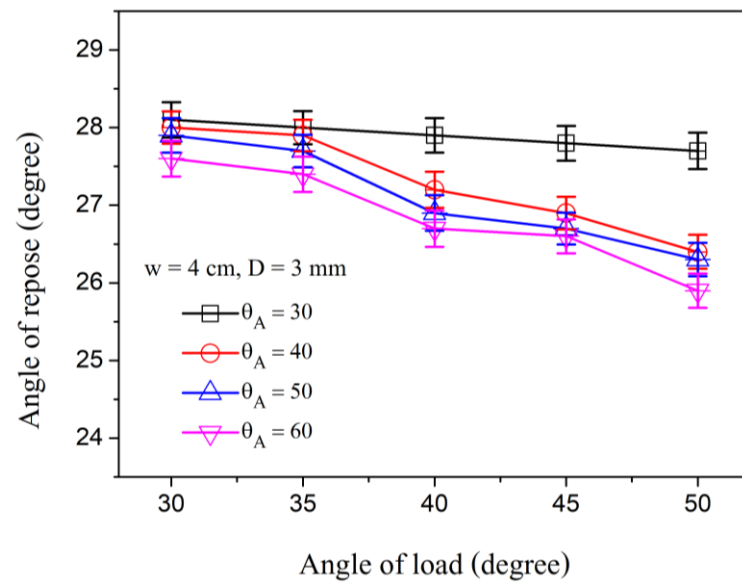
ภาพที่ ข-7(ข) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่อง
ปล่อยกว้าง 3.5 เซนติเมตร



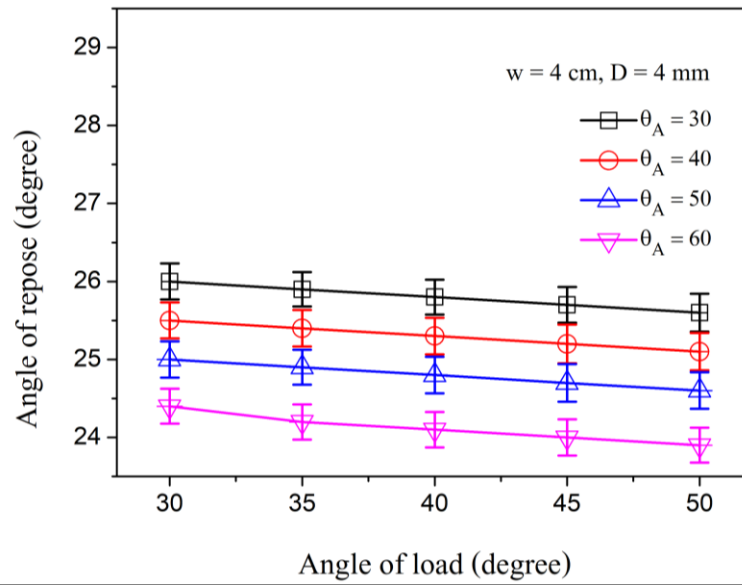
ภาพที่ ข-7(ค) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่อง
ปล่อยกว้าง 3.5 เซนติเมตร



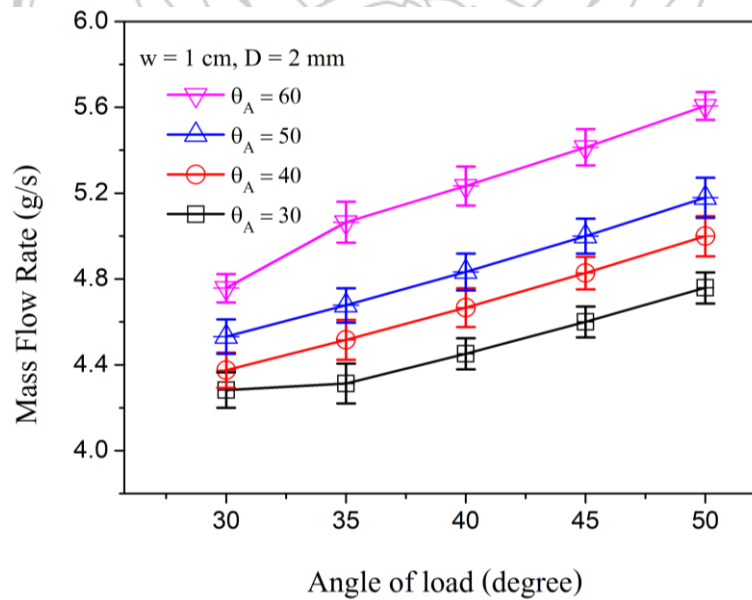
ภาพที่ ข-8(ก) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และช่อง
ปล่อยกว้าง 4 เซนติเมตร



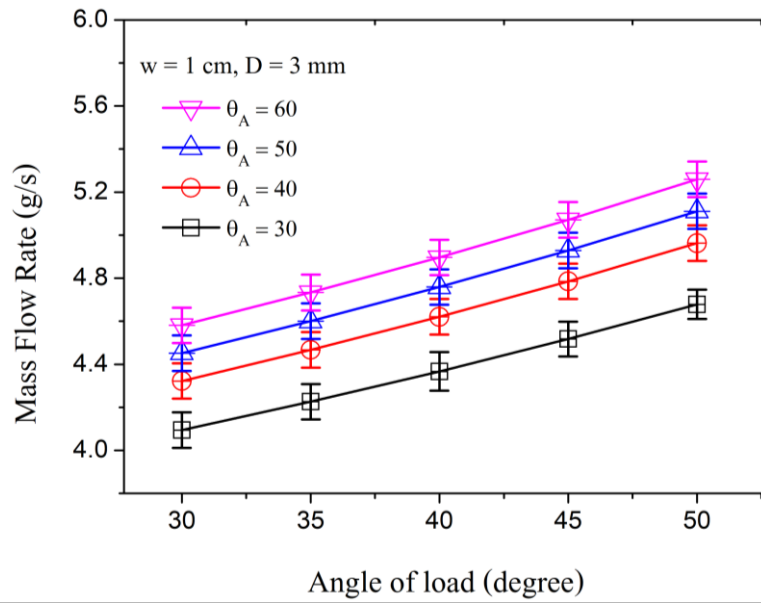
ภาพที่ ข-8(ข) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่อง
ปล่อยกว้าง 4 เซนติเมตร



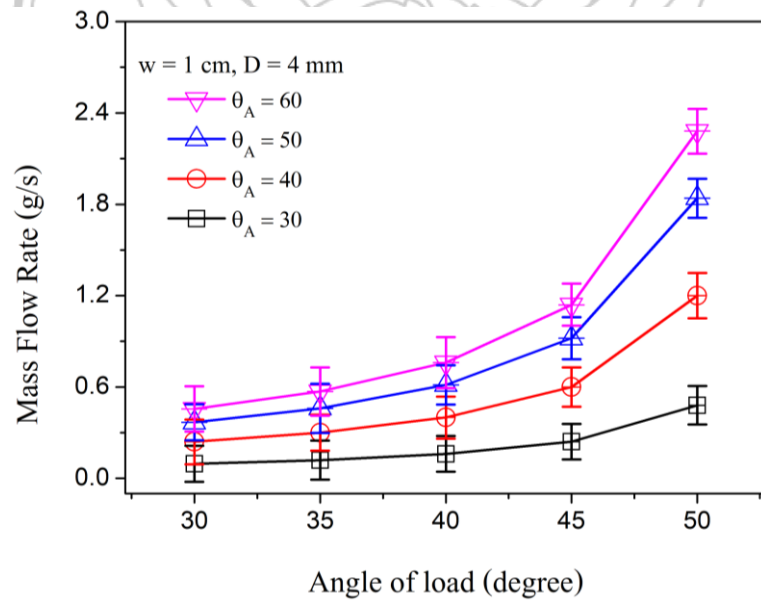
ภาพที่ ข-8(ค) มุมกองของวัสดุเม็ดต่อมุมโหลด เมื่อขนาดของวัสดุเม็ดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และช่องปล่อยกว้าง 4 เซนติเมตร



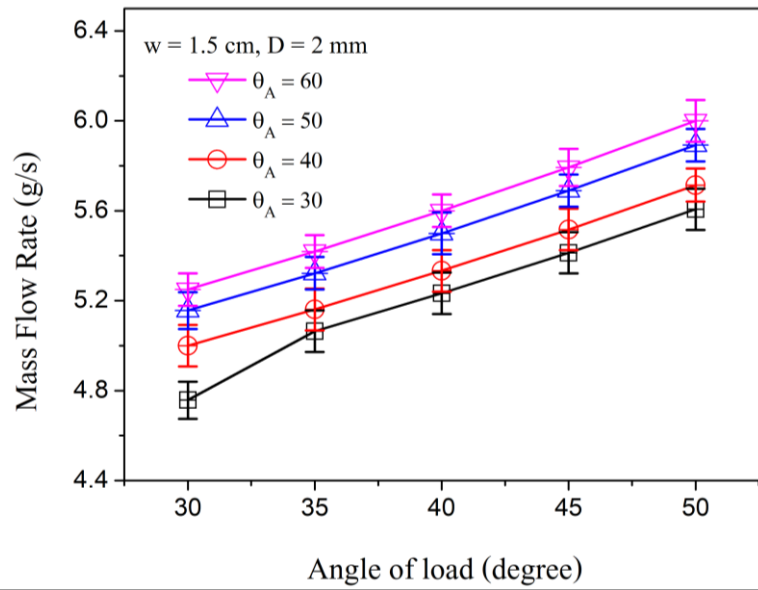
ภาพที่ ข-9(ก) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 1, D เท่ากับ 2, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



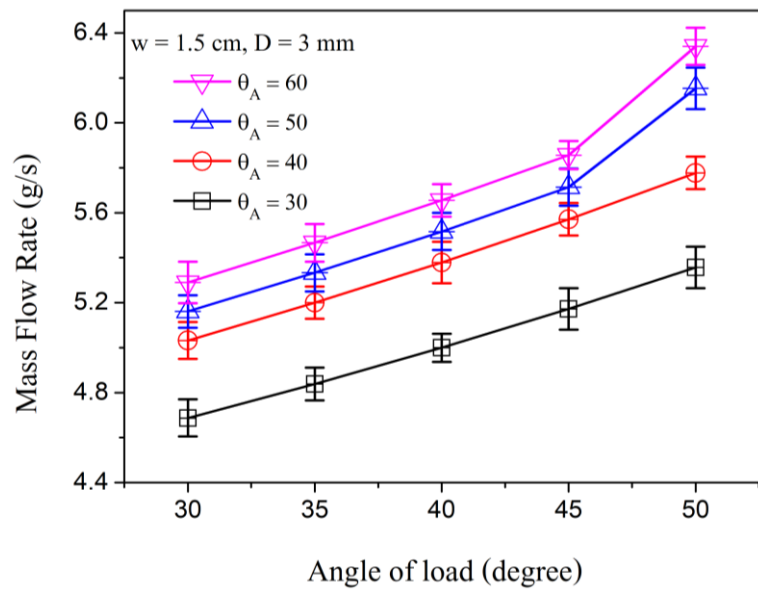
ภาพที่ ข-9(ข) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 1, D เท่ากับ 3, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



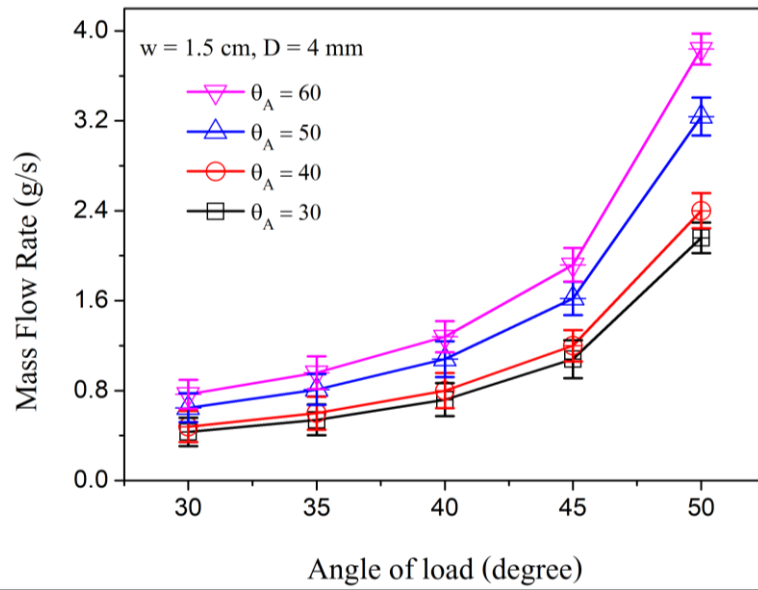
ภาพที่ ข-9(ค) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 1, D เท่ากับ 4, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



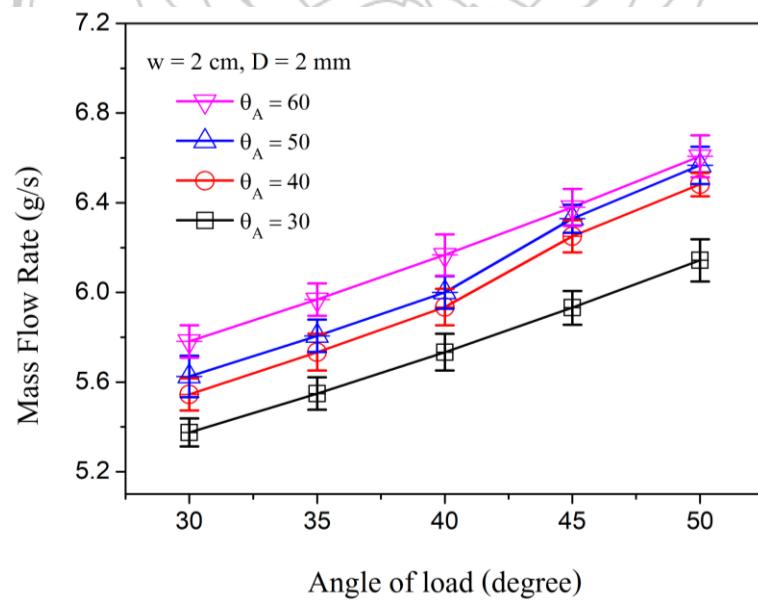
ภาพที่ ข-10(ก) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 1.5, D เท่ากับ 2, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



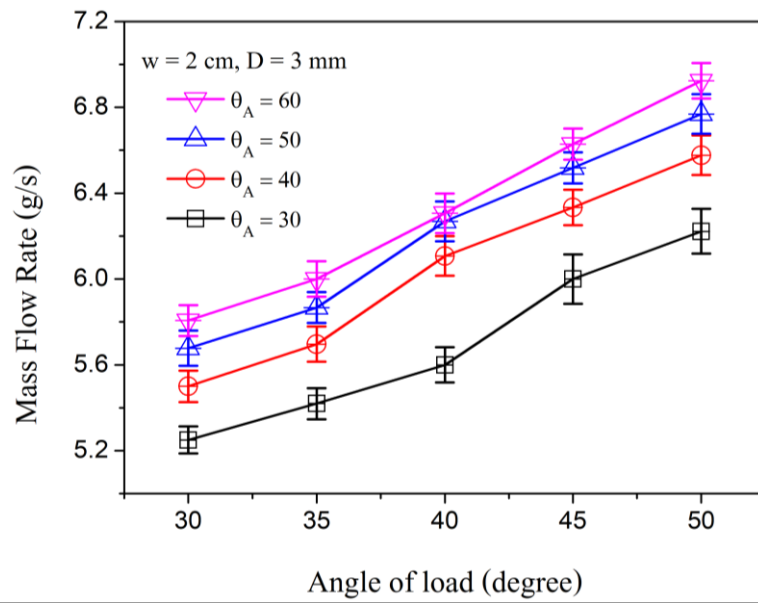
ภาพที่ ข-10(ข) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 1.5, D เท่ากับ 3, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



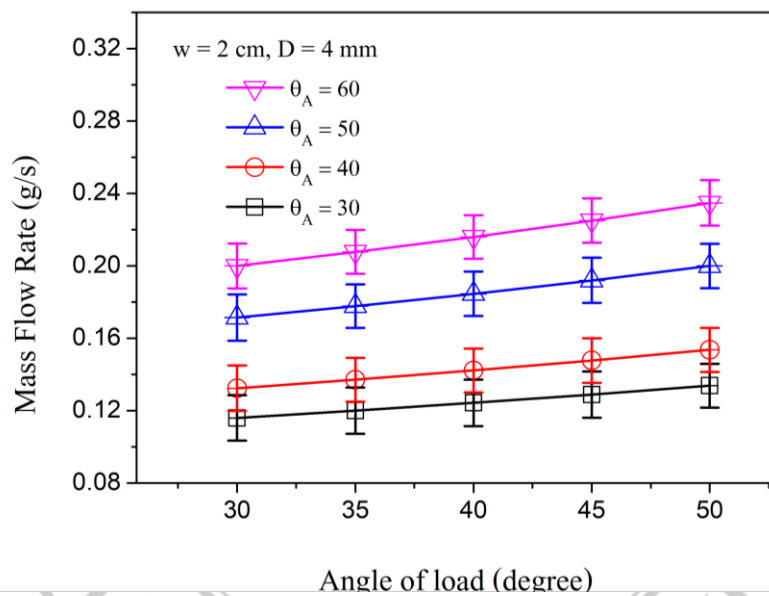
ภาพที่ ข-10(ค) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 1.5, D เท่ากับ 4, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



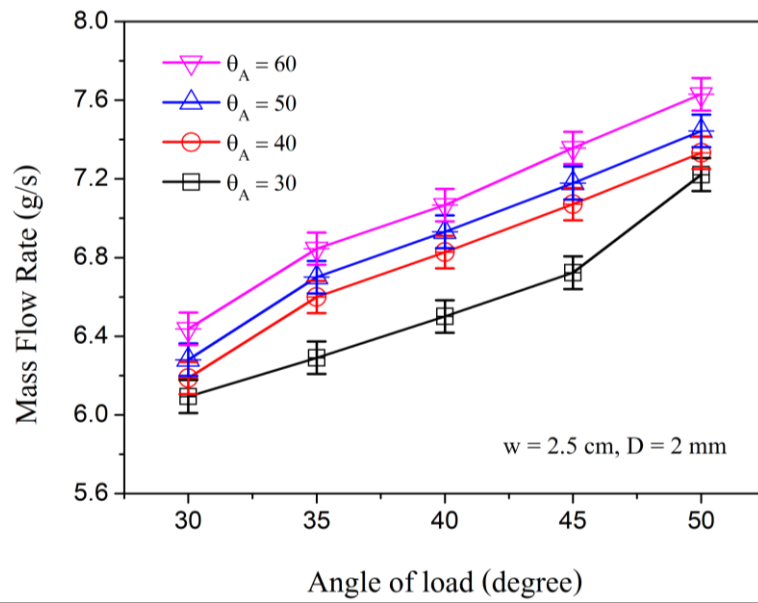
ภาพที่ ข-11(ก) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 2, D เท่ากับ 2, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



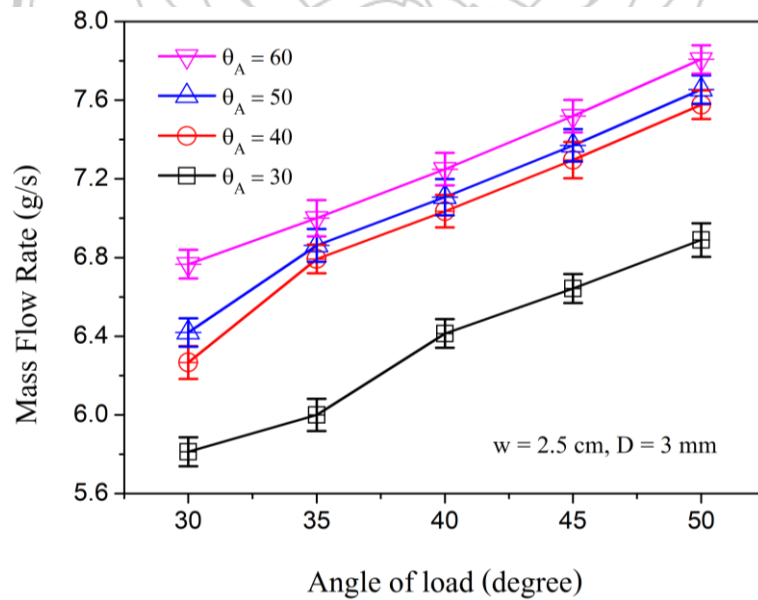
ภาพที่ ข-11(ข) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 2, D เท่ากับ 3, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



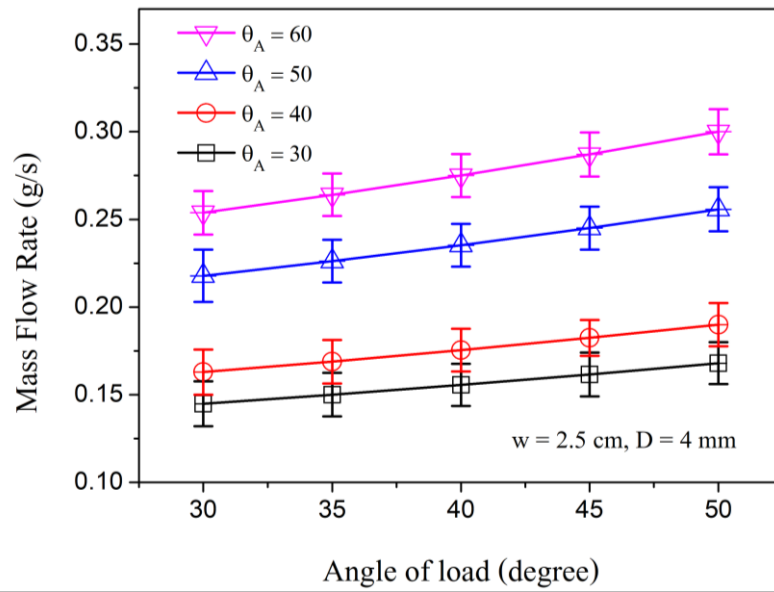
ภาพที่ ข-11(ค) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 2, D เท่ากับ 4, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



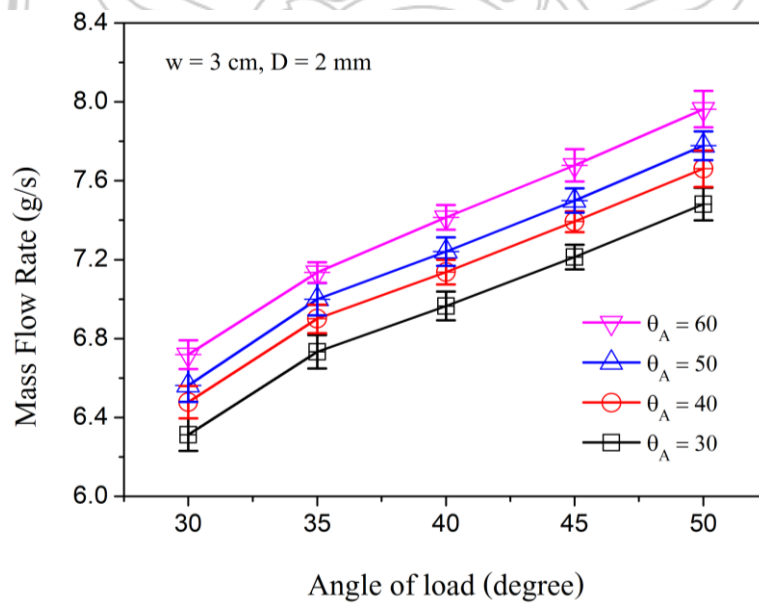
ภาพที่ ข-12(ก) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 2.5, D เท่ากับ 2, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



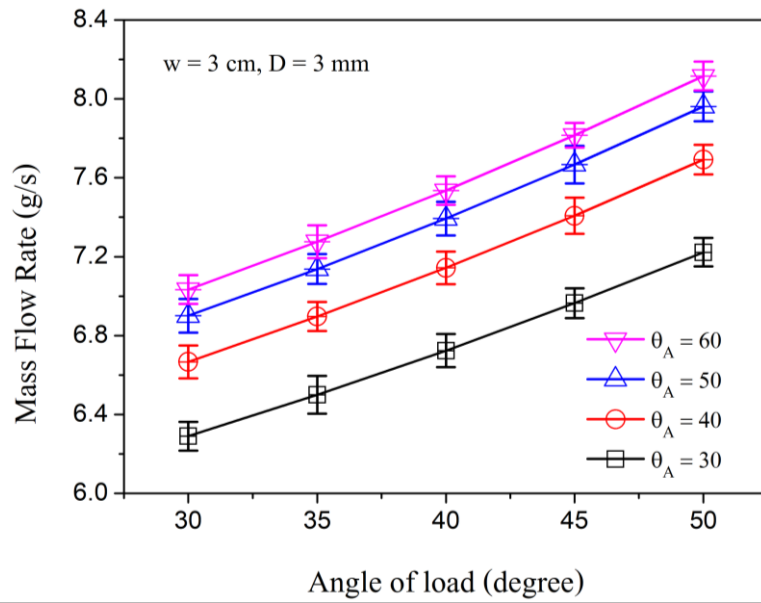
ภาพที่ ข-12(ข) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 2.5, D เท่ากับ 3, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



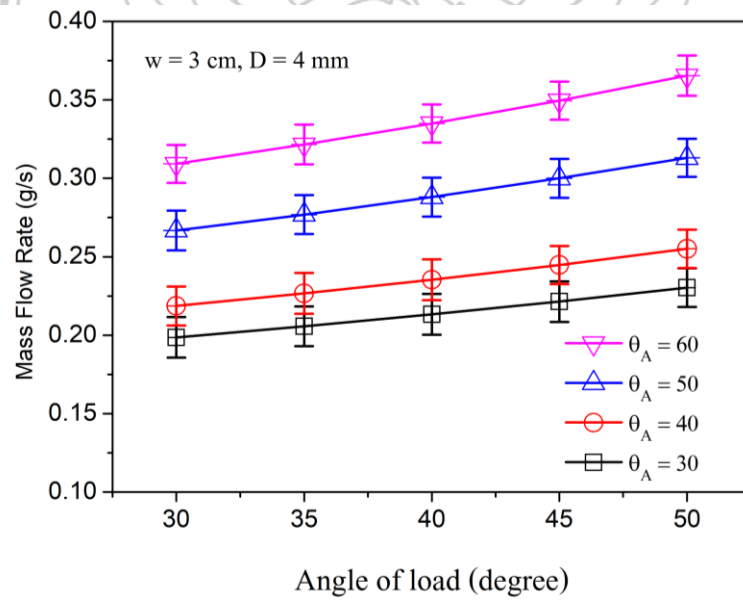
ภาพที่ ข-12(ค) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 2.5, D เท่ากับ 4, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



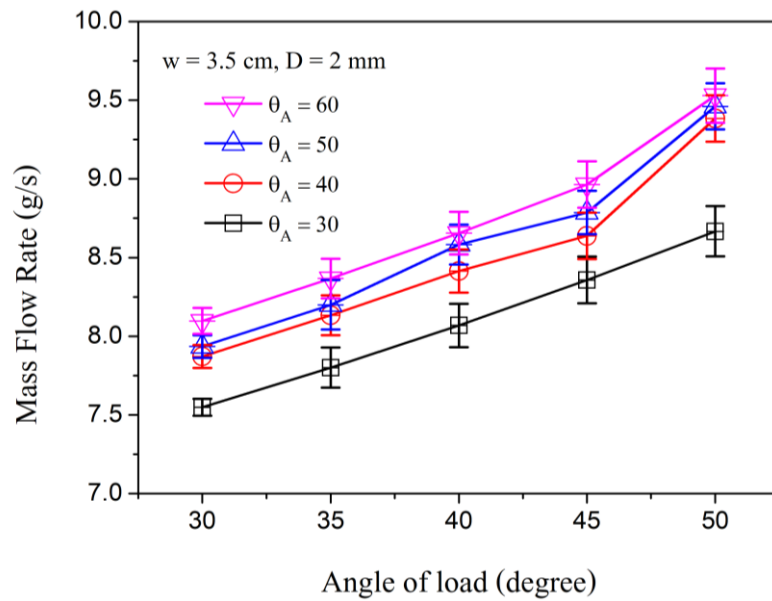
ภาพที่ ข-13(ก) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 3, D เท่ากับ 2, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



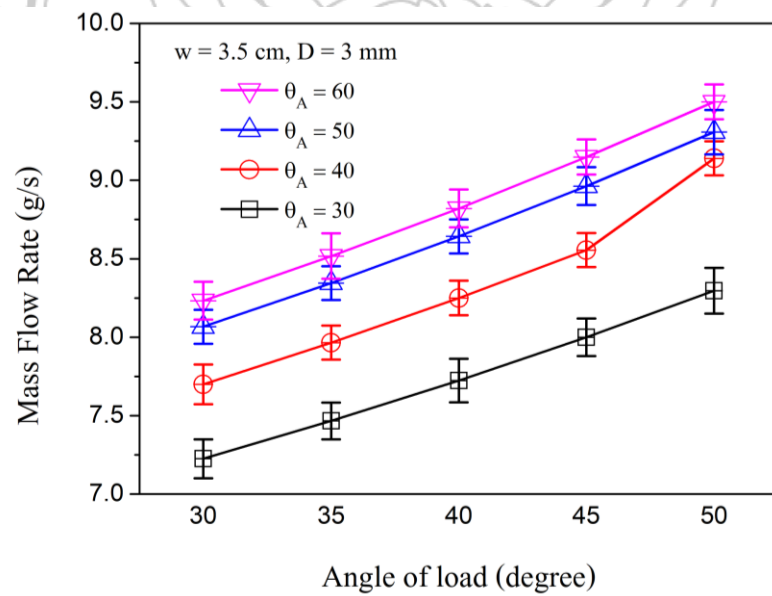
ภาพที่ ข-13(ข) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 3, D เท่ากับ 3, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



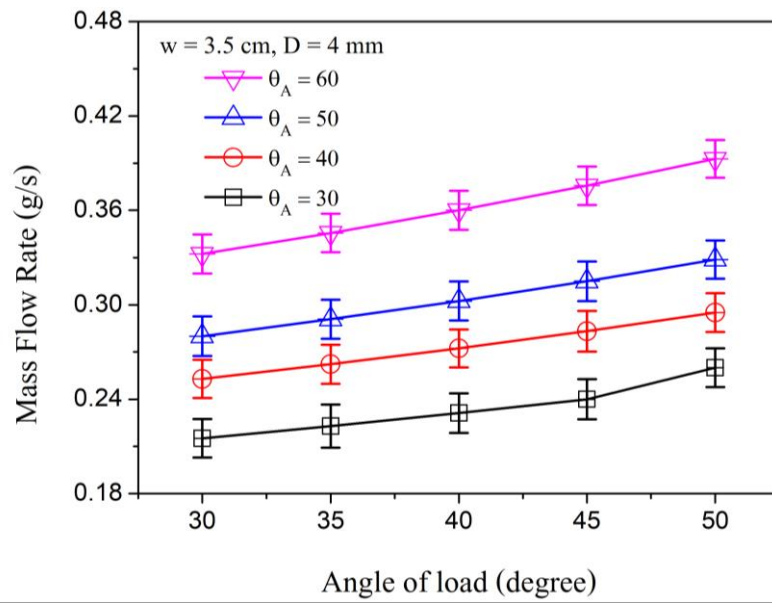
ภาพที่ ข-13(ค) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 3, D เท่ากับ 4, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



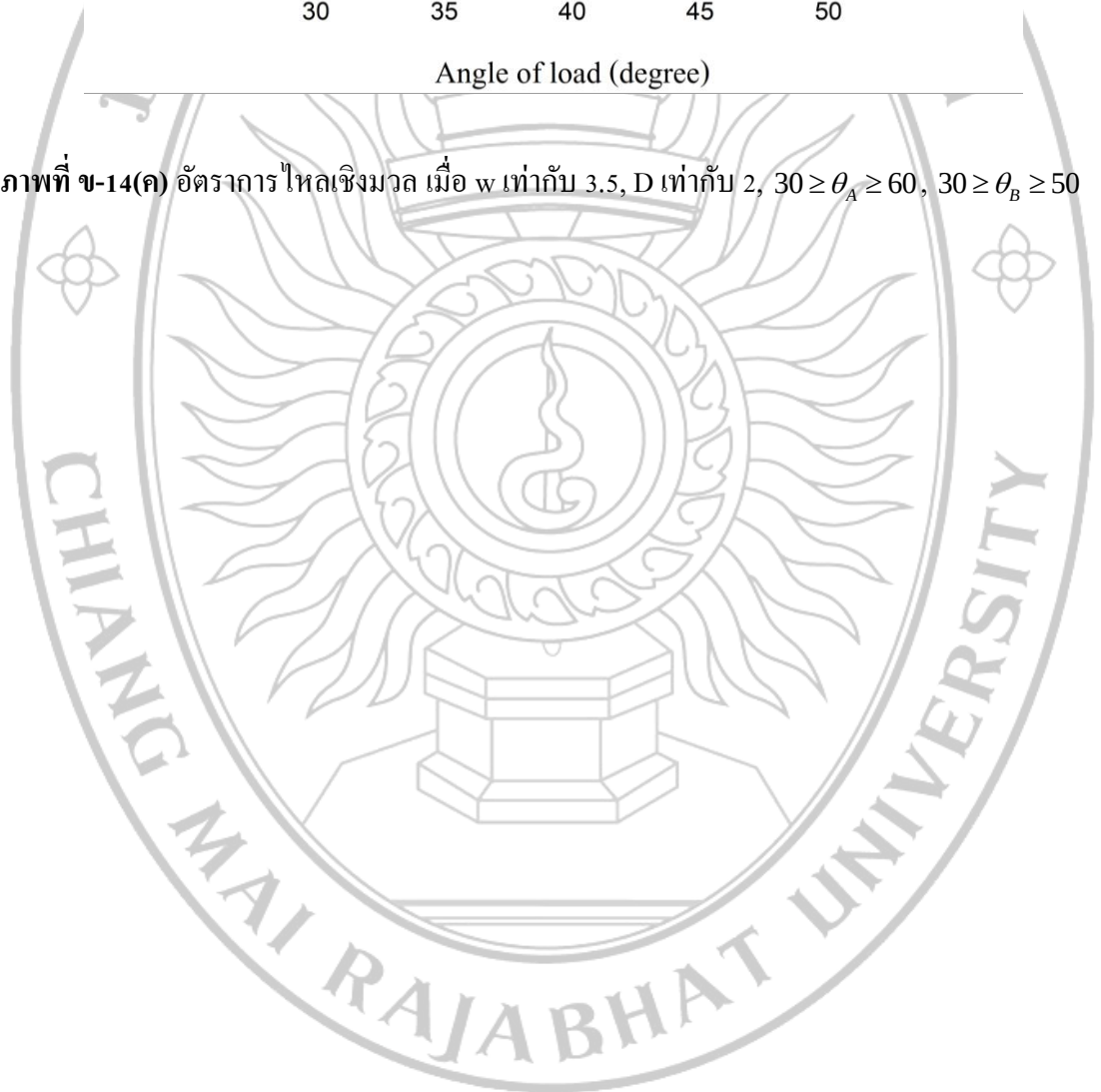
ภาพที่ ข-14(ก) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 3.5, D เท่ากับ 2, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



ภาพที่ ข-14(ข) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 3.5, D เท่ากับ 3, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



ภาพที่ ข-14(ค) อัตราการไหลเชิงมวล เมื่อ w เท่ากับ 3.5, D เท่ากับ 2, $30 \geq \theta_A \geq 60$, $30 \geq \theta_B \geq 50$



ภาคผนวก ค

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

1. จินตนา นามวงศ์ ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม สังกัดสำนักงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 36
2. อุดมทรัพย์ อัยรา ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเทศบาล 6 (นครเชียงราย)
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 36
3. พิสดา เมืองคำบุตร ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเถินวิทยา สังกัดสำนักงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 35

ภาคผนวก ง

ภาคผนวก ง-1

การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงและคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องการไหลของวัสดุเม็ด

ตารางที่ ง-1.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์
เรื่อง ของไหล ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ข้อที่	รายการขอความคิดเห็น	ประมาณค่าความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่า IOC	แปลผล
		1	2	3		
1	แผนมืองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนและ สัมพันธ์กัน	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
2	เนื้อหา/สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
3	กิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาและ วัตถุประสงค์	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
4	กิจกรรมหลากหลายเหมาะสมและ สอดคล้องกับความสามารถผู้เรียน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
5	กิจกรรมเน้นทักษะกระบวนการคิด การ ลงมือปฏิบัติ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
6	กิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสมกับ ระดับชั้น	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
7	สื่อ/แหล่งเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรม และจุดประสงค์	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

ข้อที่	รายการขอความคิดเห็น	ประมาณค่าความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่า IOC	แปลผล
		1	2	3		
8	สื่อหลากหลายสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ วิทย และความสามารถ ผู้เรียน	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
9	วิธีการวัดผลและเครื่องมือสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์และกิจกรรม	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
10	เกณฑ์การประเมินผลชัดเจน ครอบคลุม ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

$$\text{ค่า } IOC = \frac{0.67+1.0+1.0+1.0+0.67+1.0+1.0+0.67+1.0+1.0}{10}$$

$$IOC = \frac{9.01}{10}$$

$$IOC = 0.90$$

สรุปว่า แผนการจัดการเรียนรู้ใช้ได้

ตารางที่ ง-1.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรง (IOC) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ข้อที่	รายการขอความคิดเห็น	ประมาณค่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่า IOC	แปลผล
		1	2	3		
1	ความสอดคล้องเหมาะสมกับหลักสูตร	+1	+1	0	0.8	ใช้ได้
2	ความสอดคล้องเหมาะสมกับธรรมชาติวิชา	+1	0	+1	0.8	ใช้ได้
3	ความสอดคล้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
4	ความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพปัจจุบันและปัญหา	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
5	ความเหมาะสมต่อกระบวนการพัฒนาผู้เรียน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
6	ความเหมาะสมของเนื้อหา	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
7	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
8	ความเหมาะสมของการใช้ภาษา	0	+1	+1	0.8	ใช้ได้
9	ความเหมาะสมกับความสนใจของนักเรียน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
10	ความเหมาะสมของรูปแบบ	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

$$\text{ค่า } IOC = \frac{0.8+0.8+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+0.8+1.0+1.0}{10}$$

$$IOC = \frac{9.4}{10}$$

$$IOC = 0.94$$

สรุปว่า ชุดการสอน ใช้ได้

ภาคผนวก ง-2

การวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

ตารางที่ ง-2.1 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ

ข้อสอบ (ข้อที่)	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	+1	0	+1	0.6
2	+1	+1	+1	0.8
3	+1	+1	+1	1.0
4	+1	+1	0	0.8
5	+1	+1	+1	1.0
6	0	+1	+1	0.6
7	+1	+1	+1	1.0
8	+1	+1	+1	1.0
9	+1	+1	+1	0.8
10	+1	+1	+1	1.0
11	+1	+1	+1	1.0
12	+1	0	+1	0.6
13	+1	+1	+1	0.8
14	+1	+1	+1	1.0
15	+1	+1	0	0.8
16	+1	+1	+1	1.0
17	0	+1	+1	0.6
18	+1	+1	+1	1.0

ข้อสอบ (ข้อที่)	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
19	+1	+1	+1	1.0
20	+1	+1	+1	0.8
21	+1	+1	+1	1.0
22	+1	+1	+1	1.0
23	+1	0	+1	0.6
24	+1	+1	+1	0.8
25	+1	+1	+1	1.0
26	+1	+1	0	0.8
27	+1	+1	+1	1.0
28	0	+1	+1	0.6
29	+1	+1	+1	1.0
30	+1	+1	+1	1.0
เฉลี่ย				0.87

จากสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

$$IOC = \frac{26}{30}$$

$$IOC = 0.87$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง (Index Of Consistency)

$\sum R$ คือ ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวก ง-3

การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนเรื่อง ของไหล

ตารางที่ ง-3.1 แสดงผลค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ของไหล

นักเรียน (คนที่)	ข้อสอบ (ข้อที่ 1-10)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
2	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
3	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1
4	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
6	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
8	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
9	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
10	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
11	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
12	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
15	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
17	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

นักเรียน (คนที่)	ข้อสอบ (ข้อที่ 1-10)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
R	9.00	12.00	7.00	5.00	11.00	9.00	15.00	13.00	6.00	8.00
R_U	8.00	7.00	7.00	4.00	7.00	7.00	10.00	8.00	5.00	6.00
R_L	1.00	5.00	0.00	1.00	4.00	2.00	5.00	5.00	1.00	2.00
q	0.55	0.40	0.65	0.75	0.45	0.55	0.25	0.35	0.70	0.60
pq	0.25	0.24	0.23	0.19	0.25	0.25	0.19	0.23	0.21	0.24
P	0.45	0.60	0.35	0.25	0.55	0.45	0.75	0.65	0.30	0.40
D	0.70	0.20	0.70	0.30	0.30	0.50	0.50	0.30	0.40	0.40

นักเรียน (คนที่)	ข้อสอบ (ข้อที่ 11-20)									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
2	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0
3	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
4	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
5	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
6	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
8	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
9	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
10	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
18	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
19	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
20	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
R	4.00	5.00	10.00	8.00	9.00	9.00	7.00	6.00	14.00	4.00
R _U	3.00	5.00	9.00	6.00	6.00	7.00	7.00	4.00	8.00	3.00
R _L	1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	2.00	0.00	2.00	6.00	1.00
q	0.80	0.75	0.50	0.60	0.55	0.55	0.65	0.70	0.30	0.80
pq	0.16	0.19	0.25	0.24	0.25	0.25	0.23	0.21	0.21	0.16
P	0.20	0.25	0.50	0.40	0.45	0.45	0.35	0.30	0.70	0.20
D	0.20	0.50	0.80	0.40	0.30	0.50	0.70	0.20	0.20	0.20

นักเรียน (คนที่)	ข้อสอบ (ข้อที่ 21-30)									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1
2	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1
3	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
4	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1
6	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
7	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
8	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
9	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
10	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
11	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
12	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
14	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
R	12.00	8.00	5.00	5.00	6.00	10.00	7.00	9.00	6.00	9.00
R _U	7.00	6.00	4.00	5.00	4.00	9.00	7.00	7.00	5.00	6.00
R _L	5.00	2.00	1.00	0.00	2.00	1.00	0.00	2.00	1.00	3.00
q	0.40	0.60	0.75	0.75	0.70	0.50	0.65	0.55	0.70	0.55
pq	0.24	0.24	0.19	0.19	0.21	0.25	0.23	0.25	0.21	0.25
P	0.60	0.40	0.25	0.25	0.30	0.50	0.35	0.45	0.30	0.45
D	0.20	0.40	0.30	0.50	0.20	0.80	0.70	0.50	0.40	0.30

ตารางที่ ง-3.2 แสดงผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง
ของไหล

นักเรียนคนที่	การประเมินผล		D	D ²
	คะแนนก่อนเรียน (X ₁)	คะแนนหลังเรียน (X ₂)		
1	5	26	21	441
2	9	22	13	169
3	6	20	14	196
4	12	21	9	81
5	7	25	18	324
6	13	22	9	81
7	10	21	11	121
8	6	23	17	289
9	4	22	18	324
10	7	20	13	169
11	4	24	20	400
12	7	20	13	169
13	5	28	23	529
14	7	24	17	289
15	3	24	21	441
16	6	25	19	361
17	9	19	10	100
18	11	21	10	100
19	13	24	11	121
20	4	21	17	289

นักเรียนคนที่	การประเมินผล		D	D ²
	คะแนนก่อนเรียน (X ₁)	คะแนนหลังเรียน (X ₂)		
รวม	148	452	$\Sigma D = 304$	$\Sigma D^2 = 4994$
เฉลี่ย	7.4	22.6		
S.D	3.08	2.35		



ตารางที่ ง-3.3 แสดงผลการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล

	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	20	30	7.4	3.08	15.33*
หลังเรียน	20	30	22.3	2.35	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การหาพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนโดยอาศัยการหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index : E.I) มีสูตรดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ดัชนีประสิทธิผล} &= \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}} \\
 &= \frac{452 - 148}{(20 \times 30) - 148} \\
 &= \frac{340}{452} \\
 &= 0.67
 \end{aligned}$$

จากตารางการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล จากการใช้ชุดการสอน เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด สามารถเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างคะแนนผลการทดสอบหลังเรียนกับคะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียน โดยใช้ t-test สูตรดังนี้

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}} \\
 t &= \frac{340}{19.82} \\
 t &= 15.33
 \end{aligned}$$

เมื่อ t แทน ค่าที่จะใช้พิจารณา t – distribution

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียน
และหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

N แทน จำนวนนักเรียน

$(\sum D)^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนน
สอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนแต่ละ

คน

$$df = N - 1$$

จากตาราง พบว่า เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนการประเมินผลก่อนเรียน
และหลังเรียนด้วย t-test พบค่า $t = 15.33$ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาคผนวก ง-4

การวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม
การเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

ตารางที่ ง-4.1 วิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจของ
นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

ข้อที่	รายการ	ประมาณค่าความ คิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่า IOC	แปลผล
		1	2	3		
ด้านบรรยากาศ						
1	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง และกลุ่ม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลาย	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ยด้านบรรยากาศ					1.00	ใช้ได้
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
1	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ข้อที่	รายการ	ประมาณค่าความ คิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่า IOC	แปลผล
		1	2	3		
2	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ แลกเปลี่ยนความรู้ความคิด	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจ	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนกล้าคิดกล้า ตอบ	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ยด้านบรรยากาศ					1.00	ใช้ได้
ประโยชน์ที่ได้รับ						
1	การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	การจัดการเรียนรู้ทำให้จำเนื้อหาได้นาน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเองได้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนนำวิธีการเรียนรู้ ไปใช้ในวิชาอื่น ๆ	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการ คิดที่สูงขึ้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจโดย ใช้เหตุผล	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจและรู้จักเพื่อนมาก ขึ้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	กิจกรรมการเรียนการสอนนี้ทำให้ได้ทำงาน ร่วมกับผู้อื่น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ยด้านประโยชน์ที่ได้รับ					1.00	ใช้ได้

ภาคผนวก จ

ภาคผนวก จ-1

แบบสอบถามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้
รายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ของไหลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

นักเรียนเป็นผู้หนึ่งที่ได้รับเกียรติให้ตอบแบบสอบถามนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณนักเรียนไว้ ณ โอกาสนี้ วัตถุประสงค์ของแบบสอบถามนี้ เพื่อสอบถามความต้องการเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเถินวิทยาคม จังหวัดลำปาง ซึ่งข้อเท็จจริงและความคิดเห็นของนักเรียนจะเป็นประโยชน์ต่อตัวนักเรียนเองและนักเรียนในรุ่นต่อ ๆ ไป ถ้าข้อมูลที่นักเรียนกรอกนั้นตรงกับสภาพความเป็นจริงของนักเรียนมากที่สุด

แบบสอบถามนี้มีจำนวน 12 ข้อแต่ละข้อมีคำตอบให้เลือก 4 คำตอบ ซึ่งบ่งชี้ถึงข้อเท็จจริง ความคิดเห็นและลักษณะการปฏิบัติที่นักเรียนมีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ คำตอบในแต่ละข้อไม่มีการตัดสินว่าถูกหรือผิด เพราะแต่ละคนย่อมมีความรู้สึกนึกคิดและการปฏิบัติที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้อาจถูกเก็บเป็นความลับ จึงขอให้นักเรียนเลือกตอบให้ตรงกับความเป็นจริงให้มากที่สุด

คำชี้แจง

ขอให้นักเรียนอ่านข้อคำถามและคำตอบในแต่ละข้อให้ครบทุกคำตอบเสียก่อน แล้วพยายามให้ระดับคะแนนคำตอบที่นักเรียนเห็นด้วยหรือตรงกับสภาพการปฏิบัติจริงของนักเรียนมากที่สุดไปจนถึงคำตอบที่นักเรียนเห็นด้วยหรือตรงกับการปฏิบัติจริงของนักเรียน น้อยที่สุดลงในช่อง [] ทางด้านขวามือที่ตรงกับคำตอบแต่ละคำตอบให้ครบทุกคำตอบตามข้อตกลงดังต่อไปนี้

ให้คะแนน 4 สำหรับคำตอบที่เห็นด้วยหรือปฏิบัติ มากที่สุด

ให้คะแนน 3 สำหรับคำตอบที่เห็นด้วยหรือปฏิบัติ มาก

ให้คะแนน 2 สำหรับคำตอบที่เห็นด้วยหรือปฏิบัติ ปานกลาง

ให้คะแนน 1 สำหรับคำตอบที่เห็นด้วยหรือปฏิบัติ น้อยที่สุด

ตัวอักษร A B C D E ที่อยู่ด้านบนของตาราง ใช้ สำหรับผู้วิจัยเท่านั้น นักเรียนไม่ต้อง
คำนึงถึงในการตอบแบบสอบถาม การตอบแบบสอบถามไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือผิด คำตอบของ
นักเรียนไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียนแต่อย่างใด

ตัวอย่าง

ข้อที่	ข้อความ	รูปแบบการเรียนรู้				
		A	B	C	D	E
0	เมื่อมีการทำกิจกรรมกลุ่ม นักเรียนปฏิบัติอย่างไร ก. พยายามทำให้ดีกว่าเพื่อน ข. ขอคำอธิบายจากเพื่อนก่อนการทำงานเสมอ ค. ให้ความร่วมมือกับกลุ่มเมื่อกิจกรรมนั้นเกี่ยวข้องกับวิชาที่เรียน ง. ทำกิจกรรมตามหน้าที่ของตน	[4]			[2]	[1]
				[3]		

จากตัวอย่างข้างต้น แสดงว่า

ข้อ (0) คำตอบ ก นักเรียนเห็นด้วยหรือปฏิบัติ น้อยที่สุด

คำตอบ ข นักเรียนเห็นด้วยหรือปฏิบัติ มาก

คำตอบ ค นักเรียนเห็นด้วยหรือปฏิบัติ ปานกลาง

คำตอบ ง นักเรียนเห็นด้วยหรือปฏิบัติ มากที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	รูปแบบการเรียนรู้				
		A	B	C	D	E
1	นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ ก. เป็นวิชาที่เรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อสร้างการเรียนรู้ใหม่ ข. เป็นวิชาที่ต้องเรียนรู้แบบร่วมมือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ค. เป็นวิชาที่เน้นทักษะกระบวนการคิด ง. เป็นวิชาที่เปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างครูกับนักเรียน	[]	[]	[]	[]	
2	ในการเรียน เรื่อง ของไหล นักเรียนปฏิบัติอย่างไร ก. อ่านหนังสือ เรื่อง ของไหล ทุกหน้าที่เห็นว่าสำคัญ ข. อ่านหนังสือเรื่อง ของไหล เพื่อพัฒนาความคิด ค. อ่านหนังสือเรื่อง ของไหล เพื่อจัดทำโครงงาน ง. อ่านหนังสือเรื่อง ของไหล เพื่อความก้าวหน้าของนักเรียน	[]	[]		[]	[]
3	นักเรียนชอบการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ดังต่อไปนี้เพียงใด ก. เน้นผู้เรียนคิดจนสามารถนำองค์ความรู้เดิมมาใช้อย่างสร้างสรรค์ ข. มีการจัดทำโครงงานเพื่อเสนอแนวความคิด ค. ทำงานกลุ่มมากกว่าทำงานคนเดียว ง. ศึกษาหาความรู้และทำงานด้วยตนเองเสมอ	[]	[]		[]	[]
4	นักเรียนชอบกิจกรรมในรายวิชาฟิสิกส์แบบใด ก. กิจกรรมที่ต่างคนต่างทำ ด้วยความคิดของตนเอง ข. กิจกรรมที่ต้องจัดทำแบบโครงงาน ค. กิจกรรมที่ต้องอาศัยความร่วมมือซึ่งกันและกัน ง. กิจกรรมที่ต้องมีการเรียนแบบบูรณาการ	[]		[]	[]	[]

ข้อที่	ข้อความ	รูปแบบการเรียนรู้				
		A	B	C	D	E
5	นักเรียนชอบที่จะเข้าร่วมกิจกรรมต่อไปนี้เพียงใด ก. กิจกรรมที่นำตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานการณ์จริง ข. กิจกรรมที่ต้องอาศัยความร่วมมือซึ่งกันและกัน ค. กิจกรรมที่ใช้ทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ ง. กิจกรรมที่อาศัยความหลากหลายและสามารถนำไปใช้ประโยชน์	[]	[]	[]	[]	
6	นักเรียนชอบสภาพการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์แบบใด ก. นักเรียนมีอิสระในการหาความรู้ด้วยตนเอง ข. นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนมากที่สุด ค. นักเรียนมีการจัดกิจกรรมประกวดโครงงาน ง. นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้ในการทำการทดลอง	[]	[]	[]		[]
7	ขณะที่นักเรียนอยู่ในโรงเรียน นักเรียนปฏิบัติตนอย่างไร ก. ดูภาพยนตร์สะท้อนสังคม ข. ชักถามปัญหาที่ไม่เข้าใจจากครู ค. ฟังการบรรยายพิเศษที่ทางโรงเรียนจัดให้ ง. ค้นคว้าหาความรู้จากห้องสมุด	[]	[]	[]	[]	
8	เมื่อนักเรียนได้รับมอบหมายให้ค้นคว้าเนื้อหาเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร ก. วางแผนการทำงานเป็นขั้นตอน ข. ค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ค. วางแผนทำโดยศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ง. ทำงานร่วมกับเพื่อนเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	[]	[]	[]	[]	

ข้อที่	ข้อความ	รูปแบบการเรียนรู้				
		A	B	C	D	E
9	ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล นักเรียนเห็นด้วยกับข้อใด ก. ครูและนักเรียนต้องร่วมมือกันในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ข. ครูจะต้องสอนการจัดทำโครงงาน เรื่อง ของไหล ค. ผลการเรียนรู้จะดีขึ้นถ้ารู้จักหาความรู้ด้วยตนเอง ง. นักเรียนมีทักษะในการวางแผนการทำงานเป็นขั้นตอน		[]			[]
10	นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ก. เป็นวิชาที่มีการบูรณาการวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ข. ครูและนักเรียนมีการทำกิจกรรมร่วมกัน ค. มีการจัดทักษะกระบวนการคิด วิเคราะห์ เป็นขั้นตอน ง. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการเรียนวิชา ฟิสิกส์		[]		[]	
11	ข้อความต่อไปนี้ ตรง กับความคิดของนักเรียนเพียงใด ก. การเรียนฟิสิกส์ในชั้นเรียนเป็นเรื่องน่าเบื่อ ข. ชั้นเรียนเป็นที่ ๆ ใช้ศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่เรียน ค. ชั้นเรียนเปรียบเสมือนสถานที่แข่งขันความรู้ ง. ชั้นเรียนเป็นที่แลกเปลี่ยนความรู้และความคิด	[]		[]		[]
12	ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ นักเรียนมีจุดมุ่งหมายอย่างไร ก. ต้องการเป็นคนเก่งในสายตาคนอื่น ๆ ข. ต้องการมีทักษะกระบวนการคิดที่เป็นขั้นตอน ค. อยากมีอาชีพที่ก้าวหน้าเหมือนคนอื่น ๆ ง. เรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อน ๆ อย่างมีความสุข	[]		[]	[]	

ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้ประเมิน

ภาคผนวก จ-2

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อชุดการสอนโดยใส่
เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็น
ประโยชน์
ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

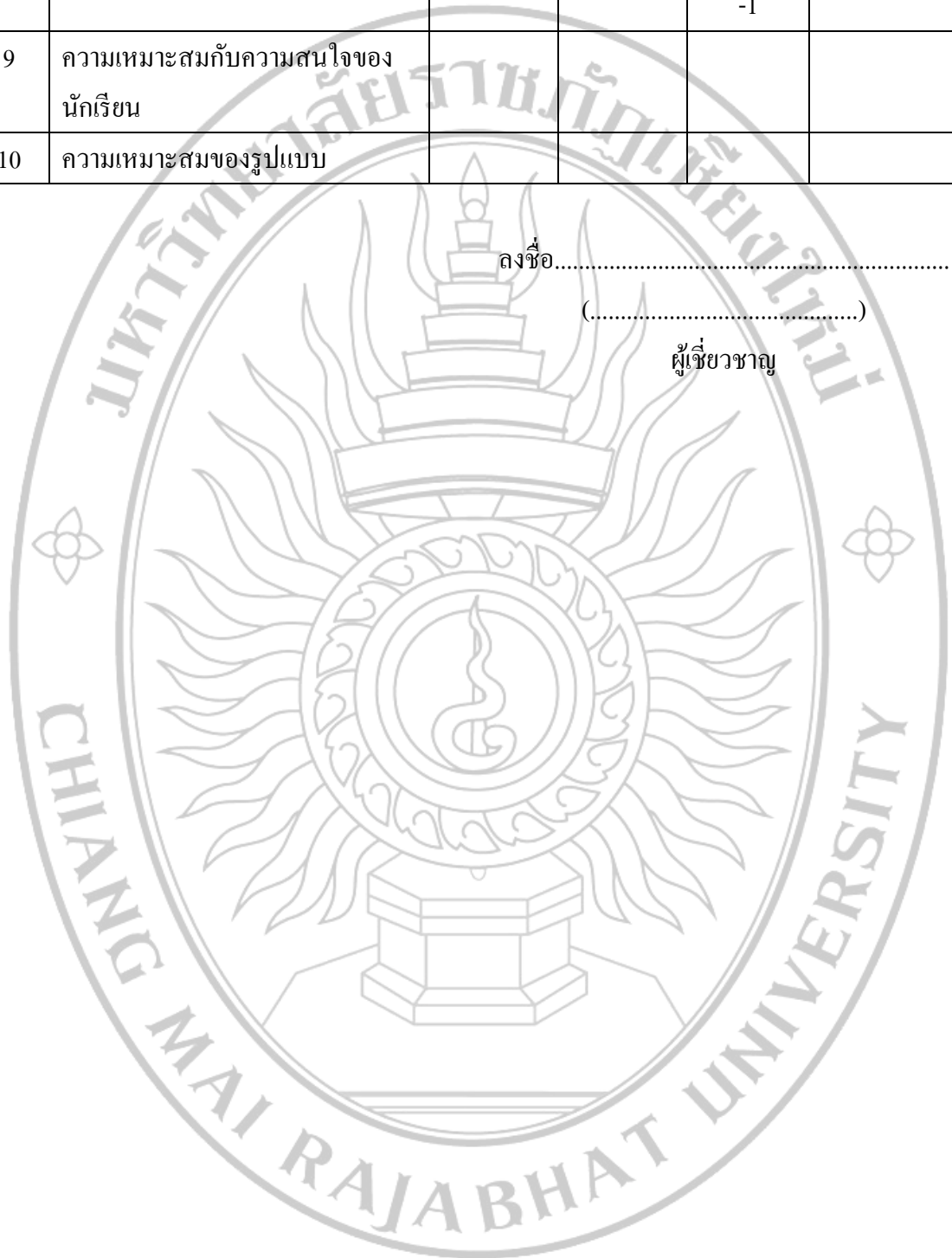
ข้อที่	รายการขอความคิดเห็น	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่ เหมาะสม -1	
1	ความสอดคล้องเหมาะสมกับหลักสูตร				
2	ความสอดคล้องเหมาะสมกับธรรมชาติวิชา				
3	ความสอดคล้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน				
4	ความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพปัจจุบันและปัญหา				
5	ความเหมาะสมต่อกระบวนการพัฒนาผู้เรียน				
6	ความเหมาะสมของเนื้อหา				
7	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร				
8	ความเหมาะสมของการใช้ภาษา				
ข้อที่	รายการขอความคิดเห็น	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ

		เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่ เหมาะสม -1	
9	ความเหมาะสมกับความสนใจของ นักเรียน				
10	ความเหมาะสมของรูปแบบ				

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



ภาคผนวก จ-3

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การไหลของวัสดุ
เม็ด ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน

ระดับ 5 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจน้อยที่สุด

ข้อที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านบรรยากาศ						
1	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม					
2	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง และกลุ่ม					
3	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน					
4	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ					
5	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลาย					

ข้อที่		รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
			5	4	3	2	1
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้							
1	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา						
2	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ความคิด						
3	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจ						
4	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนกล้าคิดกล้าตอบ						
5	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น						
6	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น						
7	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน						
ประโยชน์ที่ได้รับ							
1	การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย						
2	การจัดการเรียนรู้ทำให้จำเนื้อหาได้นาน						
3	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้						
4	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนนำวิธีการเรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่น ๆ						
5	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดที่สูงขึ้น						
6	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจโดยใช้เหตุผล						
7	การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจและรู้จักเพื่อนมากขึ้น						

ข้อที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
8	กิจกรรมการเรียนการสอนนี้ทำให้ได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

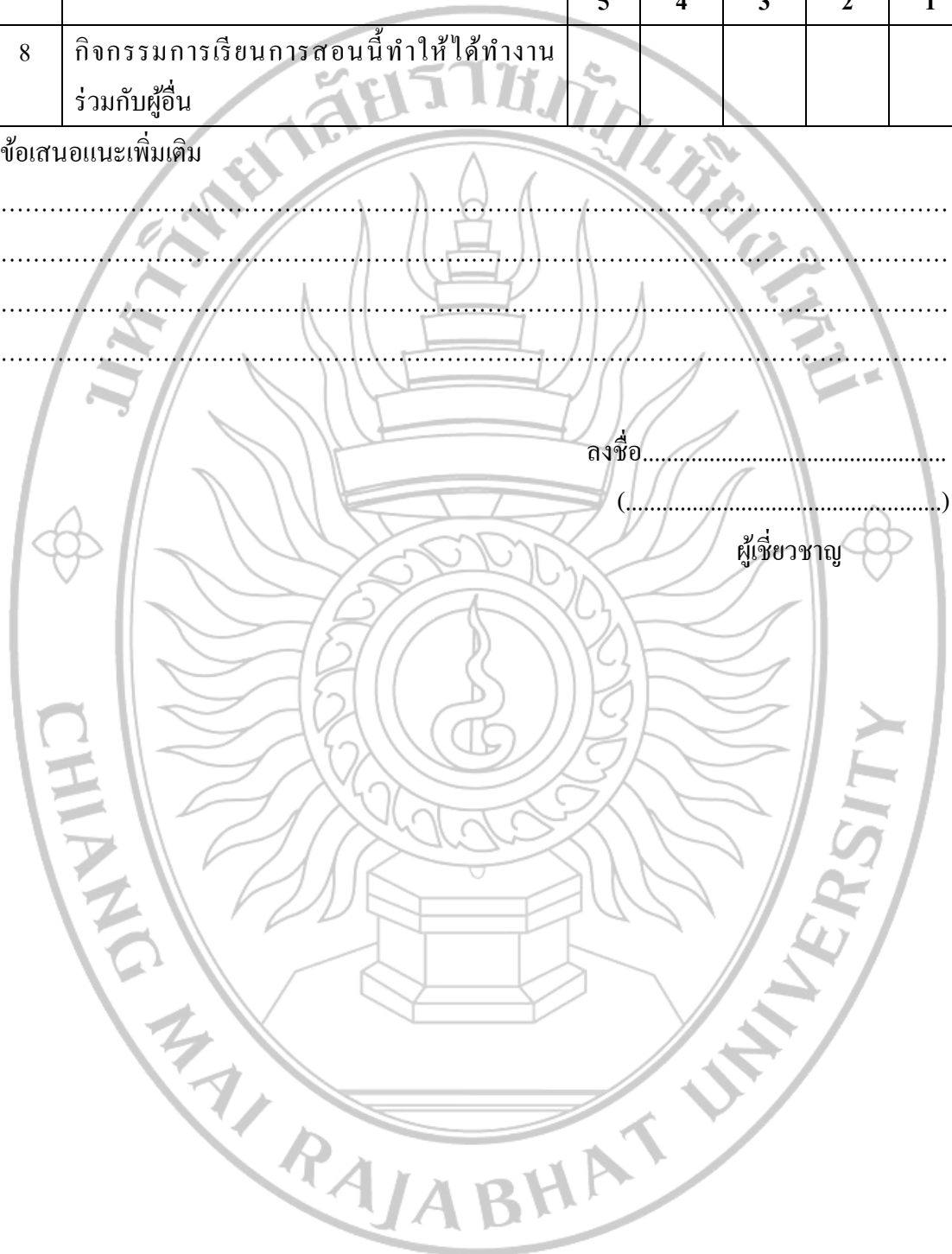
.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



ภาคผนวก จ-4

แบบตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence : IOC)

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ของไหล โดยใส่เครื่องหมาย (/) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1	แผนมืองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนและสัมพันธ์กัน				
2	เนื้อหา/สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์				
3	กิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์				
4	กิจกรรมหลากหลายเหมาะสมและสอดคล้องกับความสามารถผู้เรียน				
5	กิจกรรมเน้นทักษะกระบวนการคิด การลงมือปฏิบัติ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง				
6	กิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้น				
7	สื่อ/แหล่งเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมและจุดประสงค์				
8	สื่อหลากหลายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ วิจัย และความสามารถผู้เรียน				
9	วิธีการวัดผลและเครื่องมือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และกิจกรรม				
10	เกณฑ์การประเมินผลชัดเจน ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ				

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



ภาคผนวก จ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน

วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล

คำสั่ง จงเลือกกาบาท (X) ตัวเลือก ก, ข, ค และ ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุด

1. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1. ความดันหมายถึง แรงหรือน้ำหนักที่กระทำตั้งฉากลงบนพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย
2. ภายใต้สภาพแรงดึงดูดของโลก ความดันของของเหลว ณ ตำแหน่งใดๆ ขึ้นกับความ

หนาแน่น

ของของเหลวเท่านั้น

3. ในภาชนะปิด ปริมาตรของของเหลวจะคงที่ เมื่อเพิ่มแรงดันมากขึ้น

ข้อความใดถูกต้อง

ก. ข้อ 1, 2 และ 3

ข. ข้อ 1, 3

ค. ข้อ 2, 3

ง. ข้อ 1, 2

2. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1. ภายใต้สภาพแรงดึงดูดของโลก ความดันของของเหลว ณ ตำแหน่งใดๆ ขึ้นกับความลึกของตำแหน่งนั้น ที่วัดจากผิวของเหลว เท่านั้น

2. ณ ตำแหน่งใดๆ ในของเหลว แรงดันของของเหลวมีทุกทิศทางรอบตำแหน่งนั้น

3. ความดันเกจ คือความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของของเหลวเท่านั้น

ข้อความใดถูกต้อง

ก. ข้อ 1, 2 และ 3

ข. ข้อ 1, 3

ค. ข้อ 2, 3

ง. ข้อ 1, 2

3. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1. ของเหลวที่อยู่ติดกับภาชนะจะส่งแรงดันออกในทิศตั้งฉากกับผิวภาชนะที่ของเหลวนั้น

สัมผัสอยู่

2. ความดันของของเหลวจะแปรผันตรงกับความลึกของของเหลวนั้น

3. ความดันของของเหลวขึ้นอยู่กับรูปร่างของภาชนะและปริมาตรของของเหลว

ข้อความใดถูกต้อง

ก. ข้อ 1, 2 และ 3

ข. ข้อ 1, 3

ค. ข้อ 2, 3

ง. ข้อ 1, 2

4. ช้างหนัก 40,000 นิวตัน ยืนบนขาเดียวซึ่งมีพื้นที่หน้า 10^{-1} ตารางเมตร เทียบกับผู้หญิงหนัก 400 นิวตัน ยืนบนรองเท้าส้นสูงซึ่งมีพื้นที่ 10^{-4} ตารางเมตร จงหาว่า ความดันที่กระทำกับพื้นของ

ใครมากกว่า กันเท่าไร

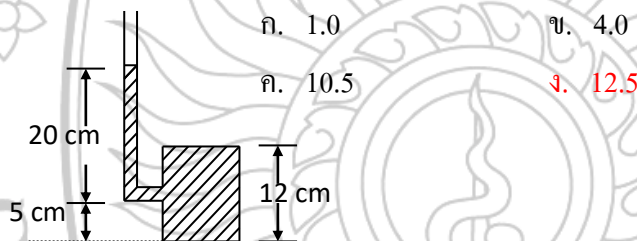
ก. ความดันที่กระทำกับพื้นของผู้หญิงมากกว่าความดันที่กระทำกับพื้นของช้าง 100 เท่า

ข. ความดันที่กระทำกับพื้นของช้างมากกว่าความดันที่กระทำกับพื้นของผู้หญิง 100 เท่า

ค. ความดันที่กระทำกับพื้นของผู้หญิงมากกว่าความดันที่กระทำกับพื้นของช้าง 10 เท่า

ง. ความดันที่กระทำกับพื้นของช้างมากกว่าความดันที่กระทำกับพื้นของผู้หญิง 10 เท่า

5. จากรูปที่ด้านบนและก้นภาชนะมีพื้นที่ 50 ตร.ซม. จงหาแรงดันของน้ำที่ด้านบนของภาชนะในหน่วยนิวตัน เมื่อ ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$



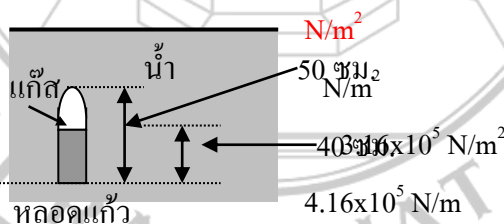
6. หลอดแก้วยาว 50 ซม. ครึ่งแล้วกดให้ปากหลอดต่ำกว่าผิวน้ำ 2 เมตร ปรากฏว่า น้ำดันเข้าไปในหลอดได้ 40 ซม. จงหาความดันของแก๊สในหลอดนี้ เมื่อความดันอากาศเท่ากับ $1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

ก. 1.16×10^5

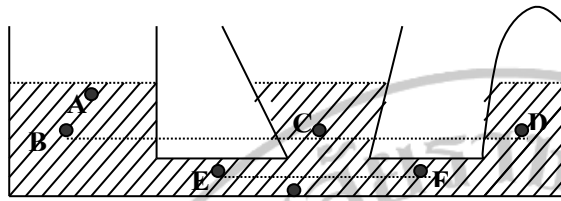
ข. 1.16×10^5

ค. 1.16×10^5

ง. 1.16×10^5



7. จงพิจารณาจากรูป ของเหลวชนิดเดียวกันที่ต่อถึงกัน ความดันของของเหลวในข้อใดถูกต้อง



ก. $P_A = P_B = P_E = P_F = P_G$

ข. $P_G > P_E$ และ $(P_C = P_D) < P_A$

ค. $P_C < P_E$ และ $(P_D = P_B) > P_G$

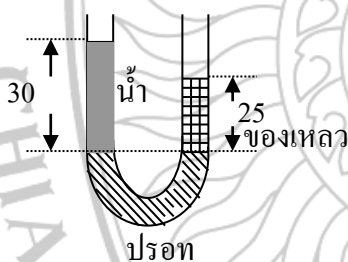
ง. $P_A < P_B$ และ $(P_E = P_F) > P_C$

8. หลอดแก้วรูปตัวยู มีปรอทบรรจุอยู่ตอนล่าง ค่อยๆรินน้ำลงไปข้างหลอดด้านหนึ่งให้มีระดับน้ำสูง

30 ซม. และค่อยๆรินของเหลวอีกชนิดหนึ่งลงไปข้างหลอดอีกด้านหนึ่งจนมีระดับของของเหลว

สูง 25 ซม. มีผลให้ระดับปรอททั้งสองข้างเท่ากันได้ จงหาความหนาแน่นของของเหลวนั้น ถ้าความ

หนาแน่นของน้ำเท่ากับ 10^3 kg/m^3



ก. $1.35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

ข. $1.33 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

ค. $1.25 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

ง. $1.20 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

9. เชือกหนึ่งระดับของน้ำเหนือเชือกสูง 20 เมตร ถ้าเชือกยาว 80 เมตร จงหาว่าขณะนั้นตัวเชือก

จะรับแรงดันของน้ำเหนือเชือกที่นิวตัน

ก. 1.7×10^8

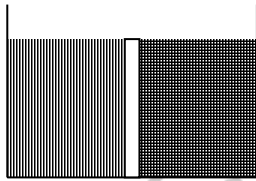
ข. 1.6×10^8

ค. 1.5×10^8

ง. 0.1×10^8

10. อ่างเลี้ยงปลาใบหนึ่งต้องการเลี้ยงปลาน้ำเค็มและน้ำจืดในตู้เดียวกัน จึงกั้นด้วยกระจกตรงกลางของ อ่าง ข้างหนึ่งใส่น้ำจืดอีกข้างหนึ่งใส่น้ำเค็ม ถ้าอ่างกว้าง 60 ซม. ยาว 100 ซม. ถ้าใส่น้ำจืดและน้ำเค็ม

มีระดับเท่ากับ 50 ซม. จงหาแรงดันที่เกิดขึ้นกับกระจกที่กั้นตรงกลาง เมื่อความหนาแน่นของน้ำจืด และน้ำเค็มเท่ากับ $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $1.025 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ



ก. 18.25 N

ข. 18.65 N

ค. 18.75 N

ง. 18.95 N

11. ในการออกแบบเครื่องบินให้มีแรงยกขึ้น 900 นิวตันต่อตารางเมตรของพื้นที่ปีกโดยถือว่าลมที่พัด

ผ่านสมำเสมอถ้าลมที่พัดได้ปีกมีอัตราเร็ว 100 เมตรต่อวินาทีจงหาความเร็วของลมเหนือปีกเครื่องบินเพื่อให้ได้แรงยกตามต้องการ กำหนดให้อากาศมีความหนาแน่น 1.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ก. 100.6 m/s

ข. 105.6 m/s

ค. 1,106.6 m/s

ง. 106.7 m/s

12. อัตราเร็วของลมพายุที่พัดเหนือหลังคาบ้านหลังหนึ่งเป็น 30 เมตรต่อวินาทีถ้าหลังคาบ้านมีพื้นที่ 175

ตารางเมตรแรงยกที่กระทำกับหลังคาบ้านเท่าใด กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศขณะนั้นเท่ากับ 0.3 กิโลกรัมต่อเมตรและ $g = 10 \text{ m/s}^2$

ก. 26,352 นิวตัน

ข. 25,632 นิวตัน

ค. 23,625 นิวตัน

ง. 23,652 นิวตัน

13. พายุไซโคลนพัดผ่านบ้านหลังหนึ่งโดยมีอัตราเร็วลมเหนือหลังคาบ้านเป็น 40 เมตรต่อวินาทีโดยพื้นที่ของหลังคาบ้านเป็น 200 ตารางเมตรและความหนาแน่นอากาศเป็น 0.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จงหาแรงยกที่กระทำต่อหลังคาบ้าน

ก. 24,000 นิวตัน

ข. 40,000 นิวตัน

ค. 48,000 นิวตัน

ง. 55,000 นิวตัน

14. เครื่องบินลำหนึ่งขณะที่กำลังบินความเร็วอากาศที่พัดผ่านส่วนบนของปีกเท่ากับ 110 เมตรต่อวินาที ผ่านส่วนล่างของปีก 100 เมตรต่อวินาทีจะทำให้แรงยกขึ้นมีขนาดกี่นิวตันต่อตารางเมตร กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศขณะนั้นเท่ากับ 1.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ก. 1235.0

ข. 133.25

ค. 1365.0

ง. 2,665.0

15. ถังน้ำมันขนาดใหญ่มีรูรั่วที่ระยะลึก 10 เมตร จากผิวน้ำมัน ถ้ำถังน้ำมันปิดสนิทและความดันที่ผิวน้ำมันเท่ากับ 3×10^5 พาสคัล และความดันบรรยากาศเท่ากับ 1.0×10^5 พาสคัลจงหาอัตราเร็ว

ของน้ำมันที่พุ่งออกจากถัง(กำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำมันเท่ากับ 500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและความเร็วโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที²)

ก. 10 เมตรต่อวินาที

ข. $10\sqrt{10}$ เมตรต่อวินาที

ค. $10\sqrt{5}$ เมตรต่อวินาที

ง. $10\sqrt{2}$ เมตรต่อวินาที

16. แท่งค้ำน้ำเปิดสูง 1.5 เมตร มีน้ำอยู่ 1.25 เมตร ที่ก้นแท่งค้ำด้านข้างมีท่อเปิดอยู่และแท่งค้ำน้ำตั้งอยู่สูงจากพื้น 5 เมตรจงหา ก. อัตราเร็วของน้ำที่พุ่งออกจากท่อด้านล่าง ข. น้ำพุ่งออกไปในแนวราบได้ไกลเท่าไร

ก. $V_2 = 5 \text{ m/s}$ $S_x = 5 \text{ m}$

ข. $V_2 = 4 \text{ m/s}$ $S_x = 4 \text{ m}$

ค. $V_2 = 6 \text{ m/s}$ $S_x = 6 \text{ m}$

ง. $V_2 = 8 \text{ m/s}$ $S_x = 8 \text{ m}$

17. ถังน้ำเปิดสูง 2 เมตรบรรจุน้ำอยู่เต็มถึงตั้งบนฐานสูง 3.8 เมตร ถ้าเจาะรูด้านข้างถังโดยสูงจากก้น

ถึงขึ้นมา 1.2 เมตร จงหาว่าน้ำจะพุ่งออกจากรูที่เจาะด้วยความเร็วเท่าไร

ก. 4.0 m/s

ข. 4.9 m/s

ค. 6.8 m/s

ง. 10.0 m/s

18. พายุไต้ฝุ่นจ่ามมีอัตราเร็วลม 50 เมตร/วินาที พัดผ่านบ้านหลังหนึ่งซึ่งหลังคาบ้านมีพื้นที่ 10 ตารางเมตรและความหนาแน่นของอากาศบริเวณนั้น 0.5 กิโลกรัม/เมตร³ แรงยกที่กระทำต่อหลังคาบ้านหลังนี้มีค่ากี่กิโลนิวตัน

ก. 62.5

ข. 50.5

ค. 25.5

ง. 6.25

19. ถังน้ำมีน้ำบรรจุอยู่ h เมตร ที่ข้างถังมีรูเล็กๆ ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างระดับน้ำกับก้นถัง เมื่อปล่อยน้ำให้พุ่งออกจากรูเล็กๆ นี้ อัตราเร็วของน้ำที่พุ่งออกมีค่ากี่เมตรต่อวินาที

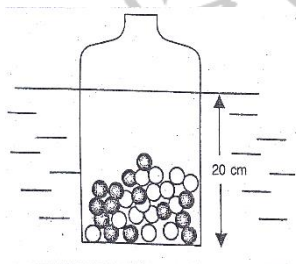
ก. $\sqrt{gh}$

ข. $\sqrt{2gh}$

ค. gh

ง. 2gh

20. ขวดใต้อีกขวดทรงกระบอกใบหนึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ลอยอยู่ในน้ำดังรูป จงคำนวณว่าขวดและลูกกวาดมีมวลรวมกันเท่ากับเท่าไร



ก. 780 g

ข. 1,180 g

ค. 1,571 g

ง. 1,960 g

21. น้ำแข็งมีความหนาแน่น $0.92 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ลอยอยู่ในน้ำทะเลที่มีความหนาแน่น $1.04 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

จงหาว่า น้ำแข็งจมน้ำเป็นปริมาตรกี่เปอร์เซ็นต์

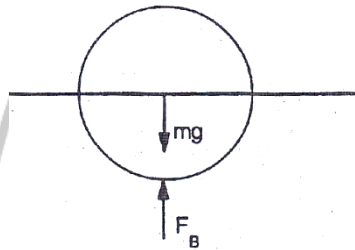
ก. 86.9 เปอร์เซ็นต์

ข. 87.7 เปอร์เซ็นต์

ค. 88.5 เปอร์เซ็นต์

ง. 89.0 เปอร์เซ็นต์

22. วัตถุทรงกลมตันลูกหนึ่งลอยอยู่ในของเหลว โดยจมลงไปครึ่งลูกพอดี กำหนดว่าของเหลวมีความหนาแน่น 1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาว่าความหนาแน่นของวัตถุมีค่าเท่าใด



ก. 0.6 g/cm^3

ข. 0.8 g/cm^3

ค. 0.9 g/cm^3

ง. 1.0 g/cm^3

23. นอกจากการไหลของของเหลวแล้วยังมีการไหลแบบใดอีก

ก. การไหลของของแข็ง

ข. การไหลของวัสดุเม็ด

ค. การไหลของแก๊ส

ง. ถูกทุกข้อ

24. อัตราการไหล หมายถึงอะไร

ก. ระยะทางของการเคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ข. ปริมาตรของของไหลที่เคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ค. น้ำหนักของของไหลต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ง. มวลของของไหลต่อหนึ่งหน่วยเวลา

25. การไหลแบบใดมีอัตราการไหลเชิงมวลมากที่สุด

ก. มุมสอบเปอร์น้อย มุมไหลคมาก ขนาดช่องปล่อยมาก

ข. มุมสอบเปอร์น้อย มุมไหลคน้อย ขนาดช่องปล่อยมาก

ค. มุมสอบเปอร์น้อย มุมไหลคน้อย ขนาดช่องปล่อยน้อย

ง. มุมสอบเปอร์มาก มุมไหลคมาก ขนาดช่องปล่อยมาก

26. วัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2, 3 และ 4 เซนติเมตร ไหลผ่านมุมสอบเปอร์ 30 องศา มุมไหล 30 องศา และขนาดช่องปล่อย 2 เซนติเมตร วัสดุเม็ดขนาดใดไหลผ่านทำมุมกองมากที่สุด

ก. วัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

- ข. วัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร
 ค. วัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร
 ง. วัสดุเม็ดทั้ง 3 ขนาด ไหลผ่านทำมูกองเท่ากัน

27. นำไม้รูปลูกบาศก์มีความยาวด้านละ 0.5 เมตร มีความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไปลอยน้ำที่มีความหนาแน่น 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้แรงเท่าใดกดที่แท่งไม้ เพื่อให้แท่งไม้จมมิดน้ำพอดี (กำหนดให้ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที²)

- ก. 125 นิวตัน
 ข. 250 นิวตัน
 ค. 375 นิวตัน
 ง. 500 นิวตัน

28. ท่อน้ำที่จุด A มีรัศมีเป็น 2 เท่าของจุด B ถ้าอัตราเร็วของน้ำที่จุด A เป็น 5 เมตร/วินาที อัตราเร็วที่จุด B จะเป็นกี่เมตร/วินาที



- ก. 10
 ข. 20
 ค. 25
 ง. 50

29. ถ้าน้ำในท่อประปาที่ไหลผ่านมาตรวัดเข้าบ้าน มีอัตราการไหล 60 ลิตรต่อวินาที จงหาอัตราเร็วของน้ำในท่อประปาเมื่อไหลผ่านท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

- ก. $\frac{10}{\pi}$ เมตรต่อวินาที
 ข. $\frac{15}{\pi}$ เมตรต่อวินาที
 ค. $\frac{20}{\pi}$ เมตรต่อวินาที
 ง. $\frac{25}{\pi}$ เมตรต่อวินาที

30. น้ำไหลลงมาตามสายยางที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมขนาด 1.0 cm^2 ด้วยอัตราเร็ว 4.0 m/s จงหาอัตราเร็วของน้ำในสายยางดังกล่าวถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายยางลดลงเป็น $\frac{1}{2}$ เท่าของค่าเดิม

- ก. 1.0 m/s
 ข. 4.0 m/s
 ค. 8.0 m/s
 ง. 16 m/s

แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

โดยใช้กระบวนการ GIP2A

(Group Processing- Investigate- Process experience-Aggregate- Application)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชา ฟิสิกส์ 5 รหัสวิชา ว30205

ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ของไหล

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลศาสตร์ของของไหล

ผู้สอน นางสาวรัชนิกร กันธิวงศ์

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียน

จำนวน 21 ชั่วโมง

จำนวน 4 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการ การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

สาระสำคัญ

พลศาสตร์ของของไหล เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านของไหลหรือการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านวัตถุ

อัตราการไหลเชิงมวล (Mass flow rate) หมายถึงมวลของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่ตัดขวางในหน่วยเวลา

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหล
2. อธิบายความหมายของพลศาสตร์ของของไหล
3. จำแนกประเภทหรือสร้างเกณฑ์เกี่ยวกับของไหล

4. ทดลองเกี่ยวกับการไหลของวัสดุเม็ด
5. นำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหลไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

สาระการเรียนรู้

พลศาสตร์ของของไหล เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านของไหลหรือการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านวัตถุ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรตลอดจนยานพาหนะ ให้มีประสิทธิภาพและได้รับแรงต้านจากการไหลน้อยที่สุด

การเคลื่อนที่ของของไหล

จำเป็นต้องศึกษาสมบัติพื้นฐานของของไหล ของไหลอุดมคติมีสมบัติดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ
2. มีการไหลโดยไม่หมุน
3. มีการไหลโดยไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด
4. ไม่สามารถอัดได้

อัตราการไหล (Flow rate)

อัตราการไหล หมายถึง ปริมาตรของของไหลที่เคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งปริมาณการไหลที่กำลังเคลื่อนที่แสดงได้ 3 รูปแบบ

1. อัตราการไหลโดยปริมาตร เป็นการไหลของของไหลโดยปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา (m^3/s)

หาได้จากสมการ $Q = AV$

เมื่อ	Q	คือ	อัตราการไหลโดยปริมาตร หน่วย m^3/s
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการไหล หน่วย m^2
	V	คือ	ความเร็วในการไหล หน่วย m/s

2. อัตราการไหลโดยน้ำหนัก เป็นการไหลของของไหลโดยมวลต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg/s) หาได้จากสมการ $W = \gamma AV = \gamma Q$

เมื่อ	W	คือ	อัตราการไหลโดยน้ำหนัก หน่วย N/s
	γ	คือ	น้ำหนักจำเพาะของของไหล หน่วย (N/m^3)
	Q	คือ	อัตราการไหลโดยปริมาตร หน่วย m^3/s

3. อัตราการไหลโดยมวล เป็นการไหลของของไหลโดยมวลต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg/s)

หาได้จากสมการ $Q_m = \rho AV = \rho Q$

หรือ			$Q_m = \frac{m}{t}$
เมื่อ	Q_m	คือ	อัตราการไหลโดยมวล หน่วย kg/s
	ρ	คือ	ความหนาแน่นของของไหล หน่วย (kg/m ³)
	Q	คือ	อัตราการไหลโดยปริมาตร หน่วย m ³ /s
	m	คือ	มวลที่ไหลออกมาได้ หน่วย kg
	t	คือ	เวลาที่ใช้ในการไหล หน่วย s

ทักษะกระบวนการ

การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

คุณลักษณะ(จิตวิทยาศาสตร์)

ความสนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. การสร้างทีม (Group Processing)

- 1.1 ครูชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
- 1.2 ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
- 1.3 ให้นักเรียนวางแผนเรียนรู้ร่วมกัน แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ
- 1.4 ศึกษาเนื้อหาจากใบความรู้ที่ 1 เรื่อง พลศาสตร์ของของไหล และ ใบความรู้ที่ 2

เรื่อง การใช้โปรแกรม Tracker

2. การสำรวจ ค้นหา (Investigate)

2.1 นักเรียนสรุปประเด็นเนื้อหาจากใบความรู้ที่ 1 เรื่อง พลศาสตร์ของของไหล และ ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง การใช้โปรแกรม Tracker และแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันให้เข้าใจอย่างถ่องแท้

2.2 นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทดลองในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ค

2.3 นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลเรื่อง ของไพล เพิ่มเติมจาก Internet และหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 5 นำมาอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อเตรียมพร้อมในการทำการทดลอง

3. กระบวนการสร้างประสบการณ์ (Process Experience)

3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด และบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

3.2 ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในตารางการทดลอง และเขียนกราฟการทดลอง

3.3 ให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง

4. การรวบรวม สรุป (Aggregate)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการจากการทดลองชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

4.2 ครูสอบถามนักเรียนว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการศึกษาเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

4.3 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปผลจากการทำกิจกรรมจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

4.4 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปการไหลของวัสดุเม็ด ดังต่อไปนี้

- วัสดุเม็ดเมื่อไหลผ่านขนาดช่องปล่อยจะเกิดการกองที่พื้นโดยทำมุมกับแนวระดับเรียนว่า มุมกอง

- ตัวปล่อยวัสดุเม็ดให้วัสดุเม็ดเคลื่อนที่ผ่านได้เรียนว่า ฮอปเปอร์ หากฮอปเปอร์ทำมุมมาก มุมกองที่ได้จะมีค่าน้อย เมื่อฮอปเปอร์ทำมุมน้อย มุมกองที่ได้จะมีค่ามาก

- มุมกองนอกจากเปลี่ยนแปลงตามขนาดช่องปล่อยและมุมฮอปเปอร์แล้ว มุมกองยังเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อมุมไหลมีค่าเปลี่ยนแปลงด้วยคือ มุมไหลน้อยมุมกองจะมีค่ามาก และมุมไหลมากมุมกองจะมีค่าน้อย

- มุมฮอปเปอร์ ขนาดช่องปล่อย และมุมไหล มีผลทำให้เกิดอัตราการไหลมีค่าต่างกันนั้นคือ หากมุมฮอปเปอร์ มุมไหล และขนาดช่องปล่อยมีค่ามากจะทำให้เกิดอัตราการไหลมาก

5. การนำไปใช้ (Application)

5.1 ครูให้นักเรียนเสนอแนวคิดในการนำความเข้าใจเกี่ยวกับการไหลของวัสดุเม็ดไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

5.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปเชื่อมโยงความคิดเกี่ยวกับการไหลของวัสดุเมื่อดำเนินการทดลองของของไหล

ประเมินผลการทำกิจกรรม

1. แบบประเมินแบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน
2. แบบประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้
3. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สื่อการสอน

1. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง พลศาสตร์ของของไหล
2. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง การใช้โปรแกรม Tracker
3. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 5
4. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ของไหล

การวัดและประเมินผล

แบบประเมินผลการทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน เรื่อง ของไหล

ชื่อ.....นามสกุล.....

ข้อเลข	ก่อนเรียน		หลังเรียน		หมายเหตุ
	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	
ข้อที่ 1 ตอบ					เกณฑ์การประเมิน
ข้อที่ 2 ตอบ					25 – 30 หมายถึง ดีมาก
ข้อที่ 3 ตอบ					20 – 24 หมายถึง ดี
ข้อที่ 4 ตอบ					10 – 19 หมายถึง ปานกลาง
ข้อที่ 5 ตอบ					5 – 9 หมายถึง พอใช้
ข้อที่ 6 ตอบ					0 – 4 หมายถึง ปรับปรุง
ข้อที่ 7 ตอบ					
ข้อที่ 8 ตอบ					
ข้อที่ 9 ตอบ					
ข้อที่ 10 ตอบ					
ข้อที่ 11 ตอบ					
ข้อที่ 12 ตอบ					
ข้อที่ 13 ตอบ					
ข้อที่ 14 ตอบ					
ข้อที่ 15 ตอบ					
ข้อที่ 16 ตอบ					
ข้อที่ 17 ตอบ					
ข้อที่ 18 ตอบ					
ข้อที่ 19 ตอบ					

ข้อเฉลย	ก่อนเรียน		หลังเรียน		หมายเหตุ
	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	
ข้อที่ 20 ตอบ					เกณฑ์การประเมิน 25 – 30 หมายถึง ดีมาก 20 – 24 หมายถึง ดี 10 – 19 หมายถึง ปานกลาง 5 – 9 หมายถึง พอใช้ 0 – 4 หมายถึง ปรับปรุง
ข้อที่ 21 ตอบ					
ข้อที่ 22 ตอบ					
ข้อที่ 23 ตอบ					
ข้อที่ 24 ตอบ					
ข้อที่ 25 ตอบ					
ข้อที่ 26 ตอบ					
ข้อที่ 27 ตอบ					
ข้อที่ 28 ตอบ					
ข้อที่ 29 ตอบ					
ข้อที่ 30 ตอบ					

รายการประเมิน	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) - อธิบายการไหลและอัตรา การไหลเชิงมวล	ผลงาน - ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อด	แบบประเมินชุด กิจกรรมการเรียนรู้ ที่ 1 เรื่อง การไหล ของวัสดุเมื่อด	ร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ - การทดลอง	แบบบันทึกการทดลองชุด กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การไหลของวัสดุเมื่อด	แบบประเมินทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ การทดลอง	อยู่ในระดับ พอใช้ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึง ประสงค์ (A) - ใฝ่รู้ - มีวินัย - มุ่งมั่นในการทำงาน	สังเกตพฤติกรรมการทำงาน	แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์	อยู่ในระดับ พอใช้ขึ้นไป

การตอบคำถามจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การไหลของวัสดุเมื่อดึงที่ประเมิน

รายการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (10 คะแนน)	2 (5 คะแนน)	1 (3 คะแนน)
ความถูกต้อง	นักเรียนสามารถตอบ คำถามชุดกิจกรรมการ เรียนรู้ที่ 1 ได้ถูกต้อง 6 - 7 ข้อ	นักเรียนสามารถตอบ คำถามใบงานที่ 1 ได้ ถูกต้อง 3 - 5 ข้อ	นักเรียนสามารถตอบ คำถามใบงานที่ 1 ได้ ถูกต้อง 1 - 3 ข้อ

เกณฑ์การตัดสิน

ช่วงคะแนน	6-7	ระดับคุณภาพ	3	ความหมาย	ดี
ช่วงคะแนน	3-5	ระดับคุณภาพ	2	ความหมาย	พอใช้
ช่วงคะแนน	1-3	ระดับคุณภาพ	1	ความหมาย	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน : นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (P)

การทดลองกิจกรรมที่ 1 การไหลของวัสดุเมื่อดึงที่ประเมิน

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (5 คะแนน)	2 (3 คะแนน)	1 (1 คะแนน)
วิธีดำเนินการทดลอง	กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม	กำหนดวิธีการขั้นตอนไม่ถูกต้องและเลือกใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง ต้องให้ความช่วยเหลือ
การปฏิบัติการทดลอง	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่างๆได้ถูกต้อง	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่างๆได้ถูกต้อง ถ้าให้คำแนะนำ	ดำเนินการทดลองไม่เป็นขั้นตอน ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้ไม่ถูกต้อง และต้องให้ความช่วยเหลือ
ความคล่องแคล่วในขณะทำการทดลอง	มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และใช้อุปกรณ์ ดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัย และเสร็จทันเวลา	มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง ใช้อุปกรณ์ ดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัย เสร็จทันเวลา แต่ได้รับคำแนะนำ	ขาดความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง การใช้อุปกรณ์ ดำเนินการทดลองและเสร็จไม่ทันเวลา
นำเสนอผลการทดลอง	บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองถูกต้อง และนำเสนอเป็นขั้นตอน ชัดเจน	บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองถูกต้อง แต่นำเสนอไม่เป็นขั้นตอน	ต้องให้คำแนะนำในการบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และนำเสนอจึงจะปฏิบัติได้

เกณฑ์การประเมิน

นักเรียนมีทักษะกระบวนการการทดลอง โดยมีคะแนนจากใบประเมินทักษะกระบวนการทดลองรวมอยู่ในระดับ พอใช้ ขึ้นไป

ช่วงคะแนน 20-16 ระดับคุณภาพ 3 ความหมาย ดี

ช่วงคะแนน 15 - 8 ระดับคุณภาพ 2 ความหมาย พอใช้

ช่วงคะแนน ต่ำกว่า 8 ระดับคุณภาพ 1 ความหมาย ปรับปรุง



แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

มีวินัย มีวินัย และมุ่งมั่นในการทำงาน สิ่งที่จะประเมินคือ

รายการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3	2	1
1. มีวินัย	เข้าห้องเรียน และส่งงาน ตรงต่อเวลา ประพฤติตน ตามข้อตกลง กฎเกณฑ์	เข้าห้องเรียนช้า ส่งงาน ตรงต่อเวลา ประพฤติตน ตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ เล็กน้อยบางส่วน	เข้าห้องเรียน และส่ง งานไม่ตรงต่อเวลา ไม่ ประพฤติดตนตาม ข้อตกลง กฎเกณฑ์
2. ใฝ่เรียนรู้	ศึกษาหาความรู้จากหนังสือ และเทคโนโลยี แหล่ง เรียนรู้ นอกและใน โรงเรียน แลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น และบันทึกความรู้จาก แหล่งที่เรียนมา	ศึกษาหาความรู้จากการ แลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น และนำมาบันทึก	ศึกษาหาความรู้ภายใน โรงเรียนและบันทึก ความรู้จากแหล่งที่ เรียนมา
3. มุ่งมั่นใน การทำงาน	ตั้งใจและรับผิดชอบในการ ทำงานที่ได้รับมอบหมาย จนสำเร็จมีการปรับปรุง งานให้ดีขึ้น	ตั้งใจและรับผิดชอบใน การทำงานที่ได้รับ มอบหมายให้สำเร็จ	เอาใจใส่ต่อการปฏิบัติ หน้าที่ที่ได้รับ มอบหมาย

เกณฑ์การตัดสิน

ช่วงคะแนน	10 - 8	ระดับคุณภาพ	3	ความหมาย	ดี
ช่วงคะแนน	7 - 5	ระดับคุณภาพ	2	ความหมาย	พอใช้
ช่วงคะแนน	4 - 3	ระดับคุณภาพ	1	ความหมาย	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน : นักเรียนได้ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการสอน

1. สรุปผลการสอน

.....

.....

.....

2. ปัญหาอุปสรรค

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้สอน

(นางสาวรัชนิกร กันธวงศ์)

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

ความคิดเห็นของหัวหน้าสถานศึกษา หรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง พลศาสตร์ของของไหล

พลศาสตร์ของของไหล เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านของไหลหรือการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านวัตถุ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรตลอดจนยานพาหนะ ให้มีประสิทธิภาพและได้รับแรงต้านจากการไหลน้อยที่สุด

การเคลื่อนที่ของของไหล

จำเป็นต้องศึกษาสมบัติพื้นฐานของของไหล ของไหลอุดมคติมีสมบัติดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ
2. มีการไหลโดยไม่หมุน
3. มีการไหลโดยไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด
4. ไม่สามารถอัดได้

อัตราการไหล (Flow rate)

อัตราการไหล หมายถึง ปริมาตรของของไหลที่เคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งปริมาณการไหลที่กำลังเคลื่อนที่แสดงได้ 3 รูปแบบ

1. อัตราการไหลโดยปริมาตร เป็นการไหลของของไหลโดยปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา (m^3/s) หาได้จากสมการ $Q = AV$

เมื่อ	Q	คือ	อัตราการไหลโดยปริมาตร หน่วย m^3/s
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการไหล หน่วย m^2
	V	คือ	ความเร็วในการไหล หน่วย m/s

2. อัตราการไหลโดยน้ำหนัก เป็นการไหลของของไหลโดยมวลต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg/s) หาได้จากสมการ $W = \gamma AV = \gamma Q$

เมื่อ	W	คือ	อัตราการไหลโดยน้ำหนัก หน่วย N/s
	γ	คือ	น้ำหนักจำเพาะของของไหล หน่วย (N/m^3)
	Q	คือ	อัตราการไหลโดยปริมาตร หน่วย m^3/s

3. อัตราการไหลโดยมวล เป็นการไหลของของไหลโดยมวลต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg/s)

หาได้จากสมการ $Q_M = \rho AV = \rho Q$

หรือ $Q_M = \frac{m}{t}$

เมื่อ	Q_M	คือ	อัตราการไหลโดยมวล หน่วย kg/s
	ρ	คือ	ความหนาแน่นของของไหล หน่วย (kg/m^3)

Q	คือ	อัตราการไหลโดยปริมาตร หน่วย m^3/s
m	คือ	มวลที่ไหลออกมาได้ หน่วย kg
t	คือ	เวลาที่ใช้ในการไหล หน่วย s

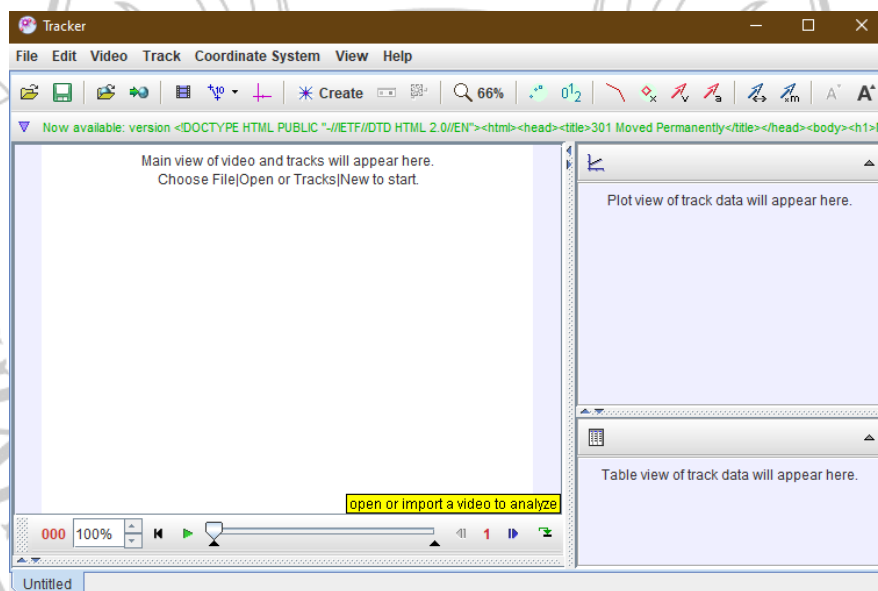


ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง การใช้โปรแกรม Tracker

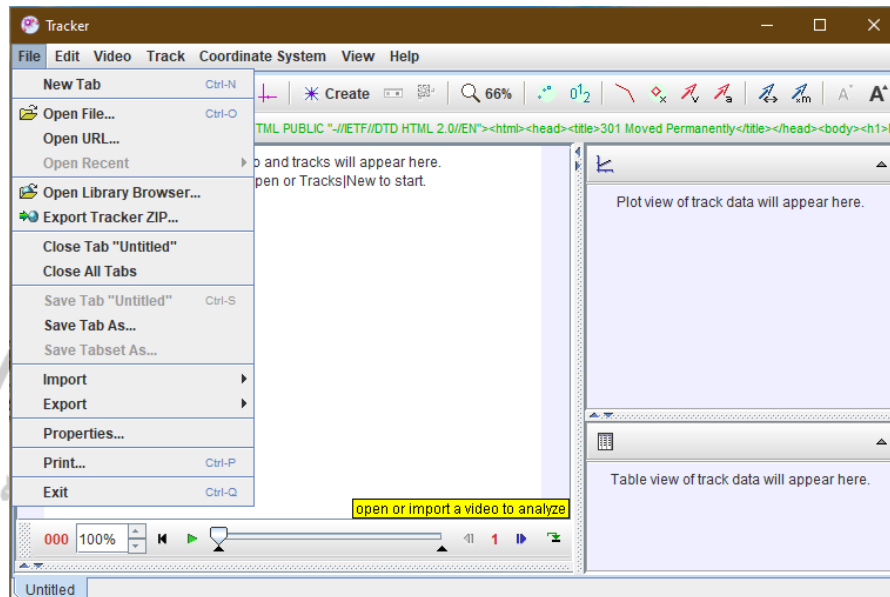
โปรแกรม Tracker เป็นโปรแกรมสำหรับช่วยวิเคราะห์ผล เช่น การเคลื่อนที่แบบต่างๆ การเคลื่อนที่ของวัตถุในของไหล การชนกันของวัตถุ เป็นต้น ปริมาณเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง คือ เวลา กับ ระยะทาง เราสามารถนำค่าที่ได้คำนวณหา อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง พลังงานกลโมเมนตัม เป็นต้น

สำหรับเนื้อหาการวิเคราะห์ในเนื้อหาของไหล ได้ทำการหามุมกอง และเวลา จากโปรแกรม Tracker โดยมีขั้นตอนดังนี้

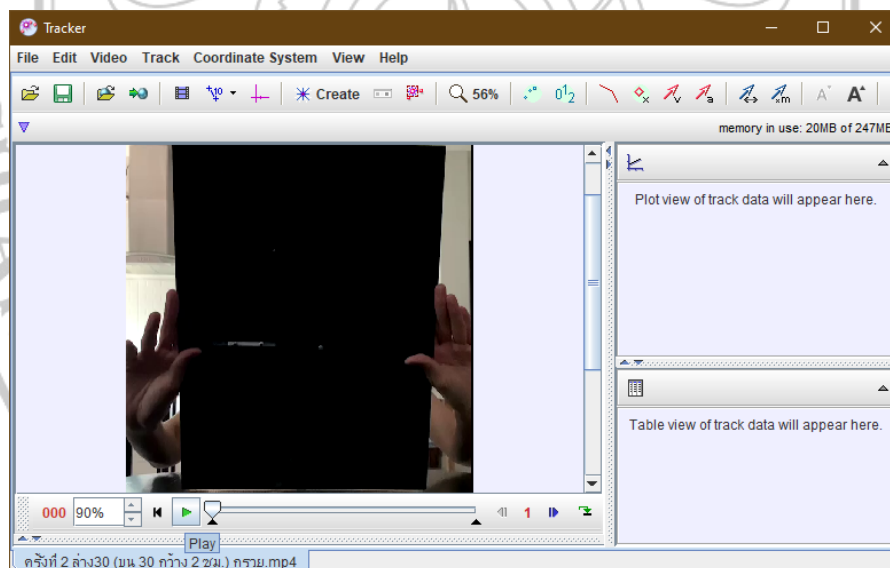
1. ดาวน์โหลดโปรแกรม Tracker
2. ติดตั้งโปรแกรม Tracker
3. เข้าโปรแกรม Tracker



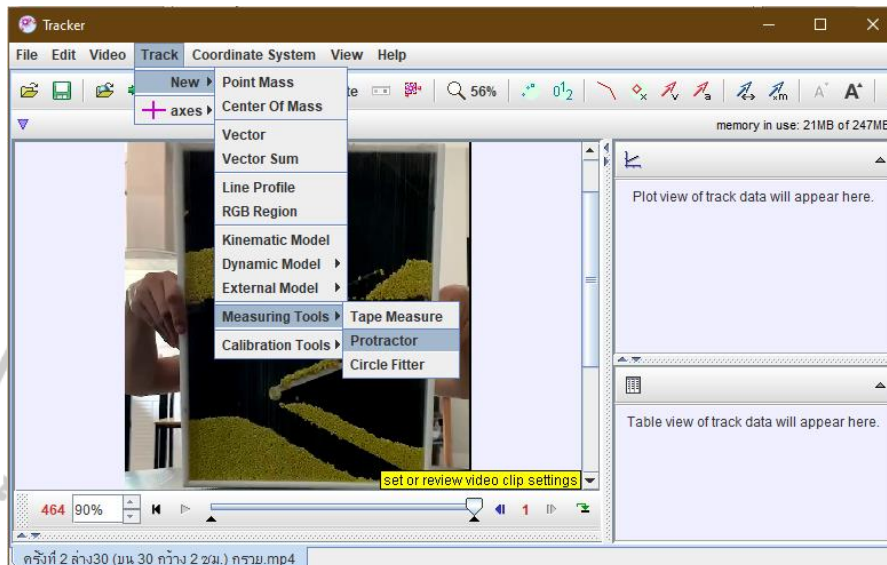
4. เปิด File วิดีโอที่บันทึกไว้ เลือก File -> Open File



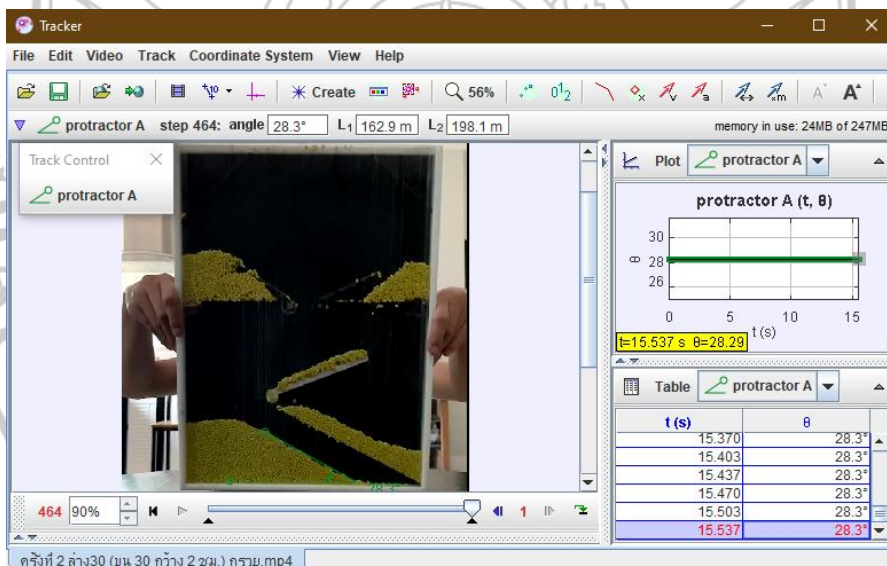
5. กดเล่นวิดีโอ ปุ่ม Play



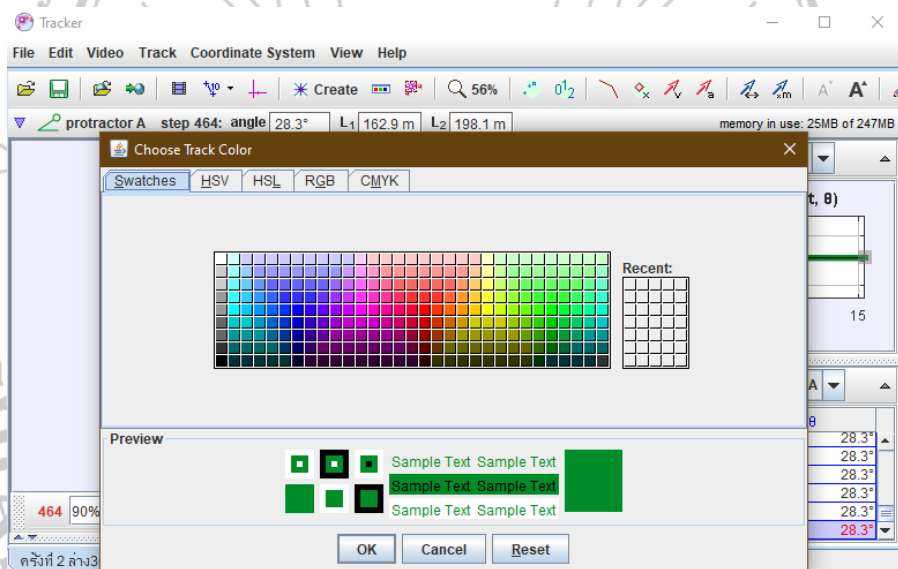
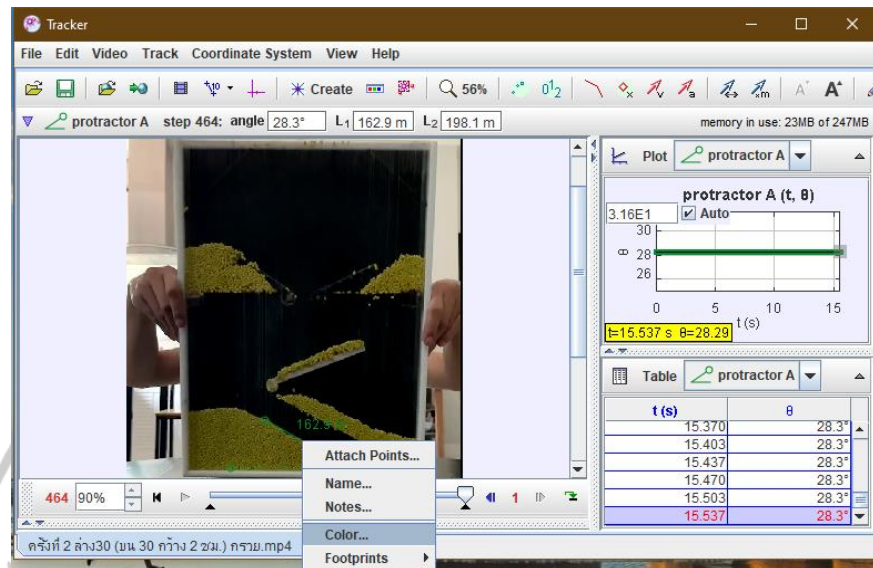
6. ทำการ Tracker หามุมกอง โดยกด Track -> New -> Measuring Tools -> Protractor



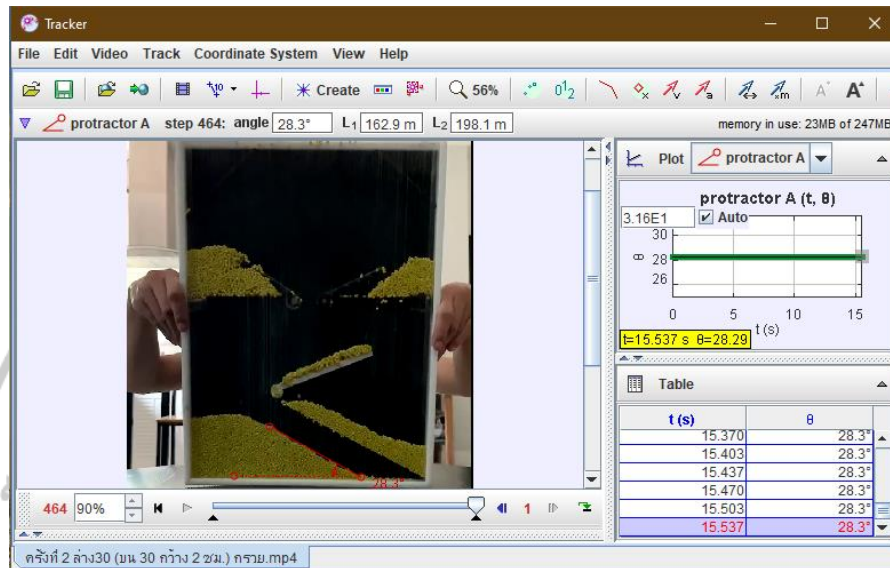
7. ลากเส้นไปวัดมุมกองของวัสดุเม็ดที่ได้



8. เปลี่ยนสีของเส้นให้มองเห็นได้ชัดเจน คลิกขวาที่เส้น Protractor กดเลือก Color และเลือกสี



9. อ่านค่าเวลาและมุมกองที่ทำกรวด จากแถบ Table ตรงบันทึกสุดท้าย



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....
2. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....
3. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....
4. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....
5. ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ครูผู้สอน

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด
2. เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการไหลของวัสดุเม็ด

วิธีทำการทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ดโดยใช้อุปกรณ์การไหลที่ครูกำหนดให้
 - 1.1 ปรับมุมฮอปเปอร์ (θ_A) 30 องศา กับแนวระดับ ขนาดช่องปล่อย (w) 2 เซนติเมตร มุมไหล (θ_B) 30 องศา กับแนวระดับ นำวัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 2 เซนติเมตร ใส่ไปในภาชนะฮอปเปอร์
 - 1.2 ปล่อยวัสดุเม็ดให้ตกอย่างอิสระผ่านขนาดช่องปล่อย บันทึกด้วยกล้องวิดีโอ นำมวลที่ไหลผ่านช่องปล่อยออกมาชั่งเพื่อหามวล (m) บันทึกผลการทดลอง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
 - 1.3 ปล่อยวัสดุเม็ดให้ไหลผ่านฮอปเปอร์ทำซ้ำตามเดิม แต่ปรับมุมไหลให้ทำมุม 40 และ 50 องศา กับแนวระดับ
 - 1.4 ทำการทดลองซ้ำข้อ 1.1 – 1.3 แต่ปรับมุมฮอปเปอร์ให้มีค่า 40 และ 50 องศา กับแนวระดับ ตามลำดับ
 - 1.5 ทำการทดลองซ้ำข้อ 1.1 – 1.4 แต่เปลี่ยนวัสดุเม็ดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร

1.6 นำข้อมูลจากวิดีโอวิเคราะห์หามุมอง (θ_C) โดยใช้โปรแกรม Tracker บันทึกผลลงใน

ตาราง

1.7 คำนวณหาอัตราการไหลเชิงมวล (Q) และบันทึกผล

1.8 สรุปผลการทดลอง

1.9 ตอบคำถามท้ายกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

ตารางบันทึกผลการทดลอง

[illegible]

D = 4 มิลลิเมตร		w = 2 เซนติเมตร									W = 4 เซนติเมตร								
		$\theta_B = 30$			$\theta_B = 40$			$\theta_B = 50$			$\theta_B = 30$			$\theta_B = 40$			$\theta_B = 50$		
		องศา			องศา			องศา			องศา			องศา			องศา		
		ครั้งที่			ครั้งที่			ครั้งที่			ครั้งที่			ครั้งที่			ครั้งที่		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\theta_A = 30$ องศา	θ_C																		
	m (g)																		
	t (s)																		
	Q_M (g/s)																		
$\theta_A = 40$ องศา	θ_C																		
	m (g)																		
	t (s)																		
	Q_M (g/s)																		
$\theta_A = 50$ องศา	θ_C																		
	m (g)																		
	t (s)																		
	Q_M (g/s)																		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การไหลของวัสดุเม็ด

1. การไหลของวัสดุเม็ดขนาดเท่าใด เมื่อไหลผ่านฮอปเปอร์แล้วเกิดมุมกองมากที่สุด และมุมฮอปเปอร์ มุมไหล และขนาดช่องปล่อย ที่วัสดุเม็ดไหลผ่านมีค่าเท่ากับเท่าใด

ตอบ

.....

.....

2. การไหลของวัสดุเม็ดขนาดเท่าใด เมื่อไหลผ่านฮอปเปอร์แล้วเกิดมุมกองมากที่สุด และมุมฮอปเปอร์ มุมไหล และขนาดช่องปล่อย ที่วัสดุเม็ดไหลผ่านมีค่าเท่ากับเท่าใด

ตอบ

.....

.....

3. อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุเม็ดขนาดใดมีค่ามากที่สุด เนื่องจากสาเหตุใด

ตอบ

.....

.....

4. อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุเม็ดขนาดใดมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากสาเหตุใด

ตอบ

.....

.....

5. ขนาดช่องปล่อยมีค่ามากขึ้น วัสดุเม็ดมีลักษณะการกองและมุมกองเป็นแบบใด

ตอบ

.....

.....

6. หากต้องการให้วัสดุเม็ดเกิดการกองมากและมุมกองมากๆ ต้องใช้วัสดุเม็ดเท่าใด และต้องทำการทดลองแบบใด

ตอบ

.....

.....

7. ถ้ามุมโหลดมีค่ามากขึ้น วัสดุเมื่อดึงมุมกองและอัตราการใช้โหลดเชิงมวลเป็นแบบใด
- ตอบ



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวรัชนิกร กันธิวงศ์

วัน เดือน ปีเกิด 18 ตุลาคม 2531

ที่อยู่ปัจจุบัน 234 หมู่ 3 ตำบลหางดง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50230

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2550-2555 ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2555-2558 ครูอัตราจ้าง
โรงเรียนสันป่าตองวิทยาคม อำเภอสันป่าตอง
จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ. 2558-2560 ครูผู้ช่วย
โรงเรียนเถินวิทยา อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

พ.ศ. 2560-ปัจจุบัน ครู คศ.1
โรงเรียนเถินวิทยา อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง