



การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับ
นักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

นายธีรวัฒน์ พรหมลิ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับ
นักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

โดย นายธีรวัฒน์ พรหมลิ

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

.....

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี)

.....

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์)

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภธีโรจน์)

ชื่อ : นายธีรวัฒน์ พรหมลี
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภศิริโรจน์
 ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ พบว่านักศึกษาที่เรียน ในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องภาษาชนะรับความดันที่ใช้สื่อการเรียนรู้แบบเดิม ไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุหลังเสียรูปได้ จะเห็นในรูปแบบตัวเลขเท่านั้น จึงทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ยาก และไม่เกิดความน่าสนใจในการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงนำระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กับเกณฑ์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่เรียนรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน คือ T-test for one sample เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 2) แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 โดยมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.33/85.50 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ กับเกณฑ์ พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

(มีจำนวนทั้งสิ้น 140 หน้า)

คำสำคัญ : ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์, ภาษาชนะรับความดัน, ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Teerawat Promli

Independent Study Title : Development of Learning Activity module on topic stress analysis of Pressure Vessels Using Finite Element Method for Higher Vocational Certificate students in Mechanical Engineering

Major Field : Mechanical Engineering Education
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok

Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Tongchana Thongtip

Co-Advisor : Associate Professor Dr Kittiwoot Sutthivirode

Academic Year : 2024

Abstract

ABSTRACT

This research aimed to develop and evaluate the effectiveness of a learning activity set on pressure vessels using the finite element method (FEM) to enhance academic achievement. The objectives were: 1) to develop and assess the effectiveness of the learning activity set on pressure vessels using FEM, and 2) to compare the learning outcomes of students using the activity set with established criteria. The sample group consisted of 20 students from the higher vocational certificate level, Mechanical Engineering, at Ang Thong Technical College, enrolled in the Strength of Materials course during the second semester of the 2024 academic year, selected by cluster random sampling. The statistical methods used were percentages, means, standard deviations, and the T-test for one sample. The research instruments were: 1) the learning activity set on pressure vessels using FEM, 2) an evaluation form for the activity set, and 3) a test to measure students' learning outcomes. The results showed that: 1) the learning activity set was highly appropriate, with a mean of 4.62 and a standard deviation of 0.49, with an efficiency of $E1/E2 = 80.33/85.50$, and 2) students' learning outcomes were significantly higher than the established criteria at the 0.05 level.

(Total 140 Pages)

Keywords: Finite Element Method, Pressure Vessels, Learning Activity Package

Advisor



กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ความเมตตาและความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษา คอยให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง ให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำวิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์ ที่ท่านได้เมตตาให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงสารนิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งคณะอาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ทักษะด้านการศึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาเป็นผู้ประเมินคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะ ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครูอาจารย์ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกลวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย จึงขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา-มารดา ครูอาจารย์ เพื่อนร่วมงานที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ต่อไป

ธีรวัฒน์ พรหมลิ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 แนวคิดและทฤษฎีชุดกิจกรรมการเรียนรู้	6
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเรื่องภาษาขณะรับความดัน	12
2.3 แนวคิดและทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	16
2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	21
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	32
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	32
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	32
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	38
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ	41
บทที่ 4 ผลการวิจัย	42
4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาขณะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	42
4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษาขณะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	46
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผล	47
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	47
5.3 ข้อเสนอแนะ	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก ก	54
รายนามผู้เชี่ยวชาญ	55
หนังสือขอความอนุเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญ	57
ประมวลภาพกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง	62
ภาคผนวก ข	63
แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	64
แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	68
ภาคผนวก ค	80
วิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) ภาคทฤษฎี	81
ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	82
ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	85
ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบหลังเรียน	87
ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80	90
ภาคผนวก ง	91
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	92
คู่มือครู	95
ใบเนื้อหา	96
ใบแบบฝึกหัด	106
ใบแบบทดสอบ	108
ใบเฉลยแบบทดสอบ	115
ภาคผนวก จ	116
คู่มือการใช้งานโปรแกรม SolidWorks ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	117
ประวัติผู้วิจัย	140

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	แสดงแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดผลหลังการทดลอง	40
4-1	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปในภาพรวม	43
4-2	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้	43
4-3	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้	44
4-4	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้	45
4-5	ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	46
4-6	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กับเกณฑ์	46
ค-1	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้	83
ค-2	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้	84
ค-3	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค-4	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	86
ค-5	ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบหลังเรียน	88
ค-6	ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80	90



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย	4
2-1	ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง	13
2-2	ความเค้นตามแนวยาว	14
2-3	วัตถุทรงกลมภายใต้ความดัน	15
2-4	ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	18
2-5	ก ภาพแสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ (มี 2 จุดต่อ) ข ภาพแสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ และมีจุดเชื่อมกลาง (มี 3 จุดต่อ)	19
2-6	สี่เหลี่ยมด้านขนาน (parallelogram) ภาพแสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ	20
2-7	ภาพแสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ	20
3-1	โปรแกรม Solid Work ที่นำมาสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	33
3-2	ครูผู้สอนทำการชี้แจงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน	39
3-3	ครูผู้สอนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	40
3-4	นักศึกษาดำเนินการเรียนรู้ทำกิจกรรมและศึกษาข้อมูลผ่านชุดกิจกรรมการเรียนรู้	40
ก-1	เขียนแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรม Solid Work	62
ก-2	สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	62
ก-3	นักศึกษาเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	62
ก-4	ทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	63
ง-1	ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง	98
ง-2	ความเค้นตามแนวยาว	99
ง-3	วัตถุทรงกลมภายใต้ความดัน	100

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ภาวะรับความดัน เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความดันที่เกิดขึ้นภายในภาชนะรูปทรงกลวงต่างๆ มีความเค้นเกิดขึ้นที่ผนังของภาชนะนั้น ซึ่งอาจทำให้ผนังปริหรือแตกร้าวได้ ถ้าหากความเค้นที่เกิดขึ้นนั้นสูงมาก (อนันต์ วงศ์กระจำ, 2558) ปัจจุบันมีการนำภาชนะรับความดันไปใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ภาชนะที่นิยมใช้โดยทั่วไป มีอยู่ 2 รูปแบบหลัก ได้แก่ ภาชนะทรงกระบอก และ ภาชนะทรงกลม (อรรถพล ชัยมนัสกุล, 2556) โดยภาชนะทรงกระบอกกลวงผนังบาง เป็นภาชนะที่มีผนังบางมากเมื่อเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลาง และมีความเค้นที่เกิดขึ้นแบ่งเป็น 2 ชนิด คือความเค้นตามแนวเส้นรอบวง เกิดจากความดันภายในที่กระทำในทิศสัมผัสกับเส้นรอบวงของภาชนะ และความเค้นตามแนวยาว เกิดจากความดันภายในที่ทำให้ภาชนะยืดออกในทิศตามแนวยาว ส่วนภาชนะทรงกลมกลวงผนังบาง เป็นภาชนะที่มีผนังบางมากเมื่อเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลาง และมีความดันภายในจะกระทำต่อผนังทรงกลมทุกทิศทาง ส่งผลให้เกิดความเค้นที่ผนังทรงกลมอย่างสมมาตร (สุวรรณ ใจเที่ยง, 2563) ซึ่งสามารถคำนวณออกมาในรูปแบบตัวเลข ในการคำนวณหาความเค้นในภาชนะ เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาในรายวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ โดยมีเนื้อหาที่เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการคำนวณ ซึ่งบางข้อค่อนข้างซับซ้อนและไม่สามารถพิสูจน์ค่าที่ถูกต้องได้ จะแสดงออกได้ในรูปแบบของตัวเลขเท่านั้น อีกทั้งไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุหลังเสียรูปได้ (ณนิจ ด้วงอ่ำ, สุรุฒิ ยะนิล, 2560) จึงทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ยาก และไม่เกิดความน่าสนใจในการเรียนรู้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจ

ในปัจจุบันมีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่สามารถออกแบบและวิเคราะห์ได้ โดยใช้หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาแก้ไขปัญหา สามารถสร้างรูปทรงของวัสดุได้และแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อย เพื่อให้ซอฟต์แวร์คำนวณวิเคราะห์หาผลลัพธ์ได้อย่างละเอียด ซึ่งคำนวณออกมาเป็นจำนวนในรูปแบบตัวเลข และการพลอตเลขออกมาในรูปแบบระดับสี ซึ่งในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ จะนำหลักการทางคณิตศาสตร์ที่นำค่าประมาณที่ได้จากแบบจำลองของการแก้ปัญหาแบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยมาใช้ประมาณหาผลลัพธ์ (กฤษฎางค์ ศุกระมูล, และคณะ, 2566) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลายสาขาแสดงรูปแบบการกระจายความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้น และทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงและบริเวณที่เกิดความเสียหายวัสดุ (คมสันต์ วงศ์กาฬสินธุ์, วัชรินทร์ เขียวกร, 2561) ขณะใช้งานวิธีการดังกล่าวถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาการออกแบบ ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถทดสอบซ้ำ และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตแบบจำลองต้นแบบในการศึกษา สะดวกต่อการขึ้นรูปแบบจำลอง ช่วยพัฒนาให้ผลลัพธ์เป็นไปในทิศทางที่ดี ซึ่งการแสดงค่าด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะทำให้ผลการคำนวณจากทฤษฎีเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น นักศึกษาสามารถยืนยันพิสูจน์ค่าผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้ และมองเห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุก่อนเสียรูปและหลังเสียรูปได้ จากปัญหาและอุปสรรคดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการ

พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยการนำทฤษฎีของ ความดันในภาชนะ ซึ่งเป็นสมการในการคำนวณหาผลลัพธ์เปรียบเทียบค่าการจำลองจากซอฟต์แวร์ ในการ จัดการเรียนการสอนด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาการเรียนการสอน ที่สามารถดึงดูดความสนใจ สร้างแรงจูงใจ และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการในการเรียนรู้ และ ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วย ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กับเกณฑ์

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับ ความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1.4.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาที่เรียนสาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง กำลังศึกษาใน ปีการศึกษา 2567 จำนวนรวมทั้งหมด 80 คน

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาที่ศึกษาอยู่ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา เทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน ได้มาโดย การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random sampling)

1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องภาชนะรับ ความดัน ที่ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ ประกอบการเรียนการสอน โดยมีเนื้อหาสาระ ดังนี้

- 1) รูปทรงกระบอกบางอยู่ใต้ความดันภายใน
- 2) ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง
- 3) ความเค้นตามแนวยาว
- 4) รูปทรงกลมผนังบางอยู่ใต้ความดันภายใน

1.4.3. ขอบเขตด้านตัวแปร

1.4.3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

1.4.3.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

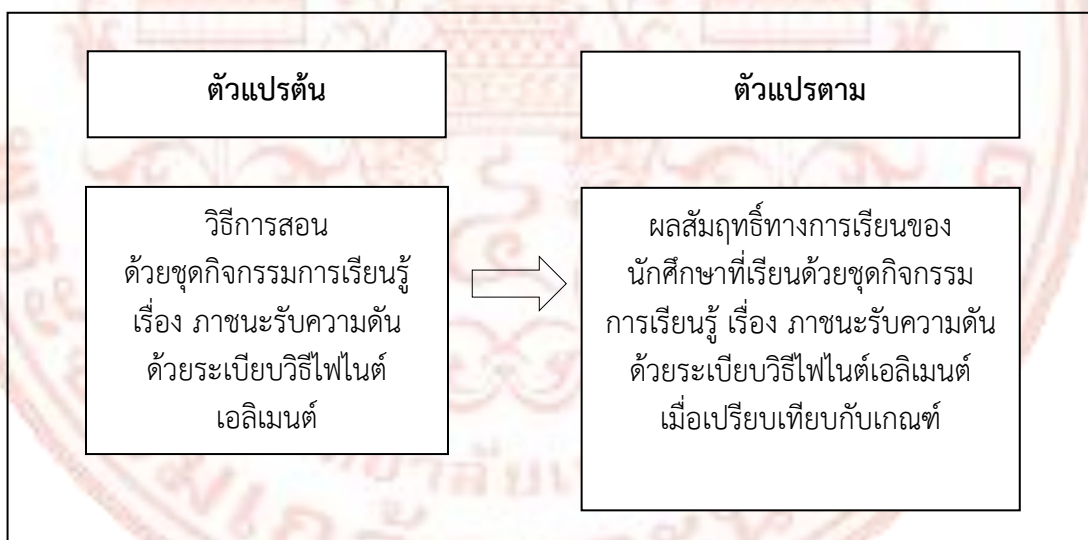
1.4.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา

ผู้วิจัยกำหนด ขอบเขตด้านระยะเวลาตามระยะการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ช่วงเวลา 2 สัปดาห์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

ผู้วิจัยเขียนกรอบแนวคิดตามตัวแปรที่ศึกษา ดังนี้





ภาพที่ 1-1 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ชุดของกิจกรรมที่ออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการทดลองสิ่งต่าง ๆ เรื่อง ภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ประกอบด้วยแบบฝึกหัด แบบทดสอบ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใบเนื้อหาแบบบทเรียน แบบทดสอบหลังเรียน 1 ชุด

1.6.2 นักเรียน หมายถึง นักเรียนแผนกวิชาช่างยนต์ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่ลงทะเบียนเรียน วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ

1.6.3 การใช้ Finite Element Method (FEM) ในการวิเคราะห์ภาชนะรับความดันช่วยให้สามารถตรวจสอบพฤติกรรมเชิงกลและความแข็งแรงของโครงสร้างได้อย่างละเอียด โดย FEM เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมการออกแบบและตรวจสอบภาชนะรับความดัน เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ความเค้น (Stress), การเสียรูป (Deformation) และพฤติกรรมเชิงพลศาสตร์ของภาชนะภายใต้โหลดต่างๆ

1.6.4 ภาชนะรับความดัน (Pressure Vessel) คือ ภาชนะที่ถูกออกแบบมาเพื่อเก็บหรือบรรจุของไหล (ของเหลวหรือก๊าซ) ที่มีความดันภายในสูงกว่าหรือต่ำกว่าความดันบรรยากาศ โดยทั่วไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี โรงไฟฟ้า และอุตสาหกรรมอาหารและยา

1.6.5 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม หมายถึง คุณภาพชุดกิจกรรมที่วัดจากคะแนนค่าเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมดจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ E_1/E_2 โดยที่

1.6.5.1 E_1 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่ได้จัดไว้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หลังจากที่ได้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.6.5.2 E_2 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียน ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.6.6 เกณฑ์ที่กำหนด 80/80 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพที่คาดหวัง ซึ่งวัดได้จากค่าเฉลี่ยดังนี้

80 ตัวแรก คือ คะแนนที่ได้จากแบบฝึกหัดระหว่างเรียนโดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง คือ คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยคิดเป็นร้อยละ

1.6.7 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษา receptive ความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ในชั้นการเรียนรู้ ความรู้จำ ความเข้าใจ นำไปใช้ และการวิเคราะห์ ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่ได้ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้

1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย

1.7.1 ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษา receptive ความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่สามารถนำไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.7.2 นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษา receptive ความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

1.7.3 นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษา receptive ความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เกิดแรงจูงใจในการเรียนเพิ่มมากขึ้น



บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่เกี่ยวกับการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษาพระรับความตัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์” ดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวคิดและทฤษฎีชุดกิจกรรมการเรียนรู้
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเรื่องภาษาพระรับความตัน
- 2.3 แนวคิดและทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรม ถือว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่มีความสมบูรณ์ในตัวเองสามารถนำมาใช้ ประกอบในการจัดการเรียนรู้ได้ดีช่วยให้การศึกษา และการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม รวมทั้งยังเกิดแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่ามี นักวิชาการและนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถสรุปได้ ดังนี้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เดิมใช้คำว่า ชุดการสอน เพราะเป็นสื่อที่ครูนำมาประกอบการเรียน การสอน แต่ต่อมาแนวคิดที่จะจัดการสอนโดยให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้มีอิทธิพลมากขึ้น จึง มีผู้นิยมเรียกชุดการเรียน บางคนเรียกรวมกันว่า ชุดการเรียนการสอน การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า “ชุดกิจกรรมการเรียนรู้” เพื่อที่จะได้ครอบคลุมถึงกิจกรรมของครูและนักเรียน (Marksub, 2012, p.10)

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ สื่อการเรียนที่ประกอบด้วยกิจกรรมหลากหลายรูปแบบ จัดอยู่ในลักษณะของ สื่อประสม (Multimedia Learning Materials) ที่ถูกออกแบบมาอย่างเป็นระบบ โดยมีการจัดลำดับเนื้อหาและกิจกรรมให้เหมาะสมกับความต้องการและระดับความสามารถของผู้เรียน ชุดกิจกรรมนี้มีจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจน และสามารถใช้เรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างสมบูรณ์ โดยผู้เรียนจะดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ซึ่งจะช่วยกระตุ้นความสนใจและส่งเสริม การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ในทางที่ดีขึ้น (Good, 1973; วิชัย วงษ์ใหญ่, 2545)

2.1.2 แนวคิดทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการสร้างชุดกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพ เราจำเป็นต้องอาศัยแนวคิด ทฤษฎี และหลักการ โดยมีนักการศึกษาได้ให้แนวคิด ทฤษฎีและหลักการ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ชม ภูมิภาค (2528) ได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎี ที่นำมาใช้ในการสร้างชุดการสอนหรือชุดกิจกรรมว่า ควรพิจารณาในสิ่งต่อไปนี้

1. ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล

แนวคิดเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลให้ความสำคัญกับความต้องการ ความถนัด และความสนใจเฉพาะตัวของผู้เรียน โดยยอมรับว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความหลากหลายในหลายมิติ เช่น ความสามารถทางสติปัญญา ความสนใจ ความต้องการส่วนบุคคล รวมถึงพัฒนาการทางร่างกาย อารมณ์ และสังคม ด้วยเหตุนี้ การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจึงควรคำนึงถึงความแตกต่างเหล่านี้ โดยส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล เช่น การเรียนรู้ด้วยตนเอง หรือการจัดการเรียนรู้แบบเปิดกว้างที่เอื้อต่อการเลือกเรียนตามศักยภาพและความสนใจของผู้เรียน โดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำและให้การสนับสนุนตามความจำเป็น

2. การนำเอาสื่อประสมมาใช้ คือ การใช้สื่อประสมหมายถึงการนำสื่อการเรียนรู้หลายประเภทมาใช้ร่วมกันอย่างเป็นระบบ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนอย่างรอบด้าน โดยสื่อแต่ละชนิดจะมีบทบาทหน้าที่เฉพาะ เช่น สื่อบางประเภทช่วยกระตุ้นความสนใจ ขณะที่สื่ออื่นช่วยอธิบายเนื้อหาหรือสร้างความเข้าใจเชิงลึก การใช้สื่ออย่างหลากหลายและสัมพันธ์กันจะช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม เป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ผ่านการทำงานเป็นทีม ซึ่งช่วยพัฒนาทักษะทางสังคม การสื่อสาร และการมีส่วนร่วม กระบวนการกลุ่มจึงเป็นหนึ่งในแนวคิดสำคัญทางพฤติกรรมศาสตร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

4. ทฤษฎีการเรียนรู้โดยยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ คือ การเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้กับผู้เรียนดังนี้

- 4.1 เข้าร่วมในการทำกิจกรรมด้วยตนเอง
- 4.2 ทราบผลการเรียนของตนเองทันที
- 4.3 มีการเสริมแรง ทำให้นักเรียนกระทำพฤติกรรมนั้นซ้ำ
- 4.4 ได้เรียนรู้เป็นขั้นเป็นตอนตามความสามารถ และความสนใจของผู้เรียน

5. การนำวิธีวิเคราะห์ระบบมาใช้ในการสร้างชุดการสอน โดยชุดการสอนมีการจัดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียน มีการนำไปทดลองปรับปรุงจนมีคุณภาพ เชื่อถือได้แล้วจึงนำมาใช้ โดยมีการเสนอแนะการสอนให้กับครูผู้สอน ตั้งแต่การตั้งจุดมุ่งหมาย ขั้นตอนการจัดกิจกรรม สื่อการสอน ตลอดจนเครื่องมือและวิธีการวัดประเมินผล

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545) มีแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดหลัก 5 หลักการ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล มีการนำหลักจิตวิทยามาระยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงความถนัด ความต้องการ และความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ ความแตกต่างระหว่างบุคคลมีหลายด้าน คือ สติปัญญา ความสามารถ ความสนใจ ความต้องการด้านร่างกาย อารมณ์ เป็นต้น เลือกรจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีที่เหมาะสมกับนักเรียนที่สุด

แนวคิดที่ 2 ความพยายามที่จะเปลี่ยนแปลงการสอนที่ยึดครูเป็นแหล่งเรียนรู้ มาเป็นการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนด้วยการใช้ความรู้จากสื่อการสอนในรูปแบบต่าง ๆ โดยจัดให้ ตรงกับเนื้อหา และประสบการณ์ตามบทเรียน ครูจะถ่ายทอดความรู้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่ นักเรียนจะศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากสิ่งที่ครูได้เตรียมไว้ในรูปของชุดกิจกรรม

แนวคิดที่ 3 การใช้สื่อทัศนอุปกรณ์ในรูปของการจัดระบบการใช้สื่อการสอนมาใช้ ในการสอน และใช้เป็นแหล่งการเรียนรู้ให้นักเรียน จึงผลิตสื่อการสอนแบบประสมให้เป็นชุดกิจกรรม

แนวคิดที่ 4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน การนำกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนได้ประกอบกิจกรรมด้วยกัน และมีทักษะการแสดงออก จึงนำมาสู่การผลิตสื่อออกมาในรูปแบบของชุดกิจกรรม

แนวคิดที่ 5 การจัดสภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ โดยยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้มาใช้โดยจัดสภาพแวดล้อมที่เป็นแบบเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมด้วยตนเอง ทราบผลการตัดสินใจหรือการปฏิบัติงานของตนเองว่าถูกหรือผิดอย่างไร มีการเสริมแรงให้กับนักเรียน และนักเรียน ต้องได้เรียนรู้ไปทีละขั้นตอนความสามารถและความสนใจของตนเอง

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) ได้กล่าวถึงแนวคิดและหลักการในการนำชุดกิจกรรม การเรียนรู้ มาใช้ มี 5 ประการ ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยคำนึงถึงความต้องการความถนัด และความสนใจของนักเรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการเรียนตามความสนใจ โดยครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำตามความเหมาะสม

2. เปลี่ยนแนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบที่ยึดครูเป็นหลักมาเป็นการสร้างประสบการณ์ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสนใจด้วยสื่อต่าง ๆ หรือแหล่งเรียนรู้

3. การใช้สื่อหลากหลายรูปแบบมาใช้ผสมผสานกันให้เกิดความเหมาะสมสามารถ เป็นแหล่งเรียนรู้ได้ตลอดเวลา

4. สร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับ สิ่งแวดล้อม เป็นการนำเอากระบวนการกลุ่มมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน

5. การจัดระบบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมตามความสนใจของตนเอง และเรียนรู้เป็นขั้นตอน

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้กับนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยพบว่า มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้หลักการ แนวคิด สามารถสรุปได้ดังนี้

การออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จำเป็นต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนได้อย่างเหมาะสม โดยครูจะต้องจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลาย ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม และสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะอย่างเป็นขั้นตอนตามระดับความสามารถของตนเอง การใช้สื่อการเรียนการสอนที่หลากหลายทั้งในรูปแบบสื่อสิ่งพิมพ์และสื่อทัศนอุปกรณ์ช่วยกระตุ้นความสนใจ

และเสริมสร้างการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งบทบาทของครูมีความสำคัญในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนอย่างใกล้ชิด เพื่อแนะนำแนวทางการเรียนรู้ที่เหมาะสม พร้อมทั้งเสริมแรงทางบวกเพื่อกระตุ้นแรงจูงใจ และให้ข้อมูลย้อนกลับที่ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องในการเรียนรู้ได้อย่างตรงจุด ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว (ชม ภูมิภาค, 2528; ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2545 และบุญเกื้อ ควรหาเวช, 2545)

2.1.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการสร้างชุดกิจกรรม ผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาถึงองค์ประกอบหลักของชุดกิจกรรม เพื่อนำมากำหนดองค์ประกอบหลักของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะสร้างขึ้น โดยมีนักการศึกษากล่าวถึงองค์ประกอบหลักของชุดกิจกรรม ดังนี้

Houston and other (1972) ได้ให้ส่วนประกอบของชุดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. คำชี้แจง (Propectus) ในส่วนนี้จะอธิบายความสำคัญของจุดมุ่งหมายของชุดการเรียนการสอน สิ่งที่คุณเรียนจะมีความรู้ก่อนเรียนและขอบข่ายของกระบวนการทั้งหมดในการเรียน
2. จุดมุ่งหมาย (Objectives) เป็นข้อความที่ไม่กำกวมที่กำหนดว่า ผู้เรียนจะประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายอะไรหลังจากได้เรียนแล้ว
3. การประเมินผลเบื้องต้น (Pre-assessment) มีจุดประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน และเพื่อให้ทราบผลสัมฤทธิ์ว่าได้ตามจุดประสงค์เพียงใด
4. การกำหนดกิจกรรม (Enabling Activities) เป็นการกำหนดแนวทางและวิธีเพื่อไปสู่จุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้นด้วย
5. ประเมินขั้นสุดท้าย (Post-assessment) เป็นแบบทดสอบเพื่อวัดผลการเรียนหลังจากที่ได้เรียนแล้ว

บุญชม ศรีสะอาด (2541) ได้กล่าวว่า ชุดการเรียนการสอนมีองค์ประกอบสำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

1. คู่มือการใช้งานชุดกิจกรรม เป็นเอกสารแนะนำการใช้งานที่จัดทำขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้สอนและผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยภายในคู่มือจะประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ รายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้า บทบาทของผู้เรียนในแต่ละกิจกรรม และแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน
2. บัตรงาน เป็นบัตรคำสั่งให้ผู้เรียนต้องปฏิบัติอะไรบางอย่าง โดยมีการระบุกิจกรรมตามลำดับขั้นตอน
3. แบบทดสอบความก้าวหน้าของผู้เรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับตรวจสอบหลังจากการเรียนด้วยชุดกิจกรรมจบแล้ว ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่

4. สื่อการเรียนต่าง ๆ หมายถึงวัสดุหรือสื่อที่สนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยอาจอยู่ในรูปแบบของสิ่งพิมพ์ เช่น บทความเฉพาะทาง เอกสารประกอบการเรียน หรือบทเรียนสำเร็จรูป และอาจเป็นสื่อโสตทัศน เช่น ภาพนิ่ง แผนภาพ เสียงบันทึก หรือสื่อดิจิทัลที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและความสนใจในเนื้อหา

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์นัธ เตชะคุปต์ (2542) ได้กล่าวว่าชุดกิจกรรมมีองค์ประกอบที่สำคัญดังรายละเอียด ดังนี้

1. ชื่อกิจกรรม บอกให้ทราบถึงลักษณะที่ต้องการฝึกให้กับผู้เรียน
 2. คำชี้แจง อธิบายความมุ่งหมายและความสำคัญของกิจกรรม
 3. จุดมุ่งหมาย ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของกิจกรรมนั้น ๆ
 4. แนวคิด ระบุเนื้อหาหรือมโนคติของกิจกรรมนั้น ๆ
 5. สื่อ ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรม
 6. เวลาที่ใช้ ระบุเวลาที่กิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเพียงใด
 7. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุในการจัดกิจกรรม เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ครูในการดำเนินการ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
 - 7.1 ขั้นนำ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียน
 - 7.2 ขั้นกิจกรรม ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้เกิดผู้เรียนเกิดประสบการณ์
 - 7.3 ขั้นอภิปราย ช่วยให้ผู้เรียนจะได้มีโอกาสนำประสบการณ์ที่ได้รับจากขั้นกิจกรรมวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเข้าใจและอภิปราย
 - 7.4 ขั้นสรุป ครูและผู้เรียนประมวลความรู้ที่ได้จากขั้นกิจกรรมและขั้นอภิปราย นำมาสรุปหาสาระสำคัญและใจความสำคัญ
 - 7.5 การประเมินผล เป็นการวัดความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน หลังจากเรียนจบบทเรียนทุกกิจกรรมครบถ้วนทุกขั้นตอนแล้ว
 - 7.6 ภาคผนวก เป็นส่วนที่ให้ความรู้กับครูผู้สอน
- ทิตินา แคมมณี (2543) กล่าวว่า ชุดกิจกรรมประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้
1. ชื่อกิจกรรม ประกอบด้วยหมายเลขกิจกรรม ชื่อของกิจกรรม และเนื้อหาของ กิจกรรม
 2. คำชี้แจง เป็นส่วนที่อธิบายเป้าหมายหลักของกิจกรรม ลักษณะของกิจกรรม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนั้น
 3. จุดมุ่งหมายเป็นส่วนที่ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของกิจกรรม
 4. ความคิดรวบยอด เป็นส่วนที่ระบุเนื้อหา ส่วนนี้ได้รับการย้ำและเน้นเป็นพิเศษ
 5. สื่อ เป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรม เพื่อช่วยให้ครูผู้สอนทราบว่าต้องเตรียมอะไรบ้าง
 6. เวลาที่ใช้ เป็นส่วนที่ระบุเวลาที่กิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเพียงใด
 7. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุในการจัดกิจกรรม เพื่อให้บรรลุ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ครูในการดำเนินการ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
 - 7.1 ขั้นนำ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียน
 - 7.2 ขั้นกิจกรรม เป็นส่วนช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้เกิดผู้เรียนเกิดประสบการณ์นำไปสู่การเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์
 - 7.3 ขั้นอภิปราย เป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนจะได้มีโอกาสนำประสบการณ์ที่ได้รับจากขั้นกิจกรรมมาวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและอภิปราย
 - 7.4 ขั้นสรุป เป็นส่วนที่ครูและผู้เรียนประมวลความรู้ที่ได้จากขั้นกิจกรรมและขั้นอภิปราย นำมาสรุปหาสาระสำคัญที่จะสามารถนำไปใช้ต่อไป

7.5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นส่วนช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนในกิจกรรม ไปฝึกปฏิบัติเพิ่ม

7.6 ขั้นประมวลผล เป็นส่วนที่วัดความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน หลังจากฝึก ปฏิบัติ กิจกรรมครบถ้วนทุกขั้นตอนแล้ว โดยให้ทำแบบฝึกหัดทบทวนท้ายกิจกรรม

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) กล่าวว่าองค์ประกอบที่สำคัญภายในชุดกิจกรรมสามารถจำแนกออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. คู่มือครู เป็นคู่มือและแผนการสอนสำหรับผู้สอนหรือผู้เรียนตามแต่ละชนิดของชุดกิจกรรม ภายในคู่มือจะชี้แจงถึงวิธีการใช้ชุดกิจกรรมเอาไว้อย่างละเอียด
2. บัตรคำสั่งหรือคำแนะนำ เป็นส่วนที่บอกให้ผู้เรียนดำเนินการเรียนหรือกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ซึ่งประกอบไปด้วย คำอธิบายเรื่องที่จะศึกษา คำสั่งให้ผู้เรียนดำเนินการกิจกรรม และการสรุปทบทวน
3. เนื้อหาสาระและสื่อ จะบรรจุไว้ในรูปของสื่อการสอน อาจประกอบด้วยการเรียนโปรแกรมสไลด์ เทปบันทึกเสียง รูปภาพ เป็นต้น ผู้เรียนจะศึกษาจากสื่อการสอนต่าง ๆ ที่บรรจุอยู่ในชุดกิจกรรมตามบัตรคำสั่งที่กำหนดไว้ให้
4. แบบประเมินผล ผู้เรียนจะทำการประเมินผลความรู้ของตนเองก่อนและหลังเรียน โดยแบบประเมินผลอาจจะเป็นแบบฝึกหัด แบบเลือกคำตอบ แบบจับคู่ หรือให้ทำกิจกรรม เป็นต้น

2.1.4 ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545) ชุดกิจกรรมจัดเป็นสื่อการเรียนการสอนชนิดหนึ่งที่ได้รับ ความยอมรับอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีประโยชน์ของชุดกิจกรรมที่มีต่อการเรียนการสอนหลายประการ ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้สอนถ่ายทอดเนื้อหาและประสบการณ์ที่ซับซ้อน ที่มีคุณลักษณะเป็น นามธรรม
2. ได้รับความสนใจของผู้เรียนต่อสิ่งที่กำลังศึกษา เนื่องจากชุดกิจกรรมจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนด้วยตนเอง
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ฝึกแก้ปัญหา ตัดสินใจ แสวงหาความรู้ด้วย ตนเอง
4. ช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้ผู้สอน สามารถหยิบใช้ได้ทันที
5. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนของผู้เรียน เนื่องจากชุดกิจกรรมเป็นสื่อประสม อย่างเป็นระบบ มีการเปลี่ยนกิจกรรมที่จะช่วยรักษาระดับความสนใจของผู้เรียนได้ตลอดเวลา
6. สามารถแก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคล รวมทั้งส่งเสริมการศึกษารายบุคคล ตามความสนใจ เวลา และโอกาสที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน
7. ช่วยขจัดปัญหาการขาดแคลนครู เนื่องจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนสามารถ เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และต้องการความช่วยเหลือจากครูเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
8. ช่วยให้ผู้เรียนทราบจุดมุ่งหมายของการเรียนชัดเจน ตลอดจนทราบวิธีที่จะบรรลุจุดมุ่งหมายทั้งยังเพิ่มการสนใจในการเรียน
9. มีการกำหนดบทบาทของครูและผู้เรียนไว้ชัดเจนว่า ใครควรทำอะไรในตอนไหน เป็น การเพิ่มบทบาทกับผู้เรียน และลดบทบาทของครู

10. การเอาวิธีระบบเข้ามาใช้ ย่อมมีประสิทธิภาพเพราะได้ผ่านการทดลองหา ประสิทธิภาพมาแล้ว

11. เป็นการฝึกให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนและการทำงานร่วมกัน
12. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกวัสดุการเรียนและกิจกรรมที่ผู้เรียนชอบ
13. มีการวัดผลด้วยตัวเอง ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้กิจกรรมการกระทำของตนเอง และเพื่อสร้าง

แรงจูงใจ

บำรุงศักดิ์ บุระสิทธิ์ (2548) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนของครูผู้สอน และลดบทบาทครูลง
2. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนของผู้เรียน เนื่องจากสื่อผสมที่จัดไว้ช่วยรักษา ระดับ

ความสนใจของผู้เรียนได้ตลอดเวลา

3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเอง ทำให้มีทักษะการแสวงหาความรู้ ฝึกความรับผิดชอบและตัดสินใจ

4. เป็นการคำนึงถึงหลักจิตวิทยาและหลักความรู้ที่ทันสมัย

5. ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนครู

6. ส่งเสริมการศึกษานอกระบบ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้ตลอดเวลา

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2551) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการศึกษาความรู้ในการเรียนการสอนด้วยตนเอง เป็นการฝึกทักษะในการแสวงหาความรู้ ทักษะการอ่าน และสรุปความรู้อย่างเป็นระบบ

2. การทำแบบฝึกหัด แบบทักษะการเรียนรู้ และแบบทักษะการคิดท้าย ชุดกิจกรรมซึ่งให้ผู้เรียนฝึกการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษา

3. ผู้เรียนมีวินัยในตนเอง เนื่องจากผู้เรียนต้องทำตามคำสั่งในขั้นตอนต่าง ๆ ในชุดกิจกรรม การตรวจแบบฝึกหัด หรือใบงานด้วยตัวเองนั้นทำให้ผู้เรียนฝึกทำตามกติกา

4. ทำให้ผู้เรียนรู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น รับฟังความคิดเห็นของกันและกัน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการอยู่ร่วมกันในสังคมประชาธิปไตย

5. การใช้ชุดกิจกรรม สามารถศึกษานอกเวลาเรียนได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบของ ผู้สอนที่เอื้อต่อการศึกษด้วยตนเอง

ดังนั้นสรุปได้ว่าการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ตอบสนองความต้องการของนักเรียน และส่งเสริมการเรียนรู้เป็นขั้นตอนตามความสามารถของแต่ละคน ใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย ทั้งสิ่งพิมพ์และสื่อดิจิทัล ครุมีบทบาทสำคัญในการปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน ให้คำแนะนำ เสริมแรงทางบวก กระตุ้นแรงจูงใจ และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง ช่วยให้นักเรียนพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเรื่องภาชนะรับความดัน

ภาชนะรับความดัน คือภาชนะปิดที่ออกแบบมาเพื่อบรรจุก๊าซหรือของเหลวที่มีความดันสูงกว่าหรือต่ำกว่าความดันโดยรอบอย่างมาก ตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องแก้ว หม้ออัดความดัน ถังแก๊สอัด เครื่องอัดอากาศ (รวมถึงเครื่องทำความเย็น) ห้องสุญญากาศ และภาชนะห้องปฏิบัติการที่ออกแบบเอง ดังนั้น ภาชนะเหล่านี้จึงมีข้อกำหนดที่เข้มงวดสำหรับการออกแบบ การทดสอบ และการอนุมัติ ถ้าภาชนะรับความดันมีความหนาเกินไป จะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ทำให้ขนย้ายและติดตั้งยาก ต้องใช้โครงสร้างเสริมแรงเพื่อรองรับน้ำหนัก ซึ่งอาจเพิ่มต้นทุนและข้อจำกัดในการใช้งาน ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น โดยไม่จำเป็น อาจใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นแทน เช่น การเลือกวัสดุที่แข็งแรงแต่เบากว่า และภาชนะรับความดันที่หนามากอาจมีความเค้นภายในไม่สมดุล โดยเฉพาะเมื่อเจอ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้เกิด รอยร้าวหรือความเสียหายจากความเค้นตกค้าง แต่หากภาชนะรับความดันบางเกินไป อาจเกิดการบิดเบี้ยวหรือเสียรูปเมื่อรับแรงดันจากของไหลภายใน กรณีที่มีแรงดันภายนอกมากกว่าแรงดันภายใน (เช่น ถังสุญญากาศ) ถังอาจเกิด การยุบตัว (Buckling) ได้ ผนังถึงที่บางเกินไปอาจเกิดรอยร้าวจากแรงดันสูง หรือการกระแทกจากภายนอก หากถังทำจากโลหะ อาจเกิดความเค้นแตกหัก (Fracture) ได้ง่าย ถ้ายังแรงดันมาก ยิ่งต้องเพิ่มความหนาของภาชนะรับความดัน และถึงทรงกลมสามารถรับแรงดันได้สูงกว่าถังทรงกระบอกโดยใช้วัสดุที่เท่ากัน

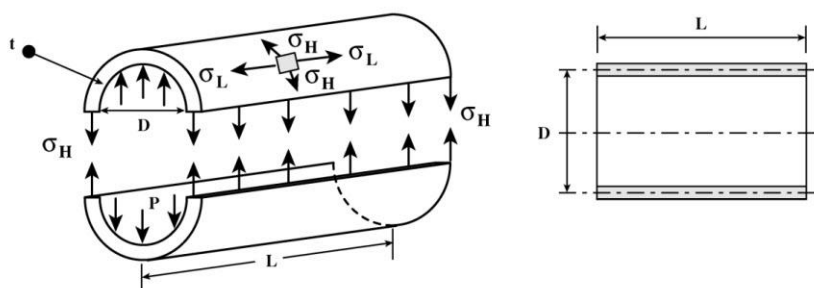
ความดัน (อังกฤษ: pressure; สัญลักษณ์ p หรือ P) เป็นปริมาณชนิดหนึ่งในทางฟิสิกส์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำตั้งฉากซึ่งทำโดยของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ต่อพื้นที่ของสารใด ๆ (ของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส) ความดันเป็นปริมาณสเกลาร์ ซึ่งเป็นปริมาณที่มีแต่ขนาดไม่มีทิศทาง

2.2.1 ความเค้นในถังรูปทรงกระบอกกึ่งผนังบาง (Thin wall cylinder)

รูปทรงกระบอกกึ่งผนังบาง หมายถึง รูปทรงกระบอกกึ่งผนังที่มีความหนาของผนังน้อยมาก โดยทั่วไปความหนาของผนังทรงกระบอกกึ่งผนังจะไม่เกิน $1/20$ เท่าของขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง

ในการพิจารณานั้น จะมีความเค้นเกิดขึ้น 2 แนวด้วยกัน คือ

1. ความเค้นตามเส้นรอบวง (Hoop or circumferential stress)
2. ความเค้นตามแนวยาว (Longitudinal stress)



ภาพที่ 2-1 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง

2.2.1.1 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง (Hoop or circumferential stress)

ในการหาความเค้นสามารถหาได้โดยการพิจารณาการสมดุลของครึ่งทรงกระบอกดัง
ภาพที่ 2-1\

ถ้าให้ t คือ ความหนาของผนัง

r คือ รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอกกึ่งกลาง

σ_H คือ ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง

P คือ ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะอัดความดัน

L คือ ความยาวของทรงกระบอกกึ่งกลาง

แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันภายใน = ความดัน $\times$ พื้นที่รับความดัน

$$F = P \times 2rL \quad \dots\dots\dots 1$$

แรงต้านที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเค้นตามแนวเส้นรอบวง (σ_H)

$$F = 2\sigma_H \times Lt \quad \dots\dots\dots 2$$

ถ้าภาชนะยังคงรูปเดิมอยู่ได้ แรงที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากัน คือ สมการที่ 1 = สมการที่ 2

$$P \times 2rL = 2\sigma_H \times Lt$$

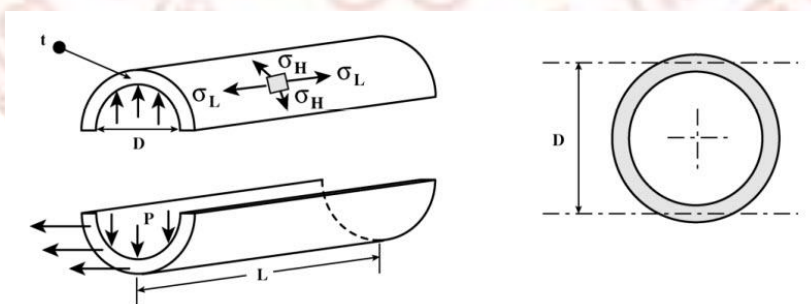
$$\therefore \sigma_H = \frac{2PrL}{2Lt}$$

$$= \frac{Pr}{t}$$

$$\therefore \sigma_H = \frac{Pr}{t} \quad \text{หรือ} \quad \sigma_H = \frac{PD}{2t}$$

2.2.1.2 ความเค้นตามแนวยาว (Longitudinal stress)

ในการหาความเค้นตามแนวยาว เราจะพิจารณาภาชนะทรงกระบอกกึ่งกลางผนังบางดัง
ภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 ความเค้นตามแนวยาว

ถ้าให้ σ_L คือ ความเค้นตามแนวยาว

P คือ ความดันภายในทรงกระบอกกึ่งกลาง

r คือ รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอกกึ่งกลาง

t คือ ความหนาของผนัง

แรงที่เกิดเนื่องจากความดันภายใน = ความดัน $\times$ พื้นที่รับความดัน

$$F = P \times \pi \cdot r^2 \quad \dots\dots\dots 3$$

แรงต้านที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเค้นตามแนวยาว σ_L

$$F = \sigma_L \times \pi \cdot 2rt \quad \dots\dots\dots 4$$

ถ้าภาชนะยังคงรูปเดิมอยู่ได้ แรงที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากัน คือ สมการที่ 3 = สมการที่ 4

$$P \times \pi r^2 = \sigma_L \times \pi 2rt$$

$$\sigma_L = \frac{P \times \pi r^2}{2\pi r t} = \frac{Pr}{2t}$$

$$\therefore \sigma_L = \frac{Pr}{2t} \quad \text{หรือ} \quad \sigma_L = \frac{PD}{4t}$$

หมายเหตุ

- 1.แรงที่กระทำตามแนวความยาว จะทำให้ความเค้นตามแนวยาว เป็นแรงที่ทำให้ ครอบกนั้นขาด ตามเส้นรอบวงนั้น
- 2.แรงที่กระทำตามแนวเส้นรอบวงนั้นจะทำให้เกิดความเค้นตามแนวเส้นรอบวงเป็น แรงที่ทำให้ครอบกนั้นขาดตามแนวยาว
- 3.ความเค้นตามแนวยาวและความเค้นตามแนวเส้นรอบวงจะกระทำต้งฉากซึ่งกันและกัน
4. ความเค้นตามแนวเส้นรอบวงจะมีค่าเป็น 2 เท่า ของความเค้นตามแนวยาว
5. ในการออกแบบนั้นจะต้องพิจารณา ขนาดต่างๆ จากความเค้นตามแนวเส้นรอบวง
6. ถ้ามีตะเข็บต้องใช้ตะเข็บตามแนวยาวเพราะแข็งแรงมากกว่าแนวอื่น

สรุป สมการการหาความเค้นในถังรูปทรงกระบอกกลางผนังบาง คือ

$$1. \text{ สมการความเค้นตามแนวเส้นรอบวง คือ } \sigma_H = \frac{Pr}{t} \quad \text{หรือ} \quad \sigma_H = \frac{PD}{2t}$$

$$2. \text{ สมการความเค้นตามแนวยาว คือ } \sigma_L = \frac{Pr}{2t} \quad \text{หรือ} \quad \sigma_L = \frac{PD}{4t}$$

2.2.2. ความเค้นในถังทรงกลมผนังบาง (Thin Spherical shell)

ถ้ารูปทรงกลมที่อยู่ภายใต้ความดันภายในจะทำให้เกิดความเค้นขึ้นตามแนวเส้นรอบวง ถ้าความบางของทรงกลมต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มีน้อยกว่า 1 ต่อ 20 ความเค้นที่เกิดขึ้นตามแนวรัศมีจะมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับความเค้นที่เกิดขึ้นในแนวเส้นรอบวง และสามารถตัดทิ้งได้พิจารณาทรงกลมที่อยู่ภายใต้ความดัน ดูภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 วัตถุทรงกลมภายใต้ความดัน

ถ้าให้ p คือความดันภายในภาชนะทรงกลม

σ คือความเค้นที่เกิดขึ้น

t คือความหนาของผนังบาง

r คือรัศมีเฉลี่ยของทรงกลมนี้

แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดัน = ความดัน $\times$ พื้นที่รับความดัน

$$F = P \times \pi r^2 \quad \dots\dots\dots 5$$

แรงต้านที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเค้น

$$F = \sigma \times \pi(2rt) \quad \dots\dots\dots 6$$

ถ้าภาชนะยังคงรูปเดิมอยู่ได้ แรงที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องเท่ากัน คือ สมการที่ 5 = สมการที่ 6

$$P \times \pi r^2 = \sigma \times 2\pi rt$$

$$\sigma = \frac{P \pi r^2}{2\pi rt} = \frac{P \cdot r}{2t}$$

$$\text{ความเค้นในถังทรงกลมผนังบาง} \quad \sigma = \frac{Pr}{2t} \quad \text{หรือ} \quad \sigma = \frac{PD}{4t}$$

สรุปเนื้อหา

$$\text{สมการหาความเค้นในถังทรงกลมผนังบาง คือ} \quad \sigma = \frac{Pr}{2t} \quad \text{หรือ} \quad \sigma = \frac{PD}{4t}$$

2.3 แนวคิดและทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) หรือที่เรียกว่าการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) เป็นเทคนิคที่ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในหลากหลายสาขา เช่น พฤติกรรมของวัสดุในโครงสร้าง การถ่ายเทความร้อน หรือการไหลของของไหลในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด โดยใช้การแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยผ่านวิธีทางคณิตศาสตร์ในเชิงตัวเลข เพื่อหาผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่แท้จริงด้วยคอมพิวเตอร์ การพัฒนาของระเบียบวิธีนี้ยังรวมไปถึงการแบ่งชิ้นส่วนของโมเดลคอมพิวเตอร์อย่างอัตโนมัติ เพื่อประเมินพฤติกรรมเชิงกลของโครงสร้างภายใต้แรงที่กระทำ

ในช่วงที่วัสดุยังคงอยู่ในภาวะยืดหยุ่น รวมทั้งยังมีการพัฒนาโดยใช้ระเบียบวิธี ES-FEM เพื่อการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (Le, Vu Hoang. 2019)

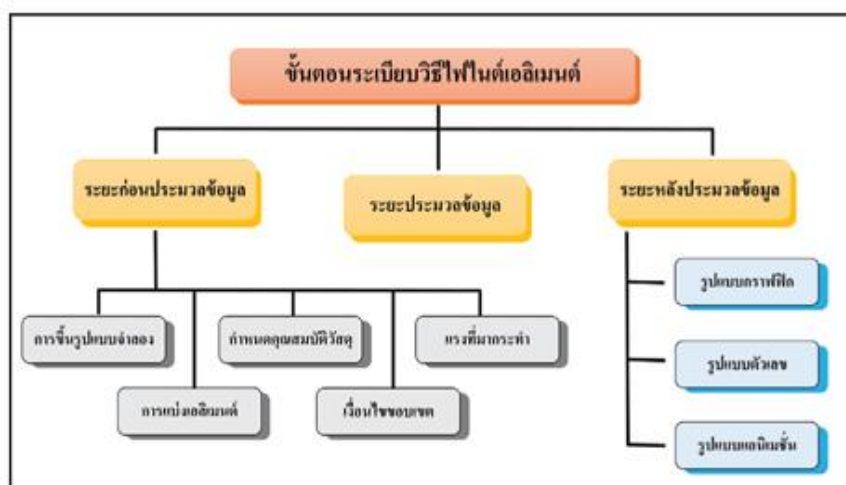
2.3.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยนั้น ปัญหาพื้นฐานคือการสร้างสมการที่สามารถประมาณค่าสมการที่กำลังสนใจศึกษาแต่มีความแน่นอนทางตัวเลข ซึ่งหมายความว่าความคลาดเคลื่อนในข้อมูลนำเข้า (input) และการคำนวณระหว่างกลางจะไม่ถูกรวมเข้าไปและส่งผลให้ข้อมูลส่งออก (output) ไร้ความหมาย ซึ่งวิธีการนั้นมีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นทางเลือกที่ดีในการแก้ปัญหสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยในขอบเขตที่ซับซ้อน (complex domains) เช่นในรถยนต์หรือท่อส่งน้ำมัน เมื่อขอบเขตมีการเปลี่ยนแปลง เช่นในช่วงปฏิกิริยาโซลิดสเตตที่ขอบเขตมีการเคลื่อนที่ (solid state reaction with a moving boundary)) หรือเมื่อผลแม่นยำตรงที่ต้องการมีการเปลี่ยนแปลงตลอดขอบเขต หรือเมื่อผลลัพธ์ไม่มีความราบเรียบ

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะเห็นได้ว่าเป็นรูปแบบ หนึ่งของการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของชิ้นงานหรือ วัสดุในระดับโครงสร้างภายใต้สภาวะที่ต้องการศึกษาที่ได้รับ ความนิยมอย่างแพร่หลาย

2.3.2 ข้อดี และข้อจำกัดการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์ ข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้การขึ้นรูปแบบจำลองทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และเป็นเสมือนโครงสร้างจริง ส่งผลให้การคำนวณแม่นยำมากขึ้น ทดลองซ้ำได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ (parameter) ได้สะดวกเป็นไปตามคุณสมบัติที่แท้จริงของวัสดุที่ต้องการศึกษา กำหนดทิศทางและปริมาณแรงที่กระทำต่อวัสดุได้ ซึ่งสามารถศึกษาพฤติกรรมของวัสดุที่สถานะทางกายภาพแตกต่างกันทั้งของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ประเมินผลลัพธ์ที่ได้หลายรูปแบบ เช่น ความเค้น (stress) ความเครียด (strain) การเคลื่อนขยับ (displacement) การถ่ายเทความร้อนกลศาสตร์ของไหล (fluid mechanic) เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดเวลาในการสร้างสถานการณ์จำลองจริง การสร้างแบบจำลองต้นแบบ เวลาในการทดสอบ และค่าใช้จ่ายในงานวิจัย (4-7) CM Dent J Vol. 39 No. 3 2018 ข้อดีดังกล่าวทำให้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธี ที่นิยมใช้จนถึงปัจจุบัน โดยศึกษารูปแบบความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อมีแรงกระทำขณะใช้งาน ทำให้ผู้วิจัยทราบพฤติกรรมเชิงกลต่อการตอบสนองของวัสดุและสามารถพัฒนาการออกแบบให้มีความสอดคล้องกับสภาวะจริงเพิ่มขึ้นแม้ว่าการศึกษาพฤติกรรมของวัสดุด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีข้อดีหลายประการ แต่ผู้วิจัยควรตระหนักเสมอว่าความถูกต้องแม่นยำของผลการศึกษาด้วย ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ขึ้นกับความถูกต้องในการสร้างแบบจำลอง ควรมีวิธีการทดสอบอื่นๆ ช่วยยืนยันผลจากการวิเคราะห์ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การสร้างแบบจำลองใช้วิธีการขึ้นรูปแบบจำลองดิจิทัลซึ่งทำได้ยากต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์มากพอ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณต้องมีประสิทธิภาพสูง โดยแบบจำลองที่ได้อาจไม่เหมือนสภาวะจริงอย่างสมบูรณ์ ความคลาดเคลื่อนในการสร้างแบบจำลองเป็นสาเหตุสำคัญ



ภาพที่ 2-4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

แผนภาพแสดงสรุประยะต่าง ๆ ของขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ทำให้ผลการศึกษแตกต่างไปจากความเป็นจริง เนื่องจาก การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตไม่อาจครอบคลุมสภาวะจริงได้ ทั้งหมด ไม่สามารถถ่ายทอดผ่านการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ จึงควรมีการทดสอบอื่น เช่น การศึกษาในห้องปฏิบัติการ หรือการศึกษาในสัณฐานทดลอง เพื่อยืนยันผลการศึกษาร่วมด้วยเสมอ

2.3.3 ขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

องค์ประกอบพื้นฐานการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สำคัญ ประกอบด้วย แบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ (geometry) ค่าเฉพาะของวัสดุที่ต้องการศึกษา (materials parameters) เงื่อนไขขอบเขต (boundary conditions) และแรงที่มากระทำ (load) ขั้นตอนการศึกษาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย ระยะก่อนประมวลข้อมูล (pre-processing phase) ระยะประมวลข้อมูล (solution phase) และระยะหลังประมวลข้อมูล (postprocessing phase) โดยมีรายละเอียดของแต่ละระยะดังนี้

2.3.4 ระยะก่อนประมวลข้อมูล

ขั้นตอนเตรียมแบบจำลองก่อนเข้าสู่ขั้นตอนประมวลผลเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์ แบบจำลองที่ดีควรมีความเหมือนหรือใกล้เคียงสภาวะจริงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ทั้งมิติรูปร่างและคุณสมบัติเชิงกล เพื่อให้ผลลัพธ์ของพฤติกรรมตอบสนองต่อสภาวะที่กำหนดใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริงมากที่สุด แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นได้ทั้งแบบสองมิติหรือสามมิติขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยแบบจำลองสามมิติให้คุณภาพเหมือนจริง ปฏิบัติการตอบสนองเชิงชีวกลศาสตร์ที่แม่นยำมากกว่าแบบจำลองสองมิติ แต่การสร้างแบบจำลองสามมิตินั้นมีกระบวนการขึ้นรูปซับซ้อนมากกว่า ต้องอาศัยความชำนาญและเทคโนโลยีขั้นสูง วิธีการสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญได้แก่ การขึ้นรูปแบบจำลอง การแบ่งเอลิเมนต์ การกำหนดคุณสมบัติวัสดุ เงื่อนไขขอบเขต และแรงที่มากระทำ ก. การขึ้นรูปแบบจำลอง (model simulation) การขึ้นรูปสร้างแบบจำลองโดยการวาดแบบจำลอง ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น AutoCAD, Solid Works,

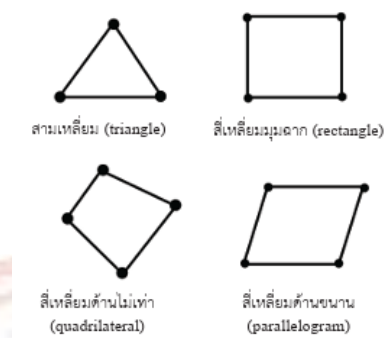
Rhino 3D, Pro/Engineer เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เทคนิค การถ่ายภาพหรือการสแกน (scan) วัตถุ ต้นแบบ วัสดุต้นแบบ เป็นเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตควรใช้เครื่องสแกนสามมิติ หรือ เอกซเรย์ คอมพิวเตอร์ (CT scan, micro CT scan) วัสดุ ต้นแบบเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตเลือกใช้เลเซอร์สแกนเนอร์ สามมิติ (3-D laser scanner) เครื่องสแกนวัตถุใช้ทั้งในช่องปาก และนอกช่องปากขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ความละเอียด ของข้อมูลที่ต้องการ และรูปร่างของวัตถุต้นแบบ(5) ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอน ขึ้นรูปแบบจำลองเก็บในรูปแบบดิจิทัลที่เรียก ว่า DICOM (digital Imaging and communications in medicine) ต่อมานำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ค (solid works) เพื่อสร้างแบบจำลองดิจิทัลสำหรับการ วิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไป ข. การแบ่งเอลิเมนต์ (meshing model) ขั้นตอนแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง (discretization) ในการแบ่ง รูปร่าง (meshing geometry) ขอบเขตของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็นชิ้นส่วนย่อยเรียกว่า เอลิเมนต์ (element) ที่มีขนาดเล็กลงเพื่อให้่าย สะดวกต่อการคำนวณ แต่ละเอลิเมนต์มีคุณสมบัติ เฉพาะตัวทางกายภาพ เช่น ความหนา ความหนาแน่นมอดูลัสของยัง (Young's modulus) และ อัตราส่วนปัวซอง (Poisson ratio) เป็นไปตามชนิดของวัสดุที่ต้องการศึกษาเอลิเมนต์ที่ถูกแบ่งมี รูปแบบความสัมพันธ์ฟังก์ชัน การประมาณภายใน (interpolation functions) ที่แตกต่างกัน ไป ขึ้นกับรูปร่าง ขอบเขต จำนวนจุดต่อเอลิเมนต์ที่อยู่ติดกัน ใช้จุดต่อร่วมกันโดยมีขอบที่เป็นขอบเขต เชื่อมต่อกันระหว่าง จุดต่อของเอลิเมนต์ นอกจากจุดต่ออยู่บริเวณมุมของเอลิเมนต์ แล้วยังอยู่บนขอบ ที่เชื่อมต่อกันระหว่างจุดต่อสองจุด เรียกว่าจุดต่อกลาง (midside node) ดังภาพที่ 2-5 การเพิ่ม จำนวนจุดต่อบนแบบจำลองช่วยให้การวิเคราะห์ผลมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งขึ้นกับความจำเป็นใน รูปแบบการวิเคราะห์แบบจำลองทำให้รูปแบบการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีหลาย รูปแบบ ส่งผลต่อรูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์บนจุดต่อและฟังก์ชันการประมาณภายใน การกำหนด เงื่อนไขขอบเขต และการถ่ายทอดพลังงานที่เกิดขึ้น เมื่อวัสดุมีแรงมากระทำปัจจัยดังกล่าวจึงมีอิทธิพล ต่อการเลือกใช้รูปแบบลักษณะของเอลิเมนต์ให้เหมาะสมกับแบบจำลองศึกษา ถือเป็นหลักสำคัญที่ทำให้ กระบวนการวิเคราะห์ สามารถจำลองได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด



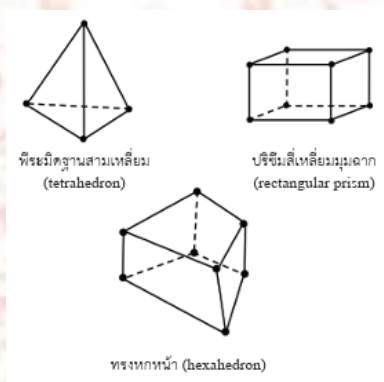
ภาพที่ 2-5 ก ภาพแสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ (มี 2 จุดต่อ) ข ภาพแสดงลักษณะ จุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ และมีจุดเชื่อมกลาง (มี 3 จุดต่อ)

จากการศึกษาที่ผ่านมาสามารถจำแนกรูปร่างและความ สัมพันธ์ของจุดต่อได้ดังนี้

- 1) รูปร่างเอลิเมนต์ 1 มิติ ได้แก่ ลักษณะเชิงเส้น (linear) เช่น คาน (beam) โครงถัก (truss) คานประกอบ ด้วย 3 จุดต่อ (quadratic beam) คานประกอบด้วย 4 จุด ต่อ (cubic beam)
- 2) รูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ ได้แก่ เอลิเมนต์พื้นที่เชิงเส้น เป็นระนาบความเค้น ความเครียด ลักษณะเป็นแผ่น (plate) หรือเปลือกบาง (shell) มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม รูปร่างต่าง ๆ (ภาพที่ 2-6)



ภาพที่ 2-6 สี่เหลี่ยมด้านขนาน (parallelogram) ภาพแสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ



ภาพที่ 2-7 ภาพแสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ

3) รูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ ได้แก่ เอลิเมนต์ปริมาตรอาจ เป็นโครงสร้างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (tetrahedron) ปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก (rectangular prism) หรือทรงหกหน้า (hexahedron)

การเลือกรูปร่างของหน่วยย่อยในการสร้างแบบจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลองที่ต้องการศึกษา สำหรับแบบจำลองประเภทสองมิติ นิยมเลือกใช้เอลิเมนต์ย่อยในรูปของสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยม ส่วนแบบจำลองประเภทสามมิติจะเลือกใช้เอลิเมนต์ย่อยในรูปทรงพีระมิดฐานสามเหลี่ยม ปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก หรือทรงหกหน้า เมื่อแบ่งแบบจำลองเป็นหน่วยย่อยแล้ว รูปร่างของหน่วยย่อยควรใกล้เคียงกับรูปร่างเดิมมากที่สุด เพื่อให้การคำนวณแม่นยำที่สุด จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในทางทันตกรรม มักนิยมใช้หน่วยย่อยลักษณะพีระมิดฐานสามเหลี่ยมเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำลองพฤติกรรมของวัสดุในลักษณะดังกล่าว

รูปร่างของเอลิเมนต์และความสัมพันธ์ของจุดเป็นได้ ทั้งหนึ่ง สอง และสามมิติ ซึ่งรวมทั้งขนาดและจำนวนของ เอลิเมนต์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อรูปแบบการกระจาย ความเค้นและความเครียดภายในวัสดุที่ต้องการศึกษา การปรับขนาดเอลิเมนต์ (mesh refinement) ที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ส่งผลต่อรูปร่าง จำนวนจุดต่อ (node) จำนวน เอลิเมนต์และระดับขั้นความเสรี (degree of freedom) เปลี่ยนไป จุดสัมผัสระหว่างผิววัสดุที่มากกระทำสามารถปรับ ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น โอกาสเกิด การบิดเบี้ยว (distortion) การเคลื่อนขยับของเอลิเมนต์ ลดน้อยลง ทำให้การประมวลผลข้อมูลแม่นยำเพิ่มขึ้น อาจใช้เวลาในการประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์มากขึ้น

การปรับ ความละเอียดของเอลิเมนต์เฉพาะตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูป ซึ่งขนาดของเอลิเมนต์ที่เหมาะสมขึ้นกับ ประเภทการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การปรับขนาดเอลิเมนต์ให้เล็กลงช่วยลดความผิดพลาด และช่วย ให้การจำลองสถานการณ์ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมาก ขึ้นควรคำนึงถึงศักยภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้

การกำหนดคุณสมบัติและพฤติกรรมวัสดุ

การกำหนดคุณสมบัติและความสัมพันธ์ของแต่ละ หน่วยย่อยตามลักษณะพฤติกรรมและคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ต้องการศึกษา เบื้องต้นหลังแบ่งแบบ จำลองเป็นเอลิเมนต์ แต่ละเอลิเมนต์มีลักษณะเสมือนวัตถุ อิสระที่แยกจากกัน จำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติและความสัมพันธ์ของแต่ละเอลิเมนต์ตามพฤติกรรมเชิงกล คุณสมบัติ ทางกายภาพของวัสดุให้ใกล้เคียงกับลักษณะจริงของวัสดุ ชนิดนั้น ๆ รวมถึงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของวัตถุที่ ต้องการศึกษาให้วัตถุเคลื่อนขยับหยุดนิ่ง หรือมีแรงมากระทำ ทำบริเวณใด ด้วยขนาดของแรงเท่าใด มีตำแหน่งถ่ายทอด แรงระหว่างแต่ละหน่วยย่อยมีลักษณะเป็นจุดหรือเป็นพื้นที่ เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีพฤติกรรมในระดับโครงสร้าง ที่สอดคล้องกับสภาวะที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด

2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

“ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” (Learning Achievement) เป็นผลที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในการจัดการศึกษาให้กับนักเรียนโดยนักเรียนได้ให้ความสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลที่สามารถบอกถึงคุณภาพการศึกษาของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

2.4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ความสามารถ และทักษะ ทางด้านวิชาการ รวมทั้งสมรรถภาพทางสมอง และมวลประสบการณ์ทั้งปวง ที่เด็กได้รับการเรียน การสอน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ด้วยคะแนนจาก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (พวงรตน ทวีรัตน์, 2530 : 29)

Good (1973, p.7) ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) หมายถึงความสำเร็จ ความคล่องแคล่ว หรือความชำนาญในการใช้ทักษะและการประยุกต์ใช้ความรู้ในด้านต่างๆ ขณะที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึงความรู้หรือทักษะที่ได้จากการเรียนรู้ในวิชาต่างๆ ซึ่งสะท้อนจากผลการทดสอบที่จัดทำโดยครูผู้สอนหรือผู้รับผิดชอบในการสอน หรือทั้งสองอย่างรวมกัน

อรทัย จันใด (2553, หน้า 18) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความรู้และความสามารถในการเข้าถึงความรู้หรือทักษะที่เกิดจากการกระทำที่ประสานกัน ซึ่งต้องอาศัยความพยายามอย่างมากทั้งในด้านสติปัญญาและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสถิติ ปัจจัยเหล่านี้แสดงออกในรูปของความสำเร็จที่สามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทั่วไป

ชนิดา ยอดสาลี และ กาญจนา บุทสง (2559, หน้า 13) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความรู้หรือทักษะที่ได้รับจากการสั่งสอน ซึ่งต้องใช้ทั้งสติปัญญาและสมรรถภาพทางสมอง โดยแสดงออกในรูปของความสำเร็จที่สามารถวัดได้ผ่านทั้งสามด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย และใช้แบบทดสอบเพื่อประเมินความสามารถในการเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่เรียน

ดังนั้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากการกระทำของบุคคลเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมโดยเป็นผลจากการได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง หรือจากการเรียนการสอนในชั้นเรียน สามารถประเมินหรือวัดประมาณได้จากการทดสอบ หรือการสังเกต พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป

2.4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการด้านการศึกษาค้นคว้าให้ความหมายเกี่ยวกับ “การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” ไว้ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2544) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงการประเมินความสามารถของนักเรียนเมื่อการเรียนการสอนสิ้นสุดลงในแต่ละหน่วยหรือวิชา เพื่อให้ผู้สอนทราบถึงระดับความสำเร็จของนักเรียนในแต่ละวิชา และสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ในการพัฒนาไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยใช้แบบทดสอบเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล แบบทดสอบที่นิยมใช้มักเป็นแบบสอบเลือกตอบ เนื่องจากง่ายต่อการตรวจและให้คะแนนอย่างรวดเร็ว รวมถึงสามารถปรับปรุงให้มีคุณภาพดีและได้มาตรฐาน ซึ่งสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างเที่ยงตรงและให้คะแนนที่มีความเชื่อมั่นสูง แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถจำแนกได้เป็นสองประเภทหลัก คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงกลุ่ม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงเกณฑ์

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2562) อธิบายว่า การวัดผล (Measurement) คือ การกำหนดตัวเลขให้กับวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ หรือพฤติกรรมต่าง ๆ หรืออาจใช้เครื่องมือไปวัดเพื่อให้ได้ตัวเลขแทนคุณลักษณะต่าง ๆ การวัดผลแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1) วัดทางตรง วัดคุณลักษณะที่ต้องการโดยตรง เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก ฯลฯ มาตรฐานวัด จะอยู่ในระดับ Ratio Scale

2) วัดทางอ้อม วัดคุณลักษณะที่ต้องการโดยตรงไม่ได้ ต้องวัดโดยผ่านกระบวนการ ทางสมอง เช่น วัดความรู้ วัดเจตคติ วัดบุคลิกภาพ ฯลฯ มาตรฐานวัดจะอยู่ในระดับ Interval Scale การวัดทางอ้อมแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ

2.1) ด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) เช่น วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดเชาวน์ปัญญา วัดความถนัดทางการเรียน วัดความคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

2.2) ด้านความรู้สึก (Affective Domain) เช่น วัดความสนใจ วัดเจตคติ วัดบุคลิกภาพ วัดความวิตกกังวล วัดจริยธรรม ฯลฯ

2.3) ด้านทักษะกลไก (Psychomotor Domain) เช่น การเคลื่อนไหว การปฏิบัติโดยใช้เครื่องมือ ฯลฯ

สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การประเมินความสามารถของผู้เรียนหลังจากการจัดการเรียนการสอนในแต่ละหน่วย โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ซึ่งอาจเป็นแบบทดสอบ แบบฝึกหัด การสังเกต หรือใบงาน เพื่อให้ครูผู้สอนทราบถึงพัฒนาการของนักเรียนว่ามีความรู้และความสามารถเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด หลังจากการเรียนการสอนในรายหน่วย การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถจำแนกได้เป็นสองประเภทหลัก คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงกลุ่ม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงเกณฑ์

2.4.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการด้านการศึกษาค้นคว้าให้ความหมายของ “แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” ไว้ดังต่อไปนี้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) อธิบายว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทำนองเดียวกันว่าหมายถึงแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้วซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง

ศิริพร มาวรณ (2546) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ เป็นการวัดความสำเร็จในเชิงวิชาการว่านักเรียนรู้มาแล้วเท่าใด

สมนึก ภัททิยธนี (2546) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพทางสมองของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้มาแล้ว ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทหลักคือ แบบทดสอบที่ครูสร้างและแบบทดสอบมาตรฐาน โดยครูจะต้องสร้างข้อสอบเพื่อวัดผลจากการสอนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน ซึ่งมีหลายประเภท แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง ให้ผู้เรียนเขียนบรรยายตามความรู้และความคิดเห็น
2. ข้อสอบแบบถูก-ผิด ให้เลือกคำตอบที่มีสองตัวเลือกตรงข้าม เช่น ถูก-ผิด
3. ข้อสอบแบบเติมคำ ให้เติมคำในช่องว่างในประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์
4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ ให้ตอบคำถามอย่างสั้นและชัดเจน
5. ข้อสอบแบบจับคู่ ให้จับคู่คำหรือข้อความจากสองชุดที่มีความสัมพันธ์กัน
6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ ให้เลือกคำตอบจากตัวเลือกที่มีคำตอบถูกและตัวลวง

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

สรุปได้ว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้หรือความสามารถของผู้เรียนหลังจากที่ได้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นจะเป็นการออกแบบตามบริบทของวิชาที่สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบทดสอบที่เป็นปรนัย แบบทดสอบที่เป็นอัตนัย และแบบทดสอบที่เป็นการฝึกปฏิบัติประกอบหรือสร้างชิ้นงานจริง

2.4.4 การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้ศึกษาได้วิเคราะห์จากนักวิชาการได้ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบมีดังนี้ (สุทธิวรรณ พิรศักดิ์โสภณ, 2562)

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้แน่ชัดว่าจะสอบเพื่ออะไร สอบกับใคร ในระดับ ชั้นใด
2. กำหนดลักษณะของสิ่งที่วัด ในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วัดต้องรู้ว่าสิ่งที่ต้องการจะวัดนั้นคืออะไร เช่น ต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วัดจะต้องรู้ว่าในสาระของกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์นี้มีจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนอย่างไร ประกอบด้วยเนื้อหาใดบ้างต้องการให้ผู้เรียนบรรลุพฤติกรรมใดบ้าง พฤติกรรมเหล่านั้นเป็นอย่างไร ต้องกำหนดให้ชัดเจน ซึ่งอาจศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำราและ ทฤษฎีต่างๆ ได้ ในขั้นตอนนี้เราอาจพิจารณาจากตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ได้ทำไว้แล้ว

3. กำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ในการกำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัด นั้นพิจารณาจากคุณลักษณะของสิ่งที่เราจะวัดว่า คืออะไร ซึ่งดูได้จากตารางวิเคราะห์หลักสูตร และ ต้องดูด้วยว่าวัดพฤติกรรมใด จะวัดกับใคร ที่ไหน เมื่อไร อย่างไรด้วย เพราะเครื่องมือที่ใช้วัดมีหลาย ชนิด แต่ละชนิดก็เหมาะกับคุณลักษณะที่จะวัดต่างกัน ดังนั้นผู้สร้างต้องรู้ลักษณะของเครื่องมือแต่ละ ชนิด ด้วย

4. เขียนข้อสอบ เมื่อกำหนดได้แล้วถึงชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ ก็เริ่มลงมือเขียนข้อสอบ โดยเขียนให้สอดคล้องกับคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดและให้ถูกต้อง ตามหลักวิชาของการเขียนข้อสอบแต่ละชนิดด้วย

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไข เมื่อเขียนข้อสอบเสร็จแล้ว ควรให้ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญควร ประกอบด้วยบุคคล 2 ฝ่าย คือ ผู้เชี่ยวชาญใน เนื้อหาสาระวิชา และผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ทางด้าน วัดผลเป็นผู้พิจารณาคำถามและคำตอบว่าถูกต้อง ตามหลักวิชาหรือไม่ ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ อีกทั้งภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบ ถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่

6. การทดลองใช้ข้อสอบหลังจากที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไขแล้ว ก็นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ แล้วนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพ และพัฒนาแบบทดสอบต่อไปในการทดลอง ใช้อาจต้องทำหลาย ๆ ครั้งจนสามารถพัฒนาแบบทดสอบได้มีคุณภาพเป็นที่พอใจจึงนำไปใช้จริงในการสอบต่อไป

7. สร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนน การสร้างเกณฑ์ในการแปลความหมาย คะแนน ก็เพื่อต้องการบอกให้ทราบว่าถ้าบุคคลใดสอบได้คะแนนเท่าไร เขาจะเป็นผู้ที่มีความสามารถ หรือมีลักษณะพฤติกรรมอย่างไร

8. การเขียนรายงานและคู่มือการใช้ การเขียนรายงานและคู่มือการใช้ จะทำให้ ผู้นำไปใช้ได้รู้ถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบนั้น และรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการสอบว่าจะ ปฏิบัติอย่างไร คะแนนที่แต่ละคนสอบได้ จะแปลความหมายอย่างไร ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้เลือกใช้แบบทดสอบได้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายใน การสอบด้วย

2.4.5 ชนิดของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการด้านการศึกษาได้ให้ “ชนิดของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” ไว้ดังต่อไปนี้ ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538) อธิบายว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนไปแล้วซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริงซึ่งแบ่งแบบทดสอบประเภทนี้เป็น 2 ประเภทคือ

1) แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นเป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียนเป็นการทดสอบว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหน บกพร่องในส่วนใดจะได้สอนซ่อมเสริมหรือเป็นการวัดเพื่อดูความพร้อมที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2) แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละ สาขาวิชา หรือจากครูที่สอนวิชานั้นแต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนมีคุณภาพดีจึงสร้าง เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้นสามารถใช้หลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียน การสอนในเรื่อง

ใด ๆ ก็ได้แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบบอกถึงวิธีการ และยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วยทั้งแบบทดสอบของครูและแบบทดสอบมาตรฐานจะมีวิธีการ ในการสร้างข้อคำถามที่เหมือนกันเป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

- 2.1) วัดด้านการนำไปใช้
- 2.2) วัดด้านการวิเคราะห์
- 2.3) วัดด้านการสังเคราะห์
- 2.4) วัดด้านการประเมินค่า

สันติ งามเสริม (2553) อธิบายว่า การวัดและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการศึกษา โดยทำหน้าที่ตรวจสอบ ติดตามผลการดำเนินการจัดการทุกระยะ ทำให้การจัดการศึกษาเป็นไปอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ การวัดและประเมินผลการศึกษาหลายรูปแบบตามสาระที่จำแนก ในที่นี้ผู้เขียนขอนำเสนอเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1) จำแนกตามจุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผล มีด้วยกัน 6 ประเภท ดังนี้

1.1) การวัดและประเมินผลเพื่อจัดตำแหน่ง (Placement) คือการตรวจสอบความรู้ของนักเรียนก่อนที่จะเริ่มเรียนเพื่อทราบถึงระดับพื้นฐานความรู้และความสามารถของนักเรียน หากพบว่านักเรียนยังขาดความรู้ในบางด้านหรือมีความรู้ไม่เพียงพอ จะต้องทำการปรับพื้นฐานความรู้ให้พร้อมก่อน แต่หากนักเรียนมีพื้นฐานความรู้ดีแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหานั้น ๆ ซ้ำ ตัวอย่างของเครื่องมือที่ใช้ในประเภทนี้ ได้แก่ แบบสอบความพร้อม (Readiness Test), แบบสอบก่อนเรียน (Pretest), และแบบสอบวัดความถนัด (Aptitude Test)

1.2) การวัดและประเมินผลเพื่อคัดเลือก (Selection) เป็นการวัดและ ประเมินผลเพื่อคัดเลือกคน โดยมีเกณฑ์การตัดสินผลและมีผลการตัดสินเป็น “รับ และ ไม่รับ” ไม่ว่าจะเป็นการสอบคัดเลือกเข้าสถานศึกษา การสอบชิงทุนศึกษาต่อ การคัดเลือกคนเข้าทำงาน โดย เครื่องมือจะต้องมีความยาก เนื่องจากต้องการคนเก่ง

1.3) การวัดและประเมินผลเพื่อวินิจฉัย (Diagnosis) เป็นการวัดและ ประเมินผลเพื่อค้นหาว่า นักเรียนเก่งหรืออ่อนเพราะเหตุใด เก่งหรืออ่อนในเรื่องอะไร เพื่อหาสาเหตุใน การพัฒนา และปรับปรุงการเรียนการสอนให้เหมาะกับนักเรียน ดังนั้นแบบสอบที่สร้างขึ้นจะต้องจัด ขั้นตอนหรือเรื่องราวให้ละเอียด เพื่อที่จะได้ทราบว่าผู้เรียนมีจุดอ่อนในขั้นตอนใด หรือเรื่องใด

1.4) การวัดและประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบ (Assessment) เป็นการวัดและ ประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการของนักเรียน ว่ามีความเจริญงอกงามเพียงใด โดยการเปรียบเทียบเป็นระยะ ๆ คนละช่วงเวลา อาจเป็นช่วงก่อนเรียน หลังเรียน และสิ้นสุดภาคเรียน แต่ก็ ต้องคำนึงถึงเนื้อหาที่วัดนั้นจะต้องเป็นเนื้อหาเดียวกัน เครื่องมือที่ใช้ได้เช่น แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสัมภาษณ์ (Interview) แบบสังเกต (Observe) เป็นต้น

1.5) การวัดและประเมินผลเพื่อพยากรณ์ (Prediction) เป็นการวัดและ ประเมินผลเพื่อคาดคะเนล่วงหน้าว่าอนาคตจะสามารถเรียนได้สำเร็จหรือไม่ หรือควรเรียนต่ออะไร หรือประกอบอาชีพอะไร ซึ่งจะช่วยให้เป็นสัญญาณเตือนให้คอยปรับปรุงหรือรักษาระดับการเรียนถ้าผล การเรียนไม่ดี ก็ควรต้องแก้ไขวิธีการเรียนเสียใหม่ ถ้าผลการเรียนอยู่ในระดับดีก็แสดงให้เห็นถึงวิธีการเรียนที่

เหมาะสม ควรพยายามรักษาระดับไว้ต่อไป เพื่อปรับปรุงพัฒนาให้เรียนดียิ่งขึ้น เครื่องมือ ประเภทนี้ ได้แก่ แบบสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) เป็นต้น

1.6) การวัดและประเมินผลเพื่อประเมินค่า (Evaluation) เป็นการวัดและ ประเมินผล เพื่อสรุปคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนว่านักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ในรายวิชาหรือ ในระดับชั้นนั้นเพียงใด โดยนำผลการวัดทั้งหมดตลอดภาคเรียนมาเป็นข้อมูลในการตัดสินผลขั้น สิ้นสุดท้าย ในรูปของเกรด เช่น เกรด A-F หรือในรูปแบบของระดับคุณภาพ ได้แก่ ดีมาก ดี ผ่าน หรือ ได้ หรือ ตก เครื่องมือวัดประเภทนี้ได้แก่ แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสอบ มาตรฐาน (Standardized Test)

2) จำแนกตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1) การวัดและประเมินผลก่อนเรียน (Pre-Evaluation) เป็นการวัดและ ประเมินผล ก่อนที่จะมีการจัดการเรียนการสอนเกิดขึ้น เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานและทักษะของ นักเรียนว่ามีความรู้เพียงพอที่จะเรียนวิชาใหม่หรือไม่ การสอบก่อนเรียนมิใช่เป็นการสอบเพื่อวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่เป็นการสอบเพื่อให้ครูผู้สอนทราบพื้นฐานความรู้ของนักเรียน เพื่อช่วยให้ ครูผู้สอนวางแผนการสอนได้อย่างเหมาะสม เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสังเกต (Observe) แบบสัมภาษณ์ (Interview) เป็นต้น

2.2) การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Evaluation) เป็นการวัดและ ประเมินผลในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอน เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของ นักเรียนว่าบรรลุ วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้หรือไม่ หากพบว่ามิชอบก็พร้อมในเรื่องใด หรือ ในจุดประสงค์ใด เครื่องมือ ที่ใช้วัดประเภทนี้ได้แก่ แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสัมภาษณ์ (Interview) แบบสอบปากเปล่า (Oral Test) เป็นต้น

2.3) การวัดและประเมินผลหลังเรียน (Summative Evaluation) เป็นการวัด และ ประเมินผลหลังจากที่สิ้นสุดการเรียนการสอน เพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนว่ารอบรู้เนื้อหา มาก น้อยเพียงใด มีความสามารถในระดับใด ควรตัดสินได้-ตก ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือได้เกรดอะไร เครื่องมือ ที่ใช้วัดประเภทนี้ได้แก่ แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) เป็นต้น

3) จำแนกตามความหมายของคะแนน แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

3.1) การประเมินแบบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced) เป็นการนำคะแนนที่ได้ จากการ ทดสอบหรือผลงานของบุคคลใดบุคคลหนึ่งไปเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ได้ทำแบบทดสอบ ฉบับ เดียวกันหรือได้ทำงานอย่างเดียวกัน การประเมินแบบอิงกลุ่มเป็นการใช้เพื่อจำแนกหรือจัดลำดับ บุคคลในกลุ่มการประเมินแบบนี้มักใช้กับการประเมินเพื่อคัดเลือกเข้าศึกษาต่อในสถาบันการศึกษา ต่าง ๆ หรือจัดลำดับอาวุโสของนักเรียนนายเรือ หรือภายหลังสำเร็จการศึกษาของนักเรียนนายเรือ

3.2) การประเมินแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced) เป็นการนำคะแนน ที่ได้จาก แบบทดสอบหรือผลงานของบุคคลใดบุคคลหนึ่งไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ เช่น การประเมินระหว่างเรียนการสอนว่านักเรียนได้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่ได้กำหนดไว้ หรือไม่

3.3) การประเมินแบบอิงเกณฑ์และอิงกลุ่ม (Norm-Criterion Referenced) เป็นการประเมินที่ผสมผสานกัน โดยมีแนวความคิดตั้งอยู่บนทฤษฎีที่ว่า “การเปรียบเทียบคะแนนของ ผู้เรียนกันเองภายในกลุ่มจะมีความสมบูรณ์ขึ้น ถ้านักเรียนได้มีความรู้ ความสามารถตามคุณสมบัติขั้นต่ำแล้ว” กล่าวคือ เมื่อนักเรียนผ่านการตรวจสอบความรู้ ความสามารถขั้นต่ำระหว่างการเรียนการสอนแล้ว น่าจะทำให้การเปรียบเทียบคะแนนรวมภายในกลุ่มนักเรียนหลังเสร็จสิ้นการสอนมีความเหมาะสม และสามารถตัดสินระดับการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

ดังนั้นสรุปได้ว่า ชนิดของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ครูออกแบบให้ เหมาะกับรายวิชาที่สอนหรือเป็นการนำแบบทดสอบที่มีผู้สร้างขึ้นมาใช้ เพื่อวัดในด้านความรู้ ความสามารถ และพฤติกรรมของนักเรียน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อาพิศรา ดวงธนู และจิตตรี พลกุล (2563) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องสมบัติทางกายภาพของวัสดุ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลประทานอนุเคราะห์ อำเภอนาย้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องสมบัติทางกายภาพของวัสดุ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมดังกล่าว โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลประทานอนุเคราะห์ อำเภอนาย้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 89.96/80.86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 80/80 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

ประพรรณ เกษหอม และ อีราพรรณ แซ่แห้ว (2567) ศึกษาเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการเรียนรู้เสริมความรู้ เรื่อง ความเค้นและความเครียด สำหรับนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ของวิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ พบว่า ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้เสริมความรู้ เรื่อง ความเค้นและความเครียด มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 88.75/84.67 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ 2) นักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยชุดการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดการเรียนรู้เสริมความรู้ เรื่อง ความเค้นและความเครียด พบว่า โดยรวมนักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (= 4.54, S.D. = 0.52)

ณนิจ ด้วงอ่ำ และ สุรุฒิ ยะนิล (2560) ศึกษาเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความสำคัญในระดับดีมาก ($\bar{X}$) มีค่าเฉลี่ยรวม คือ 4.54 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเฉลี่ยรวม คือ 0.50 2) ผลการหาประสิทธิภาพ E1/E2 พบว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.84/82.41

สงความมาตรฐานทางไ 80/80 และ 3) ผลการเปรียบเทียบของคะแนนผลสมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผลปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีผล สมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าควบคุม ผลการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย ดังนั้นชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สภาพร ศิริเล็ก (2560) ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ความเค้นเนื่องจากแรง-ความร้อนบนหัวเชื่อมอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่า อิเล็กทรอนิกส์ช่องขนานใช้ในการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก มีราคาสูง เนื่องจากมีขนาดเล็กและผลิตจากทั้งสเตน เมื่อมีใช้งานสักระยะเวลาหนึ่งจะเกิด การเสื่อมสภาพบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัสของอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้รอยเชื่อมที่เกิดขึ้นมีคุณภาพลดลง งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาพฤติกรรมการเชื่อมและวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพบน อิเล็กทรอนิกส์ช่องขนานจากแรงและความร้อนในกระบวนการเชื่อม ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ร่วมกับแบบจำลอง Electrical/Thermal/Mechanical บนซอฟต์แวร์ MSC Mentat ผลการศึกษาพบว่า ในการเชื่อมเกิดอุณหภูมิสูงสุดบนอิเล็กทรอนิกส์เท่ากับ 1,040.77 เคลวิน และ Normal Stress สูงสุด เท่ากับ 646.08 เมกะปาสคาล บริเวณขอบหน้าสัมผัสของอิเล็กทรอนิกส์ช่องขนานที่อยู่ติดกับบริเวณ การเกิดอุณหภูมิสูงสุดบนเส้นลวดทองแดง โดยความร้อนเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดความเค้นสูง ซึ่งความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าความเค้นสูงสุดที่ทั้งสเตนจะต้านได้ จาก การทดสอบแรงกด จึงไม่ทำให้อิเล็กทรอนิกส์เกิดการแตกหักหรือเสียรูปโดยทันที แต่หากอิเล็กทรอนิกส์มีการใช้งานมากขึ้น จะส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพเพิ่มมากขึ้นด้วย

เวชากิยะห์ วาน (2566) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริงโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นมีค่าเท่ากับ 76.70/75.20 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 โดยคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) คะแนนเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.87, S.D. = 0.33) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านสื่อที่จับต้องได้และมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์ในทุกขั้นตอนของการทำกิจกรรมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของตนเองได้เป็นอย่างดี

จุฑามาศ มงคลสุภา และ สุชาวัลย์ หาญจรสุข (2568) ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุธรรมชาติทำวิศวกรรมน้อย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า 1) ชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุธรรมชาติทำวิศวกรรมน้อย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยภาพรวมมีคุณภาพความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.86, S.D. = 0.23) 2) ผลการทดลองใช้ชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุธรรมชาติทำวิศวกรรมน้อย มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและ

หลังเรียน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 21.334$, $p\text{-value} = .000$)

กฤษฎาภรณ์ ศุภระมูล และคณะ 2566 ศึกษาเรื่อง การตรวจสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการออกแบบแชสซี สำหรับยานพาหนะการเกษตร ผลการทดลองพบว่าเมื่อเลือกใช้เหล็ก AISI 1035 ค่าความเค้นพอนมิชเซสมากสุดที่เกิดขึ้นที่บริเวณกึ่งกลางของแชสซีมีค่า 170.7 MPa ค่าความเครียดสูงสุด 5.3×10^{-4} ค่าระยะขจัดสูงสุด 2.819 mm และค่าความปลอดภัยต่ำสุด 1.2 เมื่อเลือกใช้สแตนเลส SUS 304 ค่าความเค้นพอนมิชเซสมากสุดที่เกิดขึ้นที่บริเวณกึ่งกลางของแชสซีมีค่า 169.6 MPa ค่าความเครียดสูงสุด 5.058×10^{-4} ค่าระยะขจัดสูงสุด 2.681 mm และค่าความปลอดภัยต่ำสุด 1.42 ยานพาหนะเพื่อการเกษตรที่ออกแบบโดยเลือกใช้วัสดุทั้ง 2 ประเภทนี้มีความแข็งแรงเพียงพอในการนำไปใช้งานในสภาวะปกติ

วิเชียร จันทรชุม 2563 ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ปัญหาความเค้นใน 2 มิติด้วยวิธีสมูทไฟไนต์เอลิเมนต์จากการสร้างเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยมใด ๆ แบบ 4 ส่วนย่อย พบว่า การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีสมูทไฟไนต์เอลิเมนต์โดยการสร้างความเครียดแบบสม่ำเสมอสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาความเค้นใน 2 มิติ ด้วยการสร้างเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยมใด ๆ แบบ 4 ส่วนย่อย โดยทำการศึกษาผลของการสร้างโดเมนสม่ำเสมอแบบกำหนดอัตราส่วนความยาวของเอลิเมนต์ย่อยต่อความยาวของเอลิเมนต์หลักที่เท่ากันทั้งสองแกน จำนวน 3 ช่วงคือ 0.2-0.3, 0.3-0.4 และ 0.4-0.5 วิเคราะห์ร่วมกับการแบ่งโครงตาข่ายเอลิเมนต์จำนวน 5 ชุด คือ 16×4 , 24×6 , 32×8 , 40×10 และ 48×12 ตามลำดับ ปัญหาที่ใช้สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นปัญหาความเค้นในระนาบของคานยื่นปลายรับแรงกระทำซึ่งมีการกระจายตัวเป็นรูปพาราโบลาในแนวตั้งที่ปลายคานเป็นตัวอย่างในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีสมูทไฟไนต์เอลิเมนต์ (CS-FEM) โดยกำหนดจำนวนการแบ่งโครงตาข่ายของเอลิเมนต์หลักเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า สำหรับเอลิเมนต์สม่ำเสมออยู่ในเอลิเมนต์หลักนั้น ทำการแบ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมโดยขึ้นอยู่กับค่าของอัตราส่วนความยาวของเอลิเมนต์ย่อยต่อความยาวของเอลิเมนต์หลักร่วมกับการอาศัยหลักการความสมมาตรของรูปทรงแบบ semi-unit-cell ผลของการวิเคราะห์เชิงตัวเลขที่ได้ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ทางทฤษฎีของการเปลี่ยนตำแหน่ง (displacement) ความเค้นตั้งฉาก (normal stress) และความเค้นเฉือน (shear stress) ที่หน้าตัด $L/2$ และ $L/4$ ตามลำดับผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนความยาวของเอลิเมนต์ย่อยต่อความยาวของเอลิเมนต์หลัก และจำนวนของโครงตาข่ายมีค่ามากที่สุดนั้น ค่าความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายคานจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้ทางทฤษฎีมีค่าเป็นร้อยละ 0.09 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเค้นตั้งฉากที่ระยะ $L/2$ มีค่าเป็นร้อยละ 1.11 และที่ระยะ $L/4$ มีค่าเป็นร้อยละ 1.03 ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเค้นเฉือนในระนาบที่ระยะ $L/2$ มีค่าเป็นร้อยละ 2.26 ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนความยาวของเอลิเมนต์ย่อยต่อความยาวของเอลิเมนต์หลักในโครงตาข่ายที่หนาเบลงส่งผลให้การคำนวณค่าความเค้นตั้งฉากเข้าใกล้ค่าจากทฤษฎีได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าความเค้นเฉือนนั้น การเพิ่มขึ้นของค่าอัตราส่วนดังกล่าว ไม่ได้ส่งผลให้ผลการคำนวณเข้าใกล้ค่าจากทฤษฎีอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าการเพิ่มจำนวนของการแบ่งเอลิเมนต์

ภาคิณ ลอยเจริญ และคณะ (2563) แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการประเมินกำลังและพฤติกรรมการวิบัติของสมอยึดแบบใช้สกรียึดเหนี่ยวในคอนกรีตร้าวและไม่ร้าว พบว่า ระบบฝังยึด

แบบใช้สารยึดเหนี่ยวเป็นที่นิยมใช้ในงานต่อเติมและเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การทำนากำลังและพฤติกรรมของระบบฝังยึดแบบใช้สารยึดเหนี่ยวในคอนกรีตจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในคอนกรีตร้าวที่มีความยุ่งยากในการศึกษาพฤติกรรมเชิงลึกจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ในงานวิจัยนี้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ในระบบสามมิติ ของระบบฝังยึดแบบใช้สารยึดเหนี่ยวทั้งในคอนกรีตไม่ร้าวและคอนกรีตร้าวจะถูกสร้างและถูกสอบเทียบกับผลทดสอบตัวอย่างจริงจากงานวิจัยในอดีต ผลการสอบเทียบพฤติกรรมการวิบัติและค่าแรงดึงถอนสูงสุดพบว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ รูปแบบความสัมพันธ์ของแรงดึงถอนและการเคลื่อนที่ที่ปลายสมอยึดทั้งในช่วงก่อนและหลังจุดที่แรงดึงถอนมีค่าสูงสุดมีรูปแบบคล้ายคลึงกัน อีกทั้งยังพบว่าสมการ Uniform bond model สามารถทำนายค่าแรงดึงถอนสูงสุดในการฉีกคอนกรีตไม่ร้าวได้ใกล้เคียงค่าที่ได้จากแบบจำลองมากที่สุด ส่วนในการฉีกคอนกรีตร้าวที่มีระนาบการร้าววิ่งชนผิวสัมผัสระหว่างสารยึดเหนี่ยวกับคอนกรีต พบว่าอัตราส่วนของค่าแรงดึงถอนสูงสุดในการฉีกคอนกรีตร้าวเทียบกับกรณีคอนกรีตไม่ร้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อความยาวระยะฝังยึดมีค่ามากขึ้น

คมสันต์ วงศ์ภาพสินธุ์, วชิรินทร์ เทียวกร (2561) การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในกระบวนการดึงขึ้นรูปลิกโลหะแผ่น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) ในการวิเคราะห์และจำลองกระบวนการดึงขึ้นรูปลิกโลหะแผ่น เพื่อใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์และกำหนดเงื่อนไขของกระบวนการผลิตที่เหมาะสม ลดขั้นตอนในการทดลองจริง และลดความสูญเสียจากการลองผิดลองถูกในกระบวนการผลิตวัสดุที่ใช้ในการศึกษาเป็นหลักแผ่นชนิด SPCC ตามมาตรฐาน JIS G 3141 โดยขึ้นงานต้นแบบมีลักษณะเป็นทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 71 มิลลิเมตร ความสูง 19 มิลลิเมตร และความหนา 0.5 มิลลิเมตร จากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่า ขนาดแผ่นโลหะแผ่นเปล่าที่เหมาะสมในการขึ้นรูปคือ 95 มิลลิเมตร มีรัศมีตายเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และแรงจับยึดชิ้นงาน (Blank Holder Force) ที่เหมาะสมคือ 6 กิโลนิวตัน เมื่อดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์ตามเงื่อนไขที่ได้จากการวิเคราะห์ และทดสอบการขึ้นรูปจริง พบว่าชิ้นงานที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับชิ้นงานต้นแบบและผลจากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยรอยย่นมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียงกันกับที่คาดการณ์จากแบบจำลอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการพยากรณ์พฤติกรรมของวัสดุในกระบวนการขึ้นรูป ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านการลดต้นทุน เวลา และข้อผิดพลาดในการผลิต

ปริญญา บุญมาเลิศ, ธนู ฉุยฉาย (2561) การศึกษาเปรียบเทียบการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และระเบียบวิธีไรโครงตาข่าย พบว่า บทความนี้ทำขึ้นเพื่อเป็นใช้แนวทางในการตัดสินใจของผู้ที่เริ่มจะทำการศึกษาคำนวณเชิงตัวเลขในงานทางวิศวกรรมหรือสำหรับนักวิจัยที่ต้องการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการคำนวณ จากการศึกษาวิธีการคำนวณทั้งสองวิธีนี้ พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมีความแม่นยำและเที่ยงตรงใกล้เคียงกัน ความผิดพลาด (Energy error) อยู่ในระดับ $e < 10^{-3}$ แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณงานแบบเดียวกัน พบว่าระเบียบวิธีแบบไรโครงตาข่าย ใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เกือบสามเท่า แต่ถ้าพิจารณาการนำไปใช้ใน

การคำนวณที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนจำนวนจุดซ้ำหรือมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของเอลิเมนต์ พบว่าระเบียบวิธีแบบไรโครงตาข่าย จะทำได้ง่ายกว่าและเร็วกว่าในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูล

อรรถพล ชัยมนัสกุล (2556) การศึกษาความเค้นในถังแรงดันแนวนอนและแท่นรองรับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่า วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อความเค้นในถังแรงดันแนวนอนและแท่นรองรับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้แบบจำลองสามมิติและวิเคราะห์เพียง 1 ส่วน 4 ของแบบจำลอง ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ อัตราส่วนของระยะห่างระหว่างส่วนปลายของถังแรงดันและแท่นรองรับต่อความยาวส่วนทรงกระบอกของถังแรงดัน (A/L) และอัตราส่วนของความยาวส่วนทรงกระบอกต่อรัศมีของถังแรงดัน (L/R) นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแท่นรองรับกับความเค้นในถังแรงดันและแท่นรองรับ จากการศึกษาพบว่าความเค้นในถังแรงดันและแท่นรองรับจะลดลงเมื่ออัตราส่วน A/L เท่ากับ 0.2 และอัตราส่วน L/R น้อยกว่า 14 ขนาดของแท่นรองรับที่เหมาะสมสามารถช่วยลดค่าความเค้นในถังแรงดันและแท่นรองรับลงได้



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เป็นการวิจัยที่บูรณาการการจัดการเรียนรู้จากรายวิชางานความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องภาชนะรับความดัน มาใช้ร่วมกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดคำนวณ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและวางแผนวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 กลุ่มทดลอง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มทดลองที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ที่เรียนในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อใช้ทดสอบกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

- 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 2) แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องภาชนะรับความดัน

3.2.1 สร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อใช้ทดสอบกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยได้ทำการออกแบบเอกสารประกอบการจัดการเรียนการสอน ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำวิจัย โดยเอกสารจะประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา ซึ่งมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่วิเคราะห์ไว้ โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้สอนในเนื้อหาภาคทฤษฎี มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) ศึกษาโครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีพุทธศักราช 2567 รายวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ และศึกษาเนื้อหาที่สอน วัตถุประสงค์ วิธีการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากเอกสาร ตำรา งานวิจัย และบทความ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุด กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

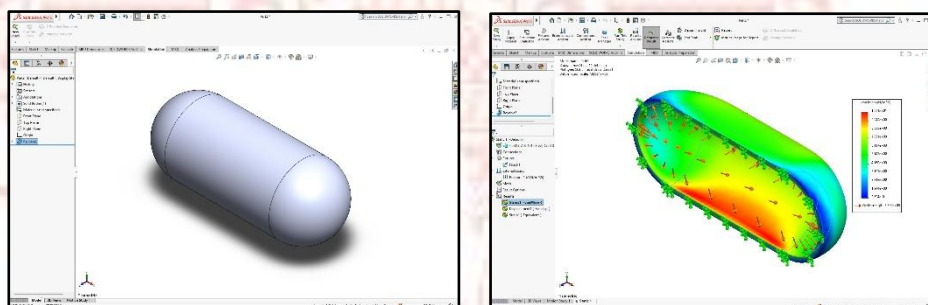
2) รวบรวมข้อมูลและเนื้อหา เรื่องภาชนะรับความดัน

3) เขียนโครงสร้างหรือรูปแบบในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

4) ออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ และให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมด้านเนื้อหาชุดกิจกรรม การเรียนรู้ ด้านการใช้ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการ เรียนรู้

5) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ ผ่านการปรึกษาและตรวจสอบ มาปรับปรุงแก้ไขตามอาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำ

6) โปรแกรมที่ใช้สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟ ไนต์เอลิเมนต์ ได้แก่ SolidWorks



ภาพที่ 3-1 โปรแกรม SolidWorks ที่นำมาสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

7) สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะระบุเกี่ยวกับหัวข้อ สารสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาการเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้

8) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ สร้างขึ้น สอบถามอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อปรับปรุงแก้ไขตามอาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำ

9) สร้างใบเนื้อหา แบบฝึกหัดระหว่างเรียน ให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ซึ่ง เนื้อหาที่นำมาสร้างสามารถค้นคว้าได้จาก ตำรา หนังสือ งานวิจัย ประสบการณ์ครูผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้เนื้อหาที่ถูกต้อง และมีความเหมาะสมกับผู้เรียน โดยเนื้อหาจะเรียงลำดับตามหัวข้อและมีความเหมาะสมด้านระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน

10) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขอย่างสมบูรณ์แล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพในแต่ละด้านต่อไป

การหาประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้ มีขั้นตอนดังนี้

1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมกับนักศึกษา 1-3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรม หรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงสาระกิจกรรมระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนี้นี้จะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วจะสูงขึ้นมากก่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม ทั้งนี้ E_1/E_2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 60/60

2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับนักศึกษา 6-10 คน (คณะผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและประเมินผลลัพธ์ คือการทดสอบหลังเรียน และงานสุดท้ายที่มอบให้นักเรียนทำส่งก่อนสอบประจำหน่วยให้นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของนักศึกษาจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่าเกณฑ์โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% นั่นคือ E_1/E_2 ที่ได้ จะมีค่าประมาณ 70/70

3) การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมกับนักศึกษาทั้งชั้นเรียน ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้ว ให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำ และทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักศึกษาต่างกลุ่ม อาจทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ ปกติไม่น่าจะทดสอบประสิทธิภาพเกินสามครั้ง ด้วยเหตุนี้ขั้นทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามจึงแทนด้วย 1:100

ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สามารถหาค่า E_1/E_2 ได้ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556)

$$E_1 = \frac{\sum x}{N} \times 100$$

- เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ
 $\sum x$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบหรืองานที่ทำระหว่างเรียน
 A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน
 N คือ จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

- เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
 $\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน
 B คือ คะแนนเต็มของการประเมินหลังเรียนและประเมินงานสุดท้าย
 N คือ จำนวนผู้เรียน

3.2.1.2 แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถาม มีขั้นตอนต่อไปนี้

1) ศึกษาเนื้อหารายละเอียดของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อกำหนดประเด็นการตั้งคำถาม

2) ศึกษาการเขียนคำถาม โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือคำถามเกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ส่วนที่สองคือแบบสอบถาม โดยให้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3) สร้างคำถามให้ครอบคลุม โดยสร้างขึ้นเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ ได้แก่ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

- 5 หมายถึง ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก
- 3 หมายถึง ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับน้อย
- 1 หมายถึง ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์การยอมรับคุณภาพ คือ ตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป

แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงพินิจและความชัดเจนในการสื่อความหมาย โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ของแบบสอบถามความคิดเห็น มีรายนามผู้เชี่ยวชาญดังต่อไปนี้

- 1) นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
 ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

- 2) นายบรรเจิด เปาจีน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 3) นายอดุล ชันแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพพนมมณฑราชินมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 4) นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพพนมมณฑราชินมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 5) นายกิริติ พลหาญ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

4) จัดพิมพ์แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ที่เกี่ยวข้อง

3.2.1.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องภาชนะรับความดัน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาเอกสาร เนื้อหา ตำรา และกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในหัวข้อเรื่องภาชนะรับความดัน

2) สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) เพื่อสร้างข้อสอบได้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องภาชนะรับความดันที่ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องภาชนะรับความดันที่สร้างขึ้น ตรวจสอบหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ทั้งค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC และต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (ล้วน อังคณา. 2538) โดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน จำนวน 5 ท่าน นำผลมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีรายนามผู้เชี่ยวชาญ ดังต่อไปนี้

- 1) นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 2) นายบรรเจิด เปาจีน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

- 3) นายอดุล ชันแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 4) นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 5) นายกิริติ พลหาญ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

โดยเกณฑ์การพิจารณาระดับค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม คำนวณจากสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2553)

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

มีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หมายเหตุ : ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50 - 1.00

5) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องภาชนะรับความดัน ไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง

6) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก โดยทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาด้วยแบบทดสอบเรื่องภาชนะรับความดัน ทั้ง 30 ข้อ โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

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

เมื่อ p คือ ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

R คือ จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูก

N คือ จำนวนคนผู้เข้าสอบทั้งหมด

หมายเหตุ : ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความยากง่าย (p) ที่นำมาใช้ ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80

สูตรค่าอำนาจจำแนก

$$r = \frac{R_H - R_L}{N}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
 R_H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูง (เก่ง) ที่ตอบข้อนั้น ๆ
 R_L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำ (อ่อน) ที่ตอบถูก
 N คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

หมายเหตุ : ผลการตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก (r) ที่นำมาใช้ ควรมีค่ามากกว่า 0.20

7) ได้คะแนนที่วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นแล้ว นำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์และคัดเลือกหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งหมด โดยใช้วิธีการของ (kuder – Richardson) KR-20 ดังนี้ (Ebel, R.L. and Frisbie. 1986)

$$r_{KR-20} = \left[\frac{K}{K-1} \right] \left[\frac{1 - \sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ r_{KR-20} คือ ค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งหมด
 K คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ
 S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด
 P คือ อัตราส่วนของผู้ตอบถูก
 q คือ อัตราส่วนของผู้ตอบผิด

หมายเหตุ : โดยเกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบที่นำมาใช้เป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ควรมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ผู้วิจัยเลือกใช้กลุ่มทดลอง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล จำนวน 20 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ โดยดำเนินการวิจัยดังนี้

3.3.1 การดำเนินการและเก็บผลการทดลองงานวิจัยการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

3.3.1.1 ติดต่อยื่นคำร้องขออนุมัติหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญในการทำวิจัยจากภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3.3.1.2 นำหนังสือเชิญขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญในการทำวิจัยส่งให้อำนาจการวิทยาลัยต่าง ๆ เพื่อขอความอนุเคราะห์และประสานงานในการเก็บข้อมูลงานวิจัย

3.3.1.3 ดำเนินการขอความอนุเคราะห์จากสถานศึกษา เพื่อขออนุญาตใช้สถานที่ บุคลากร และวัสดุอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลงานวิจัย

3.3.1.4 ทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง

3.3.1.5 ปรับปรุง แก้ไข และจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ฉบับสมบูรณ์

3.3.1.6 นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง โดยมีนักศึกษาจำนวน 20 คน เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เน้นทำกิจกรรมร่วมกันในชั้นเรียน และปรึกษาเรียนรู้ภาคทฤษฎีร่วมกัน แล้วทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแบบทดสอบ และจากการวัดด้านทักษะการคำนวณตามโจทย์ที่ครูผู้สอนกำหนด โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบตรวจสอบรายการให้นักศึกษากลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน โดยแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 4 คน ได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม จากนั้นครูผู้สอนดำเนินการสอนโดยการสร้างแรงจูงใจให้กับนักศึกษาโดยการนำเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยายถึงความสำคัญของภาษาในระดับความดัน จากนั้นทำการชี้แจงรายละเอียดของเนื้อหาที่นักศึกษาได้เรียนรู้ ตามหน่วยการเรียนรู้ที่จะต้องดำเนินการกิจกรรม จากนั้นนักศึกษาแต่ละกลุ่มจะต้องใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากนั้นให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาข้อมูลด้วยตนเองและปฏิบัติตามวิธีการดำเนินงานของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จากนั้นดำเนินการทดสอบนักศึกษาโดยใช้แบบทดสอบภาคทฤษฎี เป็นแบบทดสอบปรนัย ดังนั้นจึงได้รูปแบบกระบวนการเรียนการสอนและการดำเนินงาน

3.3.1.7 ครูผู้สอนทำการชี้แจงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน เพื่อให้นักศึกษาได้ทราบถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่นักศึกษาจะต้องเรียนรู้



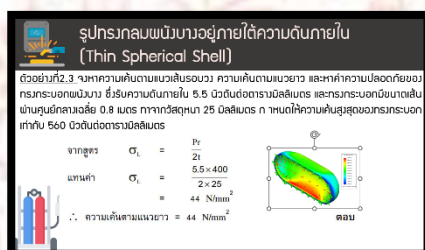
ภาพที่ 3-2 ครูผู้สอนทำการชี้แจงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน

3.3.1.8 ครูผู้สอนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ใช้ในการเรียนรู้ให้กับนักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองและสามารถทบทวนความรู้เดิมได้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนส่งให้



ภาพที่ 3-3 ครูผู้สอนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.3.1.9 นักศึกษาดำเนินการเรียนรู้ตามกลุ่ม ทำกิจกรรมและศึกษาข้อมูลผ่านชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ ทำการศึกษาข้อมูลจากเนื้อหาที่กำหนดให้ด้วยตนเอง และสมาชิกในกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน โดยมีครูผู้สอนคอยให้ความรู้ และให้คำปรึกษาแนะนำ



ภาพที่ 3-4 นักศึกษาดำเนินการเรียนรู้ทำกิจกรรมและศึกษาข้อมูลผ่านชุดกิจกรรมการเรียนรู้

3.3.2 การใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบประเมินผลการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 20 คน ซึ่งมีแบบแผนการทดลองในแบบ One Shot Case Study เป็นแบบแผนการวิจัยที่ไม่มีการทดสอบหรือวัดผลก่อนทำการทดลอง มีการวัดผลเพียงครั้งเดียว วัดผลหลังการทดลอง (ศรีมาจ ญ วิเชียร, 2556) โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนทราบถึงเป้าหมายของการเรียนรู้ ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แสดงแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดผลหลังการทดลอง

ตัวแปรจัดการกระทำ	หลังการทดลอง
X	O ₁

ความหมายสัญลักษณ์

X หมายถึง Experimental (การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน)

O₁ หมายถึง Observe (ระหว่างทำกิจกรรมวัดทักษะการทำงานเป็นทีม และหลังจากการทำกิจกรรม วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลและสูตรการหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

3.4.1 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.4.1.1 การหาค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยใช้สูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550)

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

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\sum X$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.4.1.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี. 2546)

$$S.D. = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}{n}$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลอง

X_i คือ ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวหรือจุดกึ่งกลางชั้นแต่ละตัว

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มทดลอง

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

3.4.1.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับเกณฑ์ สถิติที่ใช้ในการทดสอบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for one sample) (ชูศรี วงศ์รัตน์ , 2552)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad \text{โดยมี } df = n-1$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน เกณฑ์ร้อยละ 80

S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยและทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามหัวข้อรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

4.1.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปในภาพรวม

4.1.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1.4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1.5 ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กับเกณฑ์

4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

4.1.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาในระดับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปในภาพรวม ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4-1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปในภาพรวม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.62	0.49	มากที่สุด
2. ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.60	0.52	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.63	0.49	มากที่สุด
รวม	4.62		มากที่สุด

จากตารางที่ 4-1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละรายการประเมิน พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.49) รองลงมา คือด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.49) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.52) ตามลำดับ

4.1.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4-2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้			
1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ลำดับความสำคัญของเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง	4.40	0.55	มาก
1.3 ปริมาณเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
1.4 เนื้อหาการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อระดับของผู้เรียน	4.40	0.55	มาก
1.5 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนชัดเจนผู้เรียนสามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด
1.6 เนื้อหามีความน่าสนใจ สร้างความสนใจให้กับผู้เรียน	4.80	0.45	มากที่สุด
1.7 ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด
1.8 ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลาเรียน	4.80	0.45	มากที่สุด
1.9 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนได้ด้วยตนเอง	4.20	0.45	มาก
1.10 ความเหมาะสมของแบบทดสอบ	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.62		มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 พบว่าผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดตามลำดับ คือข้อที่ 1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$, S.D. = 0.00) ข้อที่ 1.6 เนื้อหาที่น่าสนใจ สร้างความสนใจให้กับผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) 1.7 ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) ข้อที่ 1.8 ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลาเรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) ข้อที่ 1.3 ปริมาณเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ข้อที่ 1.5 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนชัดเจนผู้เรียนสามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ข้อ 1.10 ความเหมาะสมของแบบทดสอบ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ข้อ 1.2 ลำดับความสำคัญของเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) และข้อ 1.4 เนื้อหาการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อระดับของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ข้อที่ 1.9 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนได้ด้วยตนเอง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.20$, S.D. = 0.45) ตามลำดับ

4.1.3 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4-3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
2. ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้			
2.1 การใช้ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาบทเรียนทำได้ง่าย	4.40	0.55	มาก
2.2 ชุดกิจกรรมสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนก่อนทำแบบฝึกหัด	4.60	0.55	มากที่สุด
2.4 ชุดกิจกรรมมีความสะดวกในการศึกษาเรียนรู้ใช้งานได้ง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.60		มากที่สุด

จากตารางที่ 4-3 พบว่าผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.50) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดตามลำดับ คือข้อที่ 2.2 ชุดกิจกรรมสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น มีความ

เหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) ข้อที่ 2.3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาก่อนทำแบบฝึกหัด มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ข้อที่ 2.4 ชุดกิจกรรมมีความสะดวกในการศึกษาเรียนรู้ใช้งานได้ง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้อที่ 2.1 การใช้ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาบทเรียนทำได้ง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) ตามลำดับ

4.1.4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกลด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4-4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
3. ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้			
3.1 การนำเสนอเนื้อหาเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 การออกแบบชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจเหมาะสมกับการใช้เป็นสื่อการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
3.3 เนื้อหาบทเรียนเหมาะสมและสมบูรณ์	4.80	0.45	มากที่สุด
3.4 ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการสอนมีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
3.5 ภาษาที่ใช้ประกอบการสอนมีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
3.6 คุณภาพของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว มีความเหมาะสม	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.63		มากที่สุด

จากตารางที่ 4-4 พบว่าผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดตามลำดับ คือข้อที่ 3.3 เนื้อหาบทเรียนเหมาะสมและสมบูรณ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) ข้อที่ 3.6 คุณภาพของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว มีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) ข้อที่ 3.1 การนำเสนอเนื้อหาเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ข้อที่ 3.4 ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการสอนมีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) และข้อที่ 3.5 ภาษาที่ใช้ประกอบการสอนมีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้อที่ 3.2 การออกแบบชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจเหมาะสมกับการใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) ตามลำดับ

4.1.5 ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4-5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

คะแนน	n	คะแนน		ค่าเฉลี่ยร้อยละ	เกณฑ์
		คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย		
ระหว่างเรียน (E ₁)	20	30	24.10	80.33	80
หลังเรียน (E ₂)		30	25.65	85.50	

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน (E₁) ในขณะที่เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีคะแนนเฉลี่ย 24.10 จากคะแนนเต็ม 30 คิดเป็นร้อยละ 80.33 และได้ประเมินผลการเรียนหลังเรียน (E₂) กับนักศึกษา มีคะแนนเฉลี่ย 25.65 จากคะแนนเต็ม 30 คิดเป็นร้อยละ 85.50 จึงสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 80/80

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ตารางที่ 4-6 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กับเกณฑ์

คะแนน	n	$\bar{X}$	S.D.	T	df	P-Value
ประเมินหลังเรียน	20	25.65	2.94	7.91	18	.00

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4-6 พบว่า ผลการวิเคราะห์และการแปลความของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่านักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่เรียนในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ จำนวน 20 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 25.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.94 เมื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย พบว่านักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T=7.91$, $df=18$, $P = .00$)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคเครื่องกล

5.1 สรุปผล

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งในการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปในภาพรวมของชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้น อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49

ผลการวิจัยประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ E_1/E_2 จากการสรุปผลพบว่าประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.33 และการวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 80

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เนื่องจากเกณฑ์ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยอยู่ที่ระดับ .00

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการสรุปผลการวิจัย การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้ทดลองกับกลุ่มทดลอง เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาเทคนิคเครื่องกล จำนวน 20 คน ผลการอภิปรายมีดังหัวข้อต่อไปนี้

5.2.1 จากการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาษาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ผลการประเมินในภาพรวมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งได้แบ่งหัวข้อพิจารณาออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น มีความเหมาะสมและเมื่อนำไปใช้ในการจัดการ

เรียนการสอนสามารถทำให้นักศึกษาสามารถเข้าใจเนื้อหาในรายวิชามากยิ่งขึ้น และการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาลำดับขั้นตอนเนื้อหาบทเรียน วิธีการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ศึกษาข้อดีและเสียของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถสร้างชุดกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความน่าสนใจให้กับนักศึกษาได้ และมีความทันสมัย จึงทำให้ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมและสามารถใช้เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผลต่อนักศึกษา และส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคอ่างทองมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ซึ่งชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอรธพล ชัยมนัสกุล. (2556) เรื่อง การศึกษาความเค้นในถังแรงดันแนวนอนและแท่นรองรับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้วิจัยเกี่ยวกับการศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อความเค้นในถังแรงดันแนวนอนและแท่นรองรับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้แบบจำลองสามมิติทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนสูงขึ้น

5.2.2 ผลการวิจัยประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดทั้งในระหว่างเรียน ($E1 = 80.33$) และหลังเรียน ($E2 = 85.55$) ซึ่งเป็นไปตามหลักการประเมินประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมแบบ $E1/E2$ ที่นิยมใช้ในการวิจัยทางการศึกษา โดยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในเรื่อง "ภาชนะรับความดัน" นั้นดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ และยังแสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมช่วยส่งเสริมความเข้าใจในการวิเคราะห์ความเค้นด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญชม ศรีสะอาด (2556) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนในกรณีที่ใช้การสอนหลายครั้ง มีการวัดผลผู้เรียนในระหว่างเรียนหลายครั้งโดยเทียบกับเกณฑ์ ที่ใช้ 80/80 ซึ่งเกณฑ์ที่กำหนดมีความหมายดังต่อไปนี้ 80 ตัวแรก เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งเกิดจากการนำคะแนนที่สอบได้ระหว่างดำเนินการ มาหาค่าเฉลี่ยและเทียบเป็นร้อยละ ซึ่งผลคะแนนจะต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และค่าตัวเลข 80 ตัวหลังเป็นประสิทธิภาพของผลโดยภาพรวม เกิดจากการนำคะแนนจากการวัดโดยภาพรวมหรือเมื่อสิ้นสุดการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบเป็นร้อยละ ซึ่งต้องได้ผลคะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 เช่นเดียวกับงานวิจัยเรื่องโครงการอาชีพเห็ดสวรรค์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80 ซึ่งหมายถึงเกณฑ์การพิจารณาผลเรียนการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น โดย 80 ตัวแรก คือกระบวนการระหว่างเรียน หมายถึงคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และ 80 ตัวหลัง คือผลโดยภาพรวม หมายถึงคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

5.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ภาชนะรับความดันโดยประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p\text{-value} = .00$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสำเร็จดังกล่าวเกิดจากการออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยที่เป็นลำดับขั้น เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหา กำหนดจุดมุ่งหมายการวิจัย ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนหลักการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นได้ดำเนินการ

ออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พร้อมทั้งปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ชุดกิจกรรมมีความถูกต้องเหมาะสม ทันสมัย มีความน่าสนใจ และสามารถเข้าถึงได้ง่าย นอกจากนี้ ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นยังเอื้อต่อการเรียนรู้แบบยืดหยุ่น นักศึกษาสามารถศึกษาทบทวนเนื้อหาได้ทุกที่ทุกเวลาโดยไม่จำกัด ส่งผลให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจในเนื้อหาเชิงลึก และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ด้วงอำ,สุรุติ ยะนิล (2564) ผลการเปรียบเทียบผู้เรียนที่เรียนโดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เรื่องคาน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคเครื่องกล มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ก่อนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นักศึกษาควรมีการฝึกอบรมเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้ซอฟต์แวร์ไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อให้ นักศึกษามีพื้นฐานที่เพียงพอในการประยุกต์ใช้กับปัญหาความดันในภาชนะ เพื่ออำนวยความสะดวกและประสิทธิภาพในการเรียนมากยิ่งขึ้น

2) การนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้งานควรพัฒนาชุดกิจกรรมให้สามารถช่วยพัฒนาทักษะของนักศึกษาในด้านการวิเคราะห์โครงสร้างและการออกแบบภาชนะรับความดันได้อย่างเป็นระบบ โดยการผสมผสานการเรียนรู้เชิงทฤษฎีและการปฏิบัติ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อนักศึกษา

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมเพิ่มเติม โดยการจัดทำวิดีโอสาธิตหรือคู่มือออนไลน์ เพื่อให้ นักศึกษาสามารถศึกษาเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน

2) ควรงานใช้โปรแกรมลิขสิทธิ์สำหรับการวิจัย ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับอนุญาตให้ใช้โปรแกรมลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ทางสถิติ และโปรแกรม SolidWorks ในการออกแบบส่วนหนึ่งในการสร้างโมเดล 3 มิติและการจำลองเรื่องภาชนะรับความดัน

3) ควรใช้ชุดกิจกรรมกับกลุ่มทดลองที่ผู้วิจัยไม่ได้ทำการสอน

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กฤษฎางค์ ศุภระมุล และคณะ. (2566). การตรวจสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการออกแบบ
แชสซี สำหรับยานพาหนะการเกษตร. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราช
ภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- คมสันต์ วงศ์กาฬสินธุ์, วชิรินทร์ เขียวกร. (2561). การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
สำหรับกระบวนการดึงขึ้นรูปลึงโลหะแผ่น. คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
นครพนม จังหวัดนครพนม.
- จุฑามาศ มงคลสุภา และ สุชาวัลย์ หาญจรสุข. (2568). การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็ม
ศึกษา เรื่อง วัสดุธรรมชาติทำวิศวกรรมน้อย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการ
จัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชนิดา ยอดสาลี, และกาทจนา บุทสง. (2559, มกราคม-เมษายน). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนของนักเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษา
ประจวบคีรีขันธ์เขต 2. วารสารวิชาการ.
- ชัย วงษ์ใหญ่. (2545). พัฒนาหลักสูตรการสอนมิติใหม่. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2545). เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการศึกษา หน่วยที่ 1-5.
กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2551).
เทคโนโลยีและสื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักส์ชั่น.
- ตนิจ ดั่งอ่ำ, สุรวุฒิ ยะนิล. (2560). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรง
ของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. วิทยาลัยเทคนิค
กาญจนาภิเษก มหานคร ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ประพรรณ เกษหอม และ อีราพรรณ แซ่แห้ว. (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุด
การเรียนรู้เสริมความรู้ เรื่อง ความเค้นและความเครียดดึง สำหรับนักศึกษาระดับ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ของวิทยาลัยเทคนิค
สมุทรปราการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ปริญญา บุญมาเลิศ, ธนู ฉุยฉาย. (2561). การศึกษาเปรียบเทียบการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์
เอลิเมนต์และระเบียบวิธีไรโครงตาข่าย. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ภาษาไทย

- ภาคิน ลอยเจริญ, เกรียงศักดิ์ แก้วกุลชัย และ กิตติศักดิ์ ชันติวิชัย. (2563). แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการประเมินกำลังและพฤติกรรมการวิบัติของสมอยึดแบบใช้ยึดเหนี่ยวในคอนกรีตร้าวและไม่ร้าว. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- วิเชียร จันทรชุม. (2563). การวิเคราะห์ปัญหาความเค้นใน 2 มิติด้วยวิธีสมูทไฟไนต์เอลิเมนต์จากการสร้างเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยมใด ๆ แบบ 4 ส่วนย่อย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะวิศวกรรมศาสตร์.
- แนวชาภิยะห์ วาน. (2566). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริงโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- สุภาพร ศิริเล็ก. (2560). การวิเคราะห์ความเค้นเนื่องจากแรง-ความร้อนบนหัวเชื่อมอิเล็กทรอนิกส์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุวรรณใจเที่ยง. (2563). ความแข็งแรงของวัสดุ. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : บริษัทสำนักพิมพ์เอ็มพันธ์ จำกัด.
- อรรถพล ชัยมนัสกุล. (2556). การศึกษาความเค้นในถังแรงดันแนวนอนและแท่นรองรับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี.
- อนันต์ วงศ์กระจ่าง. (2558). ความแข็งแรงของวัสดุ. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- อาพิศรา ดวงธนู และจิตตรี พละกุล. (2563.) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องสมบัติทางกายภาพของ วัสดุสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลประทานอนุเคราะห์อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี.
- อรรถัย จันใด. (2553). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสกลนคร. วิทยานิพนธ์ปริิบทามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ภาษาอังกฤษ

- Bo Song and Brett Sanborn. (2018). **Relationship of compressive stress-strain response of engineering materials obtained at constant engineering and true strainrates**. Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM 87185, United States.
- Dechaumphai P. **Finite element method in engineering**. 5th ed. Chulalongkorn University Press; 2555: 1-5.)
- Kestel P, Schneyer T, Wartzack S. (2016). **Feature-based approach for the automated setup of accurate, design accompanying Finite Element Analyses**. DS 84: Proceedings of the DESIGN 2016 14th International Design Conference. 2016.)
- Le, Vu Hoang, "The performance of automatic adaptive edge-based smoothed finite element method in engineering mechanics applications" (2019). Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). 8516
- Marksub, V.(2012).**Development of Science Learning Packages for Secondary Students by Utilizing the Ekkamai Science Center for Education**. (Master thesis). Bangkok: Srinakharinwirot University.
- Mohammed SD, Desai H. (2016). **Basic Concepts of Finite Element Analysis and its Applications in Dentistry**. An Overview. J Oral Hyg Health 2014; 2(5): 1-5.)

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ
- ประมวลภาพกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง



รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคเครื่องกล มีดังนี้

- 1) นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 2) นายบรรเจิด เปาจีน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 3) นายอดุล ชันแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพพนมทราชนิมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 4) นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพพนมทราชนิมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 5) นายกิริติ พลหาญ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของแบบประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคเครื่องกล มีดังนี้

- 1) นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 2) นายบรรเจิด เปาจีน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 3) นายอดุล ชันแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 4) นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 5) นายกิริติ พลหาญ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา



ที่ อว 7104.1/44

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ด้วยนายธีรวัฒน์ พรหมลิ รหัสประจำตัว 66-020178-5620-1 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่งครูเชี่ยวชาญ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำ สารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวดี ตูทธิวีโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 087-213-4341 (นายธีรวัฒน์ พรหมลิ)



ที่ อว 7104.1/45

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขออนุญาตเคราะห้ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ด้วยนายธีรวัฒน์ พรหมลิ รหัสประจำตัว 66-020178-5620-1 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ เป็นอย่างดี จึงขออนุญาตเคราะห้ให้ นายบรรเจิด เปาจีน ตำแหน่งครูเชี่ยวชาญ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำ สารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห้เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห้ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 087-213-4341 (นายธีรวัฒน์ พรหมลิ)



ที่ อว 7104.1/46

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีวชนวมินทรราชินีมุกดาหาร

ด้วยนายธีรวัฒน์ พรมลิต รหัสประจำตัว 66-020178-5620-1 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายอตุล ชันแก้ว ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยการอาชีวชนวมินทรราชินีมุกดาหาร เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่าง แบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำ สารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ สุทธิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 087-213-4341 (นายธีรวัฒน์ พรมลิต)



ที่ อว 7104.1/47

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีวชนวมินทรราชินีมุกดาหาร

ด้วยนายธีรวัฒน์ พรหมลี รหัสประจำตัว 66-020178-5620-1 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยการอาชีวชนวมินทรราชินีมุกดาหาร เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 087-213-4341 (นายธีรวัฒน์ พรหมลี)



ที่ อว 7104.1/48

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสกลนคร

ด้วยนายธีรวัฒน์ พรหมลิ รหัสประจำตัว 66-020178-5620-1 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายกิตติ พลหาญ ตำแหน่งครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำ สารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

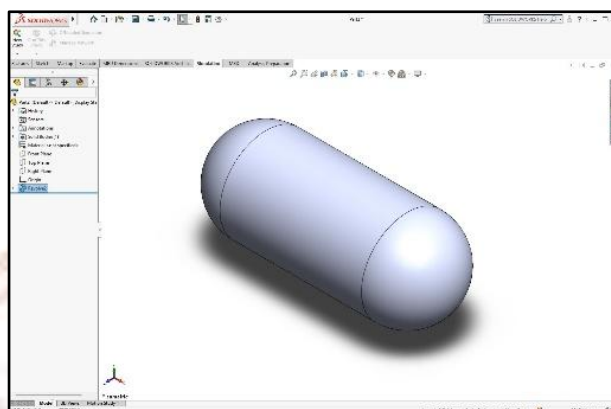
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

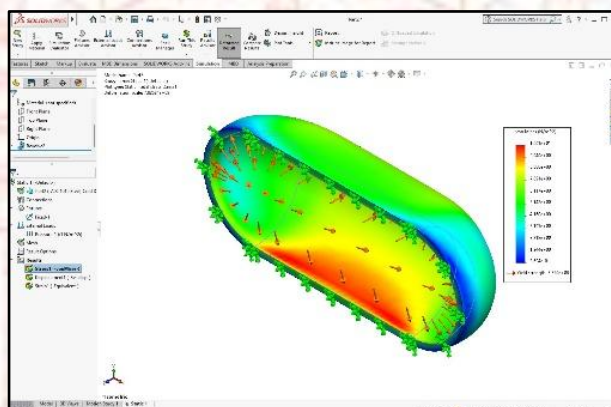
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 087-213-4341 (นายธีรวัฒน์ พรหมลิ)

ประมวลภาพกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ ก-1 เขียนแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรม Solid Work



ภาพที่ ก-2 สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

รูปทรงกลมพบบนอยู่ภายใต้ความดันภายใน (Thin Spherical Shell)

ตัวอย่างที่ 2.3 จงหาความเค้นตามแนวเส้นรอบวง ความเค้นตามแนวยาว และหาค่าความปลอดภัยของทรงกระบอกพบบน ซึ่งรับความดันภายใน 5.5 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.8 เมตร การทดสอบ 25 มิลลิเมตร กำหนดให้ความเค้นสูงสุดของทรงกระบอกเท่ากับ 560 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

จากสูตร	$\sigma_L = \frac{Pr}{2t}$	
แทนค่า	$\sigma_L = \frac{5.5 \times 400}{2 \times 25}$	
	$= 44 \text{ N/mm}^2$	

$\therefore$ ความเค้นตามแนวยาว = 44 N/mm^2

ตอบ



ภาพที่ ก-3 นักศึกษาเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



ภาพที่ ก-4 ทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน
ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ภาคผนวก ข

- แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
- แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล



แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษา
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคเครื่องกล

ชื่อสารนิพนธ์	การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
ชื่อนักศึกษา	นายธีรวัฒน์ พรหมลี
รหัสประจำตัว	6602017856201
สาขา	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้
เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคเครื่องกล**

คำชี้แจง : แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ ได้ทำการกรอกข้อมูลตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จากท่านจะนำไปแปลผลและสรุปรวม ซึ่งไม่มีผลต่อตัวท่านและสถานศึกษาแต่อย่างใด เครื่องมือในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินความคิดเห็น

ตอนที่ 2 : รายการประเมินความคิดเห็นต่อสื่อการเรียนรู้

ตอนที่ 3 : ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามความคิดเห็น

กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง () ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน ตามความเป็นจริง

1. เพศ

- () ชาย
() หญิง

2. วุฒิการศึกษา

- () ปริญญาตรี
() ปริญญาโท
() ปริญญาเอก

3. ประสบการณ์ในการทำงานด้านการสอน

- () ต่ำกว่า 5 ปี
() 6 - 10 ปี
() 11 - 15 ปี
() มากกว่า 15 ปีขึ้นไป

ตอนที่ 2 : ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดันด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง () ประเมินตามความคิดเห็นของท่าน

ระดับความคิดเห็น 5 หมายถึง มีความเหมาะสมดีมาก

ระดับความคิดเห็น 4 หมายถึง มีความเหมาะสมดี

ระดับความคิดเห็น 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับความคิดเห็น 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้						
1	เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2	ลำดับความสำคัญของเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง					
3	ปริมาณเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
4	เนื้อหาการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อระดับของผู้เรียน					
5	เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนชัดเจนผู้เรียนสามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย					
6	เนื้อหามีความน่าสนใจ สร้างความสนใจให้กับผู้เรียน					
7	ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้					
8	ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลาเรียน					
9	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนได้ด้วยตนเอง					
10	ความเหมาะสมของแบบทดสอบ					
ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้						
1	การใช้ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาบทเรียนทำได้ง่าย					
2	ชุดกิจกรรมสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น					
3	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาก่อนทำแบบฝึกหัด					
4	ชุดกิจกรรมมีความสะดวกในการศึกษาเรียนรู้ใช้งานได้ง่าย					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้						
1	การนำเสนอเนื้อหาเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน					
2	การออกแบบชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจเหมาะสมกับการใช้เป็นสื่อการเรียนรู้					
3	เนื้อหาบทเรียนเหมาะสมและสมบูรณ์					
4	ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการสอนมีความเหมาะสม					
5	ภาษาที่ใช้ประกอบการสอนมีความเหมาะสม					
6	คุณภาพของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว มีความเหมาะสม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน
ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

ชื่อสารนิพนธ์ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์
 เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิค
 เครื่องกล

ชื่อนักศึกษา นายธีรวัฒน์ พรหมลี

รหัสประจำตัว 6602017856201

สาขา วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)
วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (รหัสวิชา 30100-1015) เรื่อง ภาชนะรับความดัน
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความหมายของภาชนะรับความดันได้
2. อธิบายความหมายของความเค้นที่เกิดขึ้นกับภาชนะรับความดันทรงกระบอกได้
3. บอกสมการและชื่อตัวแปรของความเค้นและภาชนะรับความดันได้
4. คำนวณหาความเค้นและความดันที่เกิดขึ้นกับภาชนะรับความดันทรงกระบอกได้
5. คำนวณหาความเค้นและความดันในภาชนะรับความดันทรงกลมได้
6. คำนวณหาความเค้นและความดันที่ใช้งานของภาชนะรับความดันได้
7. คำนวณหาความหนาของภาชนะรับความดันได้

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าข้อคำถามที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่โดยการพิจารณาให้น้ำหนัก ดังนี้

- 1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด
- 0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่
- +1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 1 : อธิบายความหมายของภาชนะรับความดันได้ (ข้อที่ 1-6)	1. ความดันในภาชนะหมายถึงอะไร ก. ปริมาณของมวลในภาชนะ ข. แรงที่กระทำต่อพื้นที่ในภาชนะ ค. ความเร็วของอนุภาคในภาชนะ ง. อุณหภูมิของภายในภาชนะ เฉลย : ข. แรงที่กระทำต่อพื้นที่ในภาชนะ				
	2. ภาชนะรับความดัน (Pressure Vessel) คืออะไร ก. อุปกรณ์ที่ใช้เก็บก๊าซหรือของเหลวภายใต้ความดันสูง ข. เครื่องมือที่ใช้วัดความดันของของเหลว ค. เครื่องจักรที่ใช้เพิ่มแรงดันของก๊าซหรือของเหลว ง. ท่อส่งของเหลวที่มีแรงดันต่ำ เฉลย : ก. อุปกรณ์ที่ใช้เก็บก๊าซหรือของเหลวภายใต้ความดันสูง				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 1 : อธิบายความหมาย ของภาชนะรับ ความดันได้ (ข้อที่ 1-6)	3. ถังที่มีความหนาเกินไปจะเกิดปัญหาอะไร ก. น้ำหนักเพิ่มขึ้นและเปลืองวัสดุ ข. ทนแรงดันได้น้อยลง ค. เพิ่มแรงดันภายในถัง ง. ลดความสามารถในการรับแรงดึง เฉลย : ก. น้ำหนักเพิ่มขึ้นและเปลืองวัสดุ				
	4. ถังทรงกลมที่มีความหนาจะมีผลต่อความ แข็งแรงอย่างไร ก. เพิ่มความแข็งแรงต่อแรงดันภายใน ข. ลดความแข็งแรงของถัง ค. ไม่มีผลต่อความแข็งแรง ง. ทำให้ถังเปราะแตกง่ายขึ้น เฉลย : ก. เพิ่มความแข็งแรงต่อแรงดันภายใน				
	5. แรงดันภายในถังมีผลต่อความหนาของถังทรงกลม อย่างไร ก. ไม่มีผลต่อความหนาของถัง ข. แรงดันสูงขึ้น ความหนาจะต้องลดลง ค. แรงดันสูงขึ้น ความหนาจะต้องเพิ่มขึ้น ง. ความหนาของถังขึ้นอยู่กับปริมาตรเท่านั้น เฉลย : ค. แรงดันสูงขึ้น ความหนาจะต้องเพิ่มขึ้น				
	6. ถังรับแรงดันทรงกลมมีข้อได้เปรียบอะไรเมื่อเทียบกับถังทรงกระบอก ก. ใช้วัสดุน้อยกว่า ข. ทนต่อแรงดันได้มากกว่าในปริมาณวัสดุที่เท่ากัน ค. รูปทรงทำให้สามารถติดตั้งง่ายกว่า ง. มีพื้นที่ผิวมากกว่าในปริมาตรที่เท่ากัน เฉลย : ข. ทนต่อแรงดันได้มากกว่าในปริมาณวัสดุที่เท่ากัน				
จุดประสงค์ที่ 2 : อธิบายความหมาย ของความเค้นที่ เกิดขึ้นกับภาชนะ รับความดัน ทรงกระบอกได้ (ข้อที่ 7-10)	7. ความเค้นที่เกิดขึ้นในภาชนะรับความดัน ทรงกระบอกแบ่งออกเป็นกี่ชนิดหลักๆ อะไรบ้าง ก. 1 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง ข. 2 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวรัศมี ความเค้น ตามแนวเส้นรอบวง ค. 2 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวยาว ความเค้น ตามแนวเส้นรอบวง ง. 3 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวรัศมี ความเค้น ตามแนวเส้นรอบวง ความเค้นตามแนวยาว				

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 2 : อธิบายความหมายของความเค้นที่เกิดขึ้นกับภาชนะรับความดันทรงกระบอกได้ (ข้อที่ 7-10)	เฉลย : ค. 2 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวยาว ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง				
	8. ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง (Hoop Stress) มีทิศทางอย่างไร ก. ขนานกับแกนของภาชนะ ข. ตั้งฉากกับแกนของภาชนะและพยายามขยายรัศมีของภาชนะ ค. รั้งออกจากศูนย์กลางของภาชนะ ง. เป็นแรงเฉือนที่เกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุ เฉลย : ข. ตั้งฉากกับแกนของภาชนะและพยายามขยายรัศมีของภาชนะ				
	9. ความเค้นตามแนวยาว (Longitudinal Stress) เกิดขึ้นในทิศทางใด? ก. ขนานกับแกนของภาชนะ ข. ตั้งฉากกับแกนของภาชนะ ค. รั้งจากด้านในสู่ด้านนอกของผนังภาชนะ ง. ไม่มีความเค้นแนวแกนในภาชนะรับความดัน เฉลย : ก. ขนานกับแกนของภาชนะ				
	10. ในภาชนะรับความดันแบบผนังบาง ความเค้นชนิดใดมีค่ามากที่สุด ก. ความเค้นแนวเส้นรอบวง (Hoop Stress) ข. ความเค้นแนวแกน (Axial Stress) ค. ความเค้นแนวรัศมี (Radial Stress) ง. ทั้งสามชนิดมีค่าเท่ากัน เฉลย : ก. ความเค้นแนวเส้นรอบวง (Hoop Stress)				
จุดประสงค์ที่ 3 : บอกสมการและชื่อตัวแปรของความเค้นและภาชนะรับความดันได้ (ข้อที่ 11-21)	11. ความเค้นตามแนวเส้นรอบวงของภาชนะรับแรงดันมีสัญลักษณ์ใด ก. σ_r ข. σ_h ค. σ_l ง. τ_{rt} เฉลย : ข. σ_h				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 3 : บอกสมการและชื่อ ตัวแปรของความ เค้นและภาชนะรับ ความดันได้ (ข้อที่ 11-21)	12. ความเค้นตามแนวยาวของภาชนะรับแรงดันมี สัญลักษณ์ใด ก. σ_r ข. σ_h ค. σ_l ง. τ_{rt} เฉลย : ค. σ_l				
	13. หน่วยของความเค้นในระบบ SI คืออะไร ก. N ข. N/mm ค. N/mm ² ง. Pa/m ² เฉลย : ค. N/mm ²				
	14. ถ้าภาชนะรับแรงดันเป็นทรงกลม ความเค้นใน แนวเส้นรอบวงมีค่าเท่ากับ ก. $\frac{Pr}{2t}$ ข. $\frac{Pr}{t}$ ค. $\frac{Pt}{r}$ ง. $\frac{2Pr}{t}$ เฉลย : ก. $\frac{Pr}{2t}$				
	15. สัญลักษณ์ตัว r ในเรื่องความเค้นในรูป ทรงกระบอก หมายถึงอะไร ก. ความยาว ข. เส้นผ่านศูนย์กลาง ค. รัศมี ง. พื้นที่ เฉลย : ค. รัศมี				
	16. สัญลักษณ์ตัว P ในเรื่องความเค้นในรูป ทรงกระบอก หมายถึงอะไร ก. ความหนาของทรงกระบอก ข. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกระบอก ค. รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอก				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 3 : บอกสมการและชื่อ ตัวแปรของความ เค้นและภาชนะรับ ความดันได้ (ข้อที่ 11-21)	ง. ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะ เฉลย : ง. ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะ				
	17. สัญลักษณ์ตัว D ในเรื่องความเค้นในรูป ทรงกระบอก หมายถึงอะไร ก. ความหนาของทรงกระบอก ข. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกระบอก ค. รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอก ง. ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะ เฉลย : ข. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกระบอก				
	18. สัญลักษณ์ตัว L ในเรื่องความเค้นในรูป ทรงกระบอก หมายถึงอะไร ก. ความยาวของทรงกระบอก ข. ความหนาของทรงกระบอก ค. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกระบอก ง. รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอก เฉลย : ก. ความยาวของทรงกระบอก				
	19. สัญลักษณ์ตัว D ในเรื่องความเค้นในรูปทรงกลม หมายถึงอะไร ก. พื้นที่ผิวโค้ง ข. ความหนาของทรงกลม ค. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกลม ง. รัศมีเฉลี่ยของทรงกลม เฉลย : ค. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกลม				
	20. สัญลักษณ์ตัว t ในเรื่องความเค้นในรูปทรงกลม หมายถึงอะไร ก. พื้นที่ผิวโค้ง ข. ความหนาของทรงกลม ค. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกลม ง. รัศมีเฉลี่ยของทรงกลม เฉลย : ข. ความหนาของทรงกลม				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 3 : บอกสมการและชื่อ ตัวแปรของความ เค้นและภาชนะรับ ความดันได้ (ข้อที่ 11-21)	21. ภาชนะรับแรงดันเป็นทรงกระบอก สมการความ เค้นในแนวเส้นรอบวงคือข้อใด ก. $\frac{Pr}{2t}$ ข. $\frac{Pr}{t}$ ค. $\frac{Pt}{r}$ ง. $\frac{2Pr}{t}$ เฉลย : ข. $\frac{Pr}{t}$				
จุดประสงค์ที่ 4 : คำนวณหาความ เค้นและความดันที่ เกิดขึ้นกับภาชนะ รับความดัน ทรงกระบอกได้ (ข้อที่ 22-30)	22. ถ้าถังทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 500 mm หนา 10 mm รับแรงดันภายใน 2 N/mm ² ความเค้นในแนวเส้นรอบวงคือเท่าใด? ก. 25 N/mm ² ข. 50 N/mm ² ค. 100 N/mm ² ง. 200 N/mm ² เฉลย : ข. 50 N/mm ²				
	23. ถังกลวงรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 150 mm หนา 20 mm ถูกออกแรงดันภายใน 50 MPa จงหาความเค้นในแนวเส้นรอบวงทรงกระบอก ก. 125 N/mm ² ข. 135.5 N/mm ² ค. 187.5 N/mm ² ง. 80 N/mm ² เฉลย : ค. 187.5 N/mm ²				
	24. จงหาความเค้นในแนวเส้นรอบวงรูปทรงกระบอก มีความหนา 0.3 m เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 250 mm ถูกออกแรงดันภายใน 78 MPa ก. 325 N/mm ² ข. 145.5 N/mm ² ค. 327.5 N/mm ² ง. 225 N/mm ² เฉลย : ก. 325 N/mm ²				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 4 : คำนวณหาความ เค้นและความดันที่ เกิดขึ้นกับภาชนะ รับความดัน ทรงกระบอกได้ (ข้อที่ 22-30)	25. ถังกลวงรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน 120 mm หนา 4 mm อยู่ภายใต้แรงดัน ภายใน 12 N/mm ² จงหาความเค้นในแนวเส้นรอบวง รูปทรงกระบอก ก. 200 N/mm ² ข. 147.5 N/mm ² ค. 127.5 N/mm ² ง. 186 N/mm ² เฉลย : ง. 186 N/mm²				
	26. จงหาความเค้นตามแนวยาวของทรงกระบอก มี ความหนา 27 mm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 123 mm อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 456 bar ก. 61.93 N/mm ² ข. 51.93 N/mm ² ค. 55.53 N/mm ² ง. 60.39 N/mm ² เฉลย : ข. 51.93 N/mm²				
	27. ภาชนะทรงกระบอก มีความหนา 20 mm เส้น ผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.155 m อยู่ภายใต้แรงดัน ภายใน 38 N/mm ² จงหาความเค้นตามแนวยาวของ ทรงกระบอก ก. 76.93 N/mm ² ข. 63.73 N/mm ² ค. 73.63 N/mm ² ง. 66.43 N/mm ² เฉลย : ค. 73.63 N/mm²				
	28. จงหาความเค้นตามแนวยาวของภาชนะ ทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 300 mm มีความหนา 10 mm อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 40 N/mm ² ก. 333 N/mm ² ข. 444 N/mm ² ค. 400 N/mm ² ง. 300 N/mm ² เฉลย : ง. 300 N/mm²				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความ	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 4 : คำนวณหาความ เค้นและความดันที่ เกิดขึ้นกับภาชนะ รับความดัน ทรงกระบอกได้ (ข้อที่ 22-30)	29. ภาชนะรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน 600 mm และมีความหนาผนัง 20 mm จงหา ค่าความดันภายในที่รับได้หากค่าความเค้นโอบรัด จำกัดที่ 100 N/mm ² ก. 6.67 kpa ข. 6.67 bar ค. 6.67 pa ง. 6.67 N/mm ² เฉลย : ง. 6.67 N/mm²				
	30. จงหาความดันภายในทรงกระบอก มีเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายในเฉลี่ย 450 mm และมีความหนาผนัง 5 mm ถ้าความเค้นตามแนวเส้นรอบวงห้ามเกิน 150 N/mm ² ก. 3.33 Mpa ข. 4.67 bar ค. 5.33 pa ง. 7.67 N/mm ² เฉลย : ก. 3.33 Mpa				
จุดประสงค์ที่ 5 : คำนวณหาความ เค้นและความดัน ในภาชนะรับความ ดันทรงกลมได้ (ข้อที่ 31-36)	31. จงหาความเค้นของภาชนะทรงกลม เส้นผ่าน ศูนย์กลางเฉลี่ย 700 mm มีความหนา 7 mm อยู่ ภายใต้แรงดันภายใน 200 N/mm ² ก. 5,500 N/mm ² ข. 5,000 N/mm ² ค. 6,000 N/mm ² ง. 6,500 N/mm ² เฉลย : ข. 5,000 N/mm²				
	32. ภาชนะทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 368 mm มีความหนา 15 mm อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 50 N/mm ² จงหาความเค้นของภาชนะทรงกลม ก. 408.67 N/mm ² ข. 309.35 N/mm ² ค. 306.67 N/mm ² ง. 409.35 N/mm ² เฉลย : ค. 306.67 N/mm²				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความ	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 5 : คำนวณหาความ เค้นและความดัน ในภาชนะรับความ ดันทรงกลมได้ (ข้อที่ 31-36)	33. ถังทรงกลม มีความหนา 20 mm เส้นผ่าน ศูนย์กลางเฉลี่ย 500 mm อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 60 N/mm ² จงหาความเค้นของภาชนะทรงกลม ก. 370 N/mm ² ข. 377 N/mm ² ค. 365 N/mm ² ง. 375 N/mm ² เฉลย : ง. 375 N/mm²				
	34. จงหาค่าความดันภายในที่ทรงกลมจะสามารถรับ ได้ ถ้าทรงกลมทำมาจากแผ่นโลหะหนา 6 มิลลิเมตร มี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 480 มิลลิเมตร และ ความเค้นใช้งานของแผ่นโลหะ เท่ากับ 140 นิวตันต่อ ตารางมิลลิเมตร ก. 7.39 N/mm ² ข. 6.38 N/mm ² ค. 6.50 N/mm ² ง. 7.23 N/mm ² เฉลย : ข. 6.38 N/mm²				
	35. จงหาความดันภายในสูงสุดของถังเหล็กทรงกลม หนา 22 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2,500 มิลลิเมตร และมีค่าความเค้นเท่ากับ 160 นิว ตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 7.39 N/mm ² ข. 4.38 N/mm ² ค. 6.50 N/mm ² ง. 5.68 N/mm ² เฉลย : ง. 5.68 N/mm²				
	36. ถังเหล็กทรงกลม หนา 30 mm ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายนอก 2,000 mm และมีค่าความเค้น เท่ากับ 100 N/mm ² จงหาความดันภายในของถัง เหล็กทรงกลม ก. 11.09 N/mm ² ข. 8.38 N/mm ² ค. 6.09 N/mm ² ง. 6.90 N/mm ² เฉลย : ค. 6.09 N/mm²				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 6 : คำนวณหาความ เค้นและความดันที่ ใช้งานของภาชนะ รับความดันได้ (ข้อที่ 37-38)	37. จงหาความเค้นที่ใช้งานรูปทรงกระบอก วัสดุที่ใช้ ทำมีความเค้นดึงสูงสุด 900 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ใช้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 5 ก. 190 N/mm ² ข. 180 N/mm ² ค. 200 N/mm ² ง. 210 N/mm ² เฉลย : ข. 180 N/mm ²				
	38. จงหาความดันใช้งานของหม้อต้มน้ำรูป ทรงกระบอก ทำจากวัสดุหนา 18 มิลลิเมตร ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.2 เมตร วัสดุที่ใช้ทำมีความ เค้นดึงสูงสุด 860 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ถ้า ประสิทธิภาพตามแนวเส้นรอบวง (η_c) เท่ากับ 54 % และประสิทธิภาพตามแนวยาว (η_L) เท่ากับ 84 % ใช้ ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 4 ก. 3.56 N/mm ² ข. 4.25 N/mm ² ค. 2.96 N/mm ² ง. 3.78 N/mm ² เฉลย : ค. 2.96 N/mm ²				
จุดประสงค์ที่ 7 : คำนวณหาความ หนาของภาชนะรับ ความดันได้ (ข้อที่ 39-40)	39. จงหาความหนาของถังเหล็กทรงกลม ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 680 มิลลิเมตร เมื่ออยู่ภายใต้ ความดันภายใน 4.5 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ถ้า ความเค้นใช้งาน ห้ามเกิน 175 นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร ก. 5.56 mm ข. 4.37 mm ค. 6.96 mm ง. 3.65 mm เฉลย : ข. 4.37 mm				
	40. ถังทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร และ ต้องรับแรงดันภายใน 2 MPa ควรมีความหนาเท่าใด ถ้าใช้วัสดุที่มีค่าความเค้นอนุญาต 100 MPa ก. 7.5 มม. ข. 10 มม. ค. 15 มม. ง. 20 มม. เฉลย : ก. 7.5 มม.				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญประเมิน
(.....)

ตำแหน่ง.....



ภาคผนวก ค

- วิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) ภาคทฤษฎี
- ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
- ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบหลังเรียน
- ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80

วิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) ภาคทฤษฎี

เรื่อง ภาชนะรับความดัน

.....

วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (รหัสวิชา 30100-1015) แผนกวิชาช่างยนต์ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 (เวลาที่ใช้ในการทดสอบ 1 ชม.)

หน่วยที่ / เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ป้อนคะแนนบนแผนที่	คะแนนเต็ม	ระดับพฤติกรรมพึงพอใจ				
				ดีมาก	ดี	พอ	น้อย	ไม่พอ
1. ภาชนะรับความดัน	1. อธิบายความหมายของภาชนะรับความดันได้	15	6	2	4	-	-	-
	2. อธิบายความหมายของความเค้นที่เกิดขึ้นกับภาชนะรับความดันทรงกระบอกได้	10	4	1	3	-	-	-
	3. บอกสมการและข้อดีข้อเสียของความเค้นและภาชนะรับความดันได้	28	11	8	3	-	-	-
	4. คำนวณหาความเค้นและความดันที่เกิดขึ้นกับภาชนะรับความดันทรงกระบอกได้	22	9	-	-	-	9	-
	5. คำนวณหาความเค้นและความดันในภาชนะรับความดันทรงกลมได้	15	6	-	-	-	6	-
	6. คำนวณหาความเค้นและความดันที่ใช้งานของภาชนะรับความดันได้	5	2	-	-	-	2	-
	7. คำนวณหาความหนาของภาชนะรับความดันได้	5	2	-	-	-	2	-
รวม		100	40	11	10	-	19	-

ตารางที่ ค-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน
ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้					$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้								
1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ลำดับความสำคัญของเนื้อหาได้อย่าง เหมาะสมและถูกต้อง	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
1.3 ปริมาณเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้มี ความเหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.4 เนื้อหาการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อ ระดับของผู้เรียน	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
1.5 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนชัดเจนผู้เรียน สามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.6 เนื้อหามีความน่าสนใจ สร้างความ สนใจให้กับผู้เรียน	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.7 ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.8 ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลา เรียน	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.9 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาบทเรียน ได้ด้วยตนเอง	4	4	5	4	4	4.20	0.45	มาก
1.10 ความเหมาะสมของแบบทดสอบ	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม						4.62	0.49	มากที่สุด

การแปลผลคะแนนจากแบบประเมิน (ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้) เกณฑ์ในการแปล
ความหมายข้อมูลใช้เกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด, 2553 ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความเหมาะสมดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง มีความเหมาะสมดี

ระดับ 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ค่าเฉลี่ยที่ระดับ 4.62 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ ประโยชน์จากชุดกิจกรรม การเรียนรู้					$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
2. ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้								
2.1 การใช้ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาบทเรียน ทำได้ง่าย	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
2.2 ชุดกิจกรรมสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยให้ ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนก่อนทำแบบฝึกหัด	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.4 ชุดกิจกรรมมีความสะดวกใน การศึกษาเรียนรู้ใช้งานได้ง่าย	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม						4.60	0.50	มากที่สุด

การแปลผลคะแนนจากแบบประเมิน (ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้) เกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลใช้เกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด, 2553 ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความเหมาะสมดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง มีความเหมาะสมดี

ระดับ 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ค่าเฉลี่ยที่ระดับ 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ ค-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุด กิจกรรมการเรียนรู้					$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
3. ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้								
3.1 การนำเสนอเนื้อหาเข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อน	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 การออกแบบชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจเหมาะสมกับการใช้ป็นสื่อการเรียนรู้	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
3.3 เนื้อหาบทเรียนเหมาะสมและสมบูรณ์	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.4 ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการสอนมีความเหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.5 ภาษาที่ใช้ประกอบการสอนมีความเหมาะสม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.6 คุณภาพของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวมีความเหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม						4.63	0.49	มากที่สุด

การแปลผลคะแนนจากแบบประเมิน (ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้) เกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลใช้เกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด, 2553 ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความเหมาะสมดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง มีความเหมาะสมดี

ระดับ 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาวะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ค่าเฉลี่ยที่ระดับ 4.63 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ ค-4 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ

วัตถุ ประสงค์ ที่	ข้อ ที่	วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ค่าความยากง่าย (p)		ค่าอำนาจจำแนก (r)		ความ เหมาะสม ของข้อสอบ
			ระดับ	แปลผล	ระดับ	แปลผล	
1	1	อธิบาย	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.53	ดี	นำไปใช้ได้
	2	ความหมายของ	0.74	ค่อนข้างง่าย	0.61	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	3	ภาชนะรับความ	1.00	ง่ายมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	4	ดันได้	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.75	ดี	นำไปใช้ได้
	5		0.05	ยากมาก	0.09	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	6		0.63	ค่อนข้างง่าย	0.81	ดีมาก	นำไปใช้ได้
2	7	อธิบาย	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.57	ดี	นำไปใช้ได้
	8	ความหมายของ	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.81	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	9	ความเค้นที่เกิด	0.68	ค่อนข้างง่าย	0.75	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	10	ขึ้นกับภาชนะรับ ความดัน ทรงกระบอกได้	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.54	ดี	นำไปใช้ได้
3	11	บอกสมการและ	0.68	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	12	ชื่อตัวแปรของ	0.74	ค่อนข้างง่าย	0.41	ดี	นำไปใช้ได้
	13	ความเค้นและ	1.00	ง่ายมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	14	ภาชนะรับความ	0.58	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.65	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	15	ดันได้	1.00	ง่ายมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	16		0.95	ง่ายมาก	0.09	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	17		0.95	ง่ายมาก	0.09	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	18		0.79	ค่อนข้างง่าย	0.31	พอใช้	ปรับปรุง
	19		0.74	ค่อนข้างง่าย	0.44	ดี	นำไปใช้ได้
	20		0.68	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	21		0.63	ค่อนข้างง่าย	0.81	ดีมาก	นำไปใช้ได้
4	22	คำนวณหาความ	0.47	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.90	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	23	เค้นและความดัน	0.05	ยากมาก	0.09	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	24	ที่เกิดขึ้นกับ	0.42	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.79	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	25	ภาชนะรับความ	0.42	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.38	พอใช้	ปรับปรุง
	26	ดันทรงกระบอก	0.05	ยากมาก	0.07	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	27	ได้	0.37	ค่อนข้างยาก	0.72	ดี	นำไปใช้ได้
	28		0.00	ยากมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	29		0.42	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.77	ดี	นำไปใช้ได้
	30		0.53	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.63	ดี	นำไปใช้ได้

ตารางที่ ค-4 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (ต่อ)

วัตถุ ประสงค์ ที่	ข้อ ที่	วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ค่าความยากง่าย (p)		อำนาจจำแนก (r)		ความ เหมาะสม ของข้อสอบ
			ระดับ	แปลผล	ระดับ	แปลผล	
5	31	คำนวณหาความ	0.53	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.97	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	32	เค้นและความดัน	0.42	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.37	พอใช้	ปรับปรุง
	33	ในภาชนะรับ	0.53	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.40	พอใช้	ปรับปรุง
	34	ความดันทรง	0.47	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.46	ดี	นำไปใช้ได้
	35	กลมได้	0.42	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.78	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	36		0.00	ยากมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
6	37	คำนวณหาความ	0.53	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.80	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	38	เค้นและความดัน ที่ใช้งานของ ภาชนะรับความ ดันได้	0.37	ค่อนข้างยาก	0.70	ดีมาก	นำไปใช้ได้
7	39	คำนวณหาความ	0.47	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.85	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	40	หนาของภาชนะ รับความดันได้	0.42	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.78	ดีมาก	นำไปใช้ได้

จากตารางที่ ค-4 พบว่า ข้อมูลตามตารางข้างต้น พิจารณาผลได้ จำนวนข้อสอบที่มี
ความเหมาะสม และนำไปปรับปรุงเพื่อเลือกข้อคำถามนำไปออกข้อสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ

**วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องภาษาในระดับความดัน จำนวน 40 ข้อ**

ตารางที่ ค-5 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบหลังเรียน

ข้อ	คะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความ สอดคล้อง IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	0	1	4/5	0.80	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ค-5 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบ
หลังเรียน (ต่อ)

ข้อ	คะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความ สอดคล้อง IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
22	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
26	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
28	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
31	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
32	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
34	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
35	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
38	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ค-6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80

นักเรียน	ระหว่างเรียน	หลังเรียน
คะแนนเต็ม	30	30
คนที่ 1	27	29
คนที่ 2	26	28
คนที่ 3	26	27
คนที่ 4	19	21
คนที่ 5	26	28
คนที่ 6	22	23
คนที่ 7	27	28
คนที่ 8	27	29
คนที่ 9	22	23
คนที่ 10	20	22
คนที่ 11	26	29
คนที่ 12	22	24
คนที่ 13	27	29
คนที่ 14	23	22
คนที่ 15	26	28
คนที่ 16	23	24
คนที่ 17	27	29
คนที่ 18	21	23
คนที่ 19	22	23
คนที่ 20	23	24

จากตารางที่ ค-6 คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนในขณะที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล มีคะแนนเฉลี่ย 24.10 จากคะแนนเต็ม 30 คิดเป็นร้อยละ 80.33 และได้ประเมินผลการเรียนหลังเรียนกับนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ย 25.65 จากคะแนนเต็ม 30 คิดเป็นร้อยละ 85.50 จึงสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 80/80

ภาคผนวก ง

- ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษาับความต้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- คู่มือครู
- ใบเนื้อหา
- ใบแบบฝึกหัด
- ใบแบบทดสอบ
- ใบเฉลยแบบทดสอบ

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ชุดกิจกรรม การจัดการเรียนรู้	หน้า 1/3
หลักสูตรรายวิชา			
หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชา ช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชา เทคนิคเครื่องกล (ช่างยนต์) รหัสวิชา 30100-1015 วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ หน่วยกิต 3 หน่วยกิต เวลาเรียน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์			
จุดประสงค์รายวิชา			
1. เข้าใจแนวคิดของความเค้นและความเครียด และสมบัติด้านความแข็งแรงของวัสดุ 2. สามารถประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกล 3. มีเจตคติที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้หลักเหตุผลของกลศาสตร์ของแข็งในการแก้ปัญหา มีความตระหนักถึงความปลอดภัยและความคุ้มค่าของวัสดุ 4. สามารถประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ			
สมรรถนะรายวิชา			
1. ประมวลความรู้เกี่ยวกับหลักการของความเค้น ความเครียด แรงบิด แรงดัด โมเมนต์ร่วมกับพื้นที่และสมบัติด้านความแข็งแรงของวัสดุ 2. คำนวณความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกล คำนวณและออกแบบภาชนะความดันเพลารับแรงและทอร์ค คานรับแรงและโมเมนต์ดัด 3. ประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ			
คำอธิบายรายวิชา			
ศึกษาแนวคิดและองค์ประกอบของความเค้นและความเครียด ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุ กฎสภาพยืดหยุ่นของฮุก มอดูลัสความยืดหยุ่น ความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงความเค้นในวัสดุซึ่งต่อกันโดยการเชื่อมและการใช้หมุดย้ำ ความเค้นในภาชนะความดัน การบิดของเพลาทฤษฎีของคาน แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ความเค้นดัดและความเค้นเฉือนในคาน การหาระยะแอนตัวของคานโดยวิธีโมเมนต์ร่วมกับพื้นที่ การรวมความเค้นและการประยุกต์ความรู้ในงานอาชีพ			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ชุดกิจกรรม การจัดการเรียนรู้	หน้า 2/3
กิจกรรมการเรียนการสอน 1. มอบหมายให้นักศึกษา ศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เรื่อง ภาชนะรับความดัน 2. ครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 3. แจ้งจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดกระประเณินผล ข้อตกลงต่างๆ แก่นักศึกษา 4. ครูผู้สอนให้นักศึกษาได้ร่วมพูดคุย ปรีกษาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และซักถาม จากเนื้อหาที่ได้ศึกษาจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และศึกษาใบความรู้ เรื่อง ภาชนะรับความดัน 6. นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์ และสรุปผลการเรียนรู้เรื่อง ภาชนะรับความดัน 7. นักศึกษาทำแบบทดสอบ สื่อการเรียนรู้ 1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 2. ใบเนื้อหา 3. ใบแบบฝึกหัด 4. ความดันในภาชนะ 5. แบบทดสอบเรื่อง ภาชนะรับความดัน การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน 1. แบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ แบบ 4 ตัวเลือก 2. เกณฑ์การประเมินคะแนนของผู้เรียนสูงกว่าร้อยละ 80			

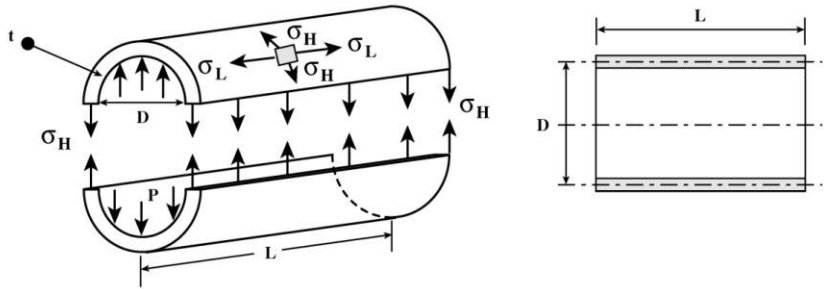
	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ		ภาควิชาเครื่องกลศึกษา			
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน		ชุดกิจกรรม การจัดการเรียนรู้		หน้า 3/3	
กิจกรรมการเรียนการสอน / สื่อการเรียนรู้ / การวัดผล (เวลา 3 ชั่วโมง/สัปดาห์)						
ขั้นตอน	หัวข้อ เรื่อง	กิจกรรมผู้สอน	กิจกรรมผู้เรียน	สื่อการ เรียนรู้	การ วัดผล	เวลา (นาที)
ขั้นเข้าใจ จุดประสงค์ การเรียนรู้	มอบหมาย งาน	มอบหมายให้ นักศึกษา ศึกษาชุด กิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟ ไนต์เอลิเมนต์ เรื่อง ภาชนะรับความดัน	นักศึกษา ศึกษาชุด กิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์ เรื่อง ภาชนะรับ ความดัน	ชุดกิจกรรม การเรียนรู้ ด้วยระเบียบ วิธีไฟไนต์เอลิ เมนต์	-	15
นำเข้าสู่ บทเรียน	ทำความเข้าใจ	ครูผู้สอน นำเข้าสู่บทเรียน	นักศึกษาทำความเข้าใจ ศึกษาเรื่อง ภาชนะรับความดัน	-	-	15
ทบทวน ตรวจสอบ	เนื้อหาชุด กิจกรรมกร เรียนรู้	ครูผู้สอนให้นักศึกษา ได้ร่วมพูดคุย ปรีกษา แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และซักถาม จาก เนื้อหา ที่ได้ศึกษา จากชุดกิจกรรมการ เรียนรู้	ถาม-ตอบเกี่ยวกับ เนื้อหาในชุด กิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟ ไนต์เอลิเมนต์ เรื่อง ภาชนะรับความดัน	-	-	20
ขั้นทดลอง	มอบหมาย งาน	ครูผู้สอนมอบหมาย ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และศึกษาใบความรู้ เรื่อง ภาชนะรับ ความดัน	นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และศึกษา ใบความรู้เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	-	20
ขั้นสรุปผล	สรุปผลการ เรียนรู้เรื่อง ภาชนะรับ ความดัน	ครูผู้สอนให้นักศึกษา ร่วมกันวิเคราะห์ และฝึกทำแบบฝึกหัด	นักศึกษาร่วมกัน วิเคราะห์ และ สรุปผลการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับ ความดัน	ใบแบบฝึกหัด	-	30
ขั้น ประเมินผล	แบบทดสอบ	ครูผู้สอน เฉลยแบบทดสอบ	นักศึกษา ทำแบบทดสอบ	-	แบบ ทดสอบ	80

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	คู่มือครู	หน้า 1/1
คู่มือครู สำหรับแผนการจัดกิจกรรมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล 1. ทำความเข้าใจ และศึกษาเรื่องความดันในภาชนะ พร้อมแนะนำหัวข้อและความสำคัญของหัวข้อให้นักศึกษา ก่อนเข้าสู่บทเรียน 2. ครูผู้สอนนำนักศึกษาเข้าสู่บทเรียน 3. ครูผู้สอนให้นักศึกษาได้ร่วมพูดคุย ปรีกษาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และซักถาม จากเนื้อหาที่ได้ศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาชนะรับความดัน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 4. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และศึกษาใบเนื้อหาเรื่องภาชนะรับความดัน 5. ให้นักศึกษาทำใบแบบฝึกหัดหลังเรียน เรื่องภาชนะรับความดัน 6. ให้นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์ และสรุปผลการเรียนรู้เรื่องภาชนะรับความดัน 7. ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบ เรื่องภาชนะรับความดัน โดยใช้เกณฑ์การประเมินคะแนนของผู้เรียนสูงกว่าร้อยละ 80			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 1/10
หัวข้อเรื่อง 1. ภาชนะรับความดัน สาระสำคัญ ทรงกระบอกกลวงผนังบางเมื่อมีความดันภายในมากกระทำ จะทำให้เกิดความเค้นขึ้นขึ้น 2 ชนิด คือความเค้นตามแนวเส้นรอบวง และความเค้นตามแนวยาว ส่วนรูปทรงกลมผนังบาง เมื่อมีความดันภายในมากกระทำ จะทำให้เกิดความเค้นที่ผนังของทรงกลมขึ้น สมรรถนะประจำหน่วย 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นที่เกิดขึ้นในทรงกระบอกและทรงกลมที่มีความดัน 2. คำนวณเกี่ยวกับความเค้นที่เกิดขึ้นในทรงกระบอกและทรงกลมที่มีความดัน จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. อธิบายความหมายของภาชนะรับความดันได้ 2. อธิบายความหมายของความเค้นที่เกิดขึ้นกับภาชนะรับความดันทรงกระบอกได้ 3. บอกสมการและชื่อตัวแปรของความเค้นและภาชนะรับความดันได้ 4. คำนวณหาความเค้นและความดันที่เกิดขึ้นกับภาชนะรับความดันทรงกระบอกได้ 5. คำนวณหาความเค้นและความดันในภาชนะรับความดันทรงกลมได้ 6. คำนวณหาความเค้นและความดันที่ใช้งานของภาชนะรับความดันได้ 7. คำนวณหาความหนาของภาชนะรับความดันได้			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 2/10
ภาชนะรับความดัน ภาชนะรับความดัน คือภาชนะปิดที่ออกแบบมาเพื่อบรรจุก๊าซหรือของเหลวที่มีความดันสูงกว่าหรือต่ำกว่าความดันโดยรอบอย่างมาก ตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องแก้ว หม้ออัดความดัน ถังแก๊สอัด เครื่องอัดอากาศ (รวมถึงเครื่องทำความเย็น) ห้องสุญญากาศ และภาชนะห้องปฏิบัติการที่ออกแบบเอง ดังนั้น ภาชนะเหล่านี้จึงมีข้อกำหนดที่เข้มงวดสำหรับการออกแบบ การทดสอบ และการอนุมัติ ถ้าภาชนะรับความดันมีความหนาเกินไป จะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ทำให้ขนย้ายและติดตั้งยาก ต้องใช้โครงสร้างเสริมแรงเพื่อรองรับน้ำหนัก ซึ่งอาจเพิ่มต้นทุนและข้อจำกัดในการใช้งาน ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น โดยไม่จำเป็น อาจใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นแทน เช่น การเลือกวัสดุที่แข็งแรงแต่เบากว่า และภาชนะรับความดันที่หนามากอาจมีความเค้นภายในไม่สมดุล โดยเฉพาะเมื่อเจอ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้เกิด รอยร้าวหรือความเสียหายจากความเค้นตกค้าง แต่หากภาชนะรับความดันบางเกินไป อาจเกิดการบิดเบี้ยวหรือเสียรูปเมื่อรับแรงดันจากของไหลภายใน กรณีที่มีแรงดันภายนอกมากกว่าแรงดันภายใน (เช่น ถังสุญญากาศ) ถังอาจเกิด การยุบตัว (Buckling) ได้ จนถึงขั้นที่บางเกินไปอาจเกิดรอยร้าวจากแรงดันสูง หรือการกระแทกจากภายนอก หากถังทำจากโลหะ อาจเกิด ความเค้นแตกหัก (Fracture) ได้ง่าย ถ้ายิ่งแรงดันมากยิ่งขึ้นต้องเพิ่มความหนาของภาชนะรับความดัน และถังทรงกลมสามารถรับแรงดันได้สูงกว่าทรงกระบอกโดยใช้วัสดุที่เท่ากัน ความดัน (อังกฤษ: pressure; สัญลักษณ์ p หรือ P) เป็นปริมาณชนิดหนึ่งในทางฟิสิกส์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำตั้งฉากซึ่งทำโดยของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ต่อพื้นที่ของสารใด ๆ (ของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส) ความดันเป็นปริมาณสเกลาร์ ซึ่งเป็นปริมาณที่มีแต่ขนาด ไม่มีทิศทาง 1. ความเค้นในถังรูปทรงกระบอกกลวงผนังบาง (Thin wall cylinder) รูปทรงกระบอกกลวงผนังบาง หมายถึง รูปทรงกระบอกกลวงที่มีความหนาของผนังน้อยมาก โดยทั่วไปความหนาของผนังทรงกระบอกกลวงจะไม่เกิน $1/20$ เท่าของขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง ในการพิจารณานั้น จะมีความเค้นเกิดขึ้น 2 แนวด้วยกัน คือ 1. ความเค้นตามเส้นรอบวง (Hoop or circumferential stress) 2. ความเค้นตามแนวยาว (Longitudinal stress)			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 3/10



ภาพที่ ง-1 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง

1.1 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง (Hoop or circumferential stress)

ในการหาความเค้นสามารถหาได้โดยการพิจารณาการสมดุลของครึ่งทรงกระบอกดังภาพที่ ง-1

ถ้าให้ t คือ ความหนาของผนัง
 r คือ รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอกกลาง
 σ_H คือ ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง
 P คือ ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะอัดความดัน
 L คือ ความยาวของทรงกระบอกกลาง

แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันภายใน = ความดัน $\times$ พื้นที่รับความดัน

$$F = P \times 2rL \quad \dots\dots\dots 1$$

แรงต้านที่เกิดเนื่องจากความเค้นตามแนวเส้นรอบวง (σ_H)

$$F = 2\sigma_H \times Lt \quad \dots\dots\dots 2$$

ถ้าภาชนะยังคงรูปเดิมอยู่ได้ แรงที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากัน คือ สมการที่ 1 = สมการที่ 2

$$P \times 2rL = 2\sigma_H \times Lt$$

$$\therefore \sigma_H = \frac{2PrL}{2Lt}$$

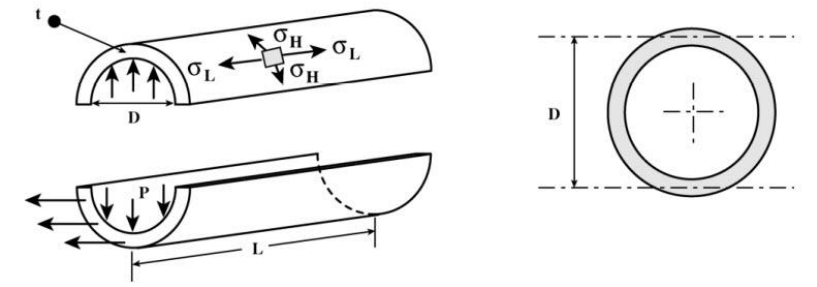
$$= \frac{Pr}{t}$$

$$\therefore \sigma_H = \frac{Pr}{t} \quad \text{หรือ} \quad \sigma_H = \frac{PD}{2t}$$

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 4/10

1.2 ความเค้นตามแนวยาว (Longitudinal stress)

ในการหาความเค้นตามแนวยาว เราจะพิจารณาภาชนะทรงกระบอกกึ่งวงหนึ่งบาง ดังภาพที่ ง-2



ภาพที่ ง-2 ความเค้นตามแนวยาว

ถ้าให้ σ_L คือ ความเค้นตามแนวยาว
 P คือ ความดันภายในทรงกระบอกกึ่งวง
 r คือ รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอกกึ่งวง
 t คือ ความหนาของผนัง

แรงที่เกิดเนื่องจาความดันภายใน = ความดัน $\times$ พื้นที่รับความดัน

$$F = P \times \pi r^2 \quad \dots\dots\dots 3$$

แรงต้านที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเค้นตามแนวยาว σ_L

$$F = \sigma_L \times \pi \cdot 2rt \quad \dots\dots\dots 4$$

ถ้าภาชนะยังคงรูปเดิมอยู่ได้ แรงที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากัน คือ สมการที่ 3 = สมการที่ 4

$$P \times \pi r^2 = \sigma_L \times \pi 2rt$$

$$\sigma_L = \frac{P \times \pi r^2}{2\pi r t} = \frac{Pr}{2t}$$

$$\therefore \sigma_L = \frac{Pr}{2t} \quad \text{หรือ} \quad \sigma_L = \frac{PD}{4t}$$

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 5/10
หมายเหตุ 1.แรงที่กระทำตามแนวความยาว จะทำให้ความเค้นตามแนวยาว เป็นแรงที่ทำให้กระบอกนั้นขาด ตามเส้นรอบวงนั้น 2.แรงที่กระทำตามแนวเส้นรอบวงนั้นจะทำให้เกิดความเค้นตามแนวเส้นรอบวงเป็น แรงที่ทำให้กระบอกนั้นขาดตามแนวยาว 3.ความเค้นตามแนวยาวและความเค้นตามแนวเส้นรอบวงจะกระทำต้งฉากซึ่งกันและกัน 4. ความเค้นตามแนวเส้นรอบวงจะมีค่าเป็น2 เท่า ของความเค้นตามแนวยาว 5. ในการออกแบบนั้นจะต้องพิจารณา ขนาดต่างๆ จากความเค้นตามแนวเส้นรอบวง 6. ถ้ามีตะเข็บต้องใช้ตะเข็บตามแนวยาวเพราะแข็งแรงมากกว่าแนวอื่น สรุป สมการการหาความเค้นในถังรูปทรงกระบอกกลวงผนังบาง คือ 1. สมการความเค้นตามแนวเส้นรอบวง คือ $\sigma_H = \frac{Pr}{t}$ หรือ $\sigma_H = \frac{PD}{2t}$ 2. สมการความเค้นตามแนวยาว คือ $\sigma_L = \frac{Pr}{2t}$ หรือ $\sigma_L = \frac{PD}{4t}$ 2. ความเค้นในถังทรงกลมผนังบาง (Thin Spherical shell) ถ้ารูปทรงกลมที่อยู่ภายใต้ความดันภายในจะทำให้เกิดความเค้นขึ้นตามแนวเส้นรอบวง ถ้าความบางของทรงกลมต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มีน้อยกว่า 1 ต่อ 20 ความเค้นที่เกิดขึ้นตามแนวรัศมีจะมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับความเค้นที่เกิดขึ้นในแนวเส้นรอบวง และสามารถตัดทิ้งได้พิจารณาทรงกลมที่อยู่ภายใต้ความดัน ดูภาพที่ ง-3  ภาพที่ ง-3 วัตถุทรงกลมภายใต้ความดัน ถ้าให้ - p คือความดันภายในภาชนะทรงกลม - σ คือความเค้นที่เกิดขึ้น - t คือความหนาของผนังบาง - r คือรัศมีเฉลี่ยของทรงกลมนี้			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 7/10
จากสูตร $\sigma_L = \frac{Pr}{2t}$ แทนค่า $\sigma_L = \frac{12 \times 62}{2 \times 4}$ $= 93 \text{ N/mm}^2$ $\therefore$ ความเค้นตามแนวเส้นยาว $= 93 \text{ N/mm}^2$ ตัวอย่างที่ 2 จงหาความดันภายในทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 280 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ถ้าความเค้นตามแนวเส้นรอบวงห้ามเกิน 120 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร วิธีทำ จากสูตร $\sigma_H = \frac{Pr}{t}$ เมื่อ $P = ?$ $r = \frac{280}{2} = 140 \text{ mm}$ $t = 3 \text{ mm}$ แทนค่า $P = \frac{120 \times 3}{140} = 62 \text{ mm}$ $= 2.57 \text{ N/mm}^2$ $\therefore$ ความดันภายในที่เกิดขึ้น $= 2.57 \text{ N/mm}^2$ ตัวอย่างที่ 3 ถังทรงกระบอกมีความเค้นในแนวยาวเท่ากับ 34 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และความเค้นใน แนวโค้งเท่ากับ 32 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร จงหาค่าสูงสุดของความหนาของทรงกระบอกนี้ถ้า ความดันภายในเท่ากับ 12 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และมีรัศมีเท่ากับ 241 มิลลิเมตร วิธีทำ สมการความเค้นในแนวยาว $\sigma_L = \frac{Pr}{2t}$ $\sigma_L = 34 \text{ N/mm}^2$ แทนค่าในสมการ $34 = \frac{12 \times 241}{2t}$ $\sigma_H = 32 \text{ N/mm}^2$			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 8/10
ย้ายสมการ $t = \frac{12 \times 241}{2 \times 34} \frac{N \cdot mm^3}{N \cdot mm^2}$ $P = 12 \text{ N/mm}^2$ $= 42.53 \text{ mm}$ $r = 241 \text{ mm}$ สมการความเค้นในแนวโค้ง $\sigma_H = \frac{Pr}{t}$ $t = ?$ แทนค่าในสมการ $32 = \frac{12 \times 241}{t}$ ย้ายข้างสมการ $t = \frac{12 \times 241}{32} \frac{N \cdot mm^3}{N \cdot mm^2}$ $= 90.38 \text{ mm}$ <u>ตอบ</u> ความหนาสูงสุดของทรงกระบอกนี้เท่ากับ 90.38 มิลลิเมตร ตัวอย่างที่ 4 จงหาความเค้นตามแนวเส้นรอบวง ความเค้นตามแนวยาว และหาค่าความปลอดภัยของทรงกระบอกผนังบาง ซึ่งรับความดันภายใน 5.5 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.8 เมตร ทำจากวัสดุหนา 25 มิลลิเมตร กำหนดให้ความเค้นสูงสุดของทรงกระบอกเท่ากับ 560 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร วิธีทำ จากสูตร $\sigma_L = \frac{Pr}{2t}$ แทนค่า $\sigma_L = \frac{5.5 \times 400}{2 \times 25}$ $= 44 \text{ N/mm}^2$ $\therefore$ ความเค้นตามแนวยาว $= 44 \text{ N/mm}^2$			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 9/10

ตัวอย่างที่ 5

จงหาความดันภายในสูงสุดของถังเหล็กทรงกลม หนา 22 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2,500 มิลลิเมตร และมีค่าความเค้นใช้งานเท่ากับ 160 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

วิธีทำ	จากสูตร	$\sigma_L = \frac{Pr}{2t}$ $P = ?$ $\sigma = 160 \text{ N/mm}^2$ $r = \frac{2,500-22}{2} = 1,239 \text{ mm}$ $t = 2 \text{ mm}$ $P = \frac{2 \times 22 \times 160}{1,239}$ $= 5.68 \text{ N/mm}^2$
	แทนค่า	

∴ ความดันภายในถังทรงกลม = 5.68 N/mm²

ตัวอย่างที่ 6

จงหาความหนาของท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 เมตร อยู่ภายใต้ความดันภายใน 4 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ถ้าความเค้นภายในไม่เกิน 203 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

วิธีทำ	จากสูตร	$\sigma_H = \frac{Pr}{2t}$ $F = 2.6 \times 10^3 \text{ mm}$	
	แทนค่าในสูตร	$203 = \frac{4 \times (2.6 \times 10^3)}{2t}$	P = 4 N/mm ²
	ย้ายสมการ	$t = \frac{4 \times (2.6 \times 10^3)}{2 \times 203}$	σ _H = 203 N/mm ²

ตอบ ความหนาแน่นของท่อเหล็กเท่ากับ 25.62 มิลลิเมตร

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเนื้อหา	หน้า 10/10
ตัวอย่างที่ 7 ถังทรงกลมทำจากเหล็กมีความเค้นภายในเท่ากับ 42 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 24 เซนติเมตร บรรจุแก๊สที่มีความดัน 4 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร จงหาความหนาของถังนี้ วิธีทำ จากสูตร $\sigma = \frac{PD}{4t}$ $\sigma = 42 \text{ N/mm}^2$ แทนค่าในสูตร $42 = \frac{4 \times 24 \times 10}{4t}$ $D = 24 \times 10 \text{ mm}$ ย้ายสมการ $t = \frac{4 \times 24 \times 10}{4 \times 42} \frac{\text{N.mm}^3}{\text{N.mm}^2}$ $P = 4 \text{ N/mm}^2$ $= 5.71 \text{ mm}$ $t = ?$ ตอบ ความหนาของถังนี้เท่ากับ 5.71 มิลลิเมตร ตัวอย่างที่ 8 จงหาความหนาของถังเหล็กทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 680 มิลลิเมตร เมื่ออยู่ภายใต้ความดันภายใน 4.5 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ถ้าความเค้นใช้งาน ห้ามเกิน 175 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร วิธีทำ จากสูตร $\sigma_L = \frac{Pr}{2t}$ $t = ?$ $\sigma = 175 \text{ N/mm}^2$ $r = \frac{680}{2} = 340 \text{ mm}$ $P = 4.5 \text{ mm}$ แทนค่า $t = \frac{4.5 \times 340}{2 \times 175}$ $= 4.37 \text{ mm}$ $\therefore$ ความดันภายในถังทรงกลม = 5.68 N/mm^2			

[illegible]

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบแบบทดสอบ	หน้า 1/7
คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ - แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัย แบบ 4 ตัวเลือก - แบบทดสอบมี จำนวน 30 ข้อ - เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที คำสั่ง : จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว - ความดันในภาชนะหมายถึงอะไร - ปริมาณของมวลในภาชนะ - แรงที่กระทำต่อพื้นที่ในภาชนะ - ความเร็วของอนุภาคในภาชนะ - อุณหภูมิของภายในภาชนะ - ภาชนะรับความดัน (Pressure Vessel) คืออะไร - อุปกรณ์ที่ใช้เก็บก๊าซหรือของเหลวภายใต้ความดันสูง - เครื่องมือที่ใช้วัดความดันของของเหลว - เครื่องจักรที่ใช้เพิ่มแรงดันของก๊าซหรือของเหลว - ท่อส่งของเหลวที่มีแรงดันต่ำ - ถังทรงกลมที่มีความหนาจะมีผลต่อความแข็งแรงอย่างไร - เพิ่มความแข็งแรงต่อแรงดันภายใน - ลดความแข็งแรงของถัง - ไม่มีผลต่อความแข็งแรง - ทำให้ถังเปราะแตกง่ายขึ้น - ถังรับแรงดันทรงกลมมีข้อได้เปรียบอะไรเมื่อเทียบกับถังทรงกระบอก - ใช้วัสดุน้อยกว่า - ทนต่อแรงดันได้มากกว่าในปริมาณวัสดุที่เท่ากัน - รูปทรงทำให้สามารถติดตั้งง่ายกว่า - มีพื้นที่ผิวมากกว่าในปริมาตรที่เท่ากัน			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบแบบทดสอบ	หน้า 2/7
5. ความเค้นที่เกิดขึ้นในภาชนะรับความดันทรงกระบอกแบ่งออกเป็นกี่ชนิดหลักอะไรบ้าง ก. 1 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง ข. 2 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวรัศมี ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง ค. 2 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวยาว ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง ง. 3 ชนิด คือ ความเค้นตามแนวรัศมี ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง ความเค้นตามแนวยาว 6. ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง (Hoop Stress) มีทิศทางอย่างไร ก. ขนานกับแกนของภาชนะ ข. ตั้งฉากกับแกนของภาชนะและพยายามขยายรัศมีของภาชนะ ค. วิ่งออกจากศูนย์กลางของภาชนะ ง. เป็นแรงเฉือนที่เกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุ 7. ความเค้นตามแนวยาว (Longitudinal Stress) เกิดขึ้นในทิศทางใด? ก. ขนานกับแกนของภาชนะ ข. ตั้งฉากกับแกนของภาชนะ ค. วิ่งจากด้านในสู่ด้านนอกของผนังภาชนะ ง. ไม่มีความเค้นแนวแกนในภาชนะรับความดัน 8. ในภาชนะรับความดันแบบผนังบาง ความเค้นชนิดใดมีค่ามากที่สุด ก. ความเค้นแนวเส้นรอบวง (Hoop Stress) ข. ความเค้นแนวแกน (Axial Stress) ค. ความเค้นแนวรัศมี (Radial Stress) ง. ทั้งสามชนิดมีค่าเท่ากัน 9. ความเค้นตามแนวเส้นรอบวงของภาชนะรับแรงดันมีสัญลักษณ์ใด ก. σ_r ข. σ_h ค. σ_l ง. τ_{lt}			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบแบบทดสอบ	หน้า 3/7
10. ความเค้นตามแนวยาวของภาชนะรับแรงดันมีสัญลักษณ์ใด ก. σ_r ข. σ_h ค. σ_l ง. τ_{rt} 11. ถ้าภาชนะรับแรงดันเป็นทรงกลม ความเค้นในแนวเส้นรอบวงมีค่าเท่ากับ ก. $\frac{Pr}{2t}$ ข. $\frac{Pr}{t}$ ค. $\frac{Pt}{r}$ ง. $\frac{2Pr}{t}$ 12. สัญลักษณ์ตัว L ในเรื่องความเค้นในรูปทรงกระบอก หมายถึงอะไร ก. ความยาวของทรงกระบอก ข. ความหนาของทรงกระบอก ค. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกระบอก ง. รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอก 13. สัญลักษณ์ตัว D ในเรื่องความเค้นในรูปทรงกลม หมายถึงอะไร ก. พื้นที่ผิวโค้ง ข. ความหนาของทรงกลม ค. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกลม ง. รัศมีเฉลี่ยของทรงกลม 14. สัญลักษณ์ตัว t ในเรื่องความเค้นในรูปทรงกลม หมายถึงอะไร ก. พื้นที่ผิวโค้ง ข. ความหนาของทรงกลม ค. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของทรงกลม ง. รัศมีเฉลี่ยของทรงกลม			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบแบบทดสอบ	หน้า 4/7
15. ภาชนะรับแรงดันเป็นทรงกระบอก สมการความเค้นในแนวเส้นรอบวงคือข้อใด ก. $\frac{Pr}{2t}$ ข. $\frac{Pr}{t}$ ค. $\frac{Pt}{r}$ ง. $\frac{2Pr}{t}$ 16. ถ้าถังทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 500 mm หนา 10 mm รับแรงดันภายใน 2 N/mm² ความเค้นในแนวเส้นรอบวงคือเท่าใด? ก. 25 N/mm² ข. 50 N/mm² ค. 100 N/mm² ง. 200 N/mm² 17. จงหาความเค้นในแนวเส้นรอบวงรูปทรงกระบอก มีความหนา 0.3 m เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 250 mm ถูกออกแรงดันภายใน 78 MPa ก. 325 N/mm² ข. 145.5 N/mm² ค. 327.5 N/mm² ง. 225 N/mm² 18. ถังกลวงรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 120 mm หนา 4 mm อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 12 N/mm² จงหาความเค้นในแนวเส้นรอบวงรูปทรงกระบอก ก. 200 N/mm² ข. 147.5 N/mm² ค. 127.5 N/mm² ง. 186 N/mm²			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบแบบทดสอบ	หน้า 5/7
19. ภาชนะทรงกระบอก มีความหนา 20 mm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.155 m อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 38 N/mm² จงหาความเค้นตามแนวยาวของทรงกระบอก ก. 76.93 N/mm² ข. 63.73 N/mm² ค. 73.63 N/mm² ง. 66.43 N/mm² 20. ภาชนะรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 600 mm และมีความหนาผนัง 20 mm จงหาค่าความดันภายในที่รับได้หากค่าความเค้นโอบรัดจำกัดที่ 100 N/mm² ก. 6.67 kpa ข. 6.67 bar ค. 6.67 pa ง. 6.67 N/mm² 21. จงหาค่าความดันภายในทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ย 450 mm และมีความหนาผนัง 5 mm ถ้าความเค้นตามแนวเส้นรอบวงห้ามเกิน 150 N/mm² ก. 3.33 Mpa ข. 4.67 bar ค. 5.33 pa ง. 7.67 N/mm² 22. จงหาความเค้นของภาชนะทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 700 mm มีความหนา 7 mm อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 200 N/mm² ก. 5,500 N/mm² ข. 5,000 N/mm² ค. 6,000 N/mm² ง. 6,500 N/mm² 23. ภาชนะทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 368 mm มีความหนา 15 mm อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 50 N/mm² จงหาความเค้นของภาชนะทรงกลม ก. 408.67 N/mm² ข. 309.35 N/mm² ค. 306.67 N/mm² ง. 409.35 N/mm²			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบแบบทดสอบ	หน้า 6/7
24. ถังทรงกลม มีความหนา 20 mm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 500 mm อยู่ภายใต้แรงดันภายใน 60 N/mm² จงหาความเค้นของภาชนะทรงกลม ก. 370 N/mm² ข. 377 N/mm² ค. 365 N/mm² ง. 375 N/mm² 25. จงหาค่าความดันภายในที่ทรงกลมจะสามารถรับได้ ถ้าทรงกลมทำมาจากแผ่นโลหะหนา 6 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 480 มิลลิเมตร และความเค้นใช้งานของแผ่นโลหะ เท่ากับ 140 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 7.39 N/mm² ข. 6.38 N/mm² ค. 6.50 N/mm² ง. 7.23 N/mm² 26. จงหาความดันภายในสูงสุดของถังเหล็กทรงกลม หนา 22 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2,500 มิลลิเมตร และมีค่าความเค้นเท่ากับ 160 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 7.39 N/mm² ข. 4.38 N/mm² ค. 6.50 N/mm² ง. 5.68 N/mm² 27. จงหาความเค้นที่ใช้งานรูปทรงกระบอก วัสดุที่ใช้ทำมีความเค้นดึงสูงสุด 900 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ใช้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 5 ก. 190 N/mm² ข. 180 N/mm² ค. 200 N/mm² ง. 210 N/mm²			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบแบบทดสอบ	หน้า 7/7
28. จงหาความดันใช้งานของหม้อต้มน้ำรูปทรงกระบอก ทำจากวัสดุหนา 18 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.2 เมตร วัสดุที่ใช้ทำมีความเค้นดึงสูงสุด 860 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ถ้าประสิทธิภาพตามแนวเส้นรอบวง (η_c) เท่ากับ 54 % และประสิทธิภาพตามแนวยาว (η_L) เท่ากับ 84 % ใช้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 4 ก. 3.56 N/mm² ข. 4.25 N/mm² ค. 2.96 N/mm² ง. 3.78 N/mm² 29. จงหาความหนาของถังเหล็กทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 680 มิลลิเมตร เมื่ออยู่ภายใต้ความดันภายใน 4.5 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ถ้าความเค้นใช้งาน ห้ามเกิน 175 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 5.56 mm ข. 4.37 mm ค. 6.96 mm ง. 3.65 mm 30. ถังทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร และต้องรับแรงดันภายใน 2 MPa ควรมีความหนาเท่าใด ถ้าใช้วัสดุที่มีค่าความเค้นอนุญาต 100 MPa ก. 7.5 มม. ข. 10 มม. ค. 15 มม. ง. 20 มม.			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ภาชนะรับความดัน	ใบเฉลยแบบทดสอบ	หน้า 1/1

เฉลยแบบทดสอบ

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

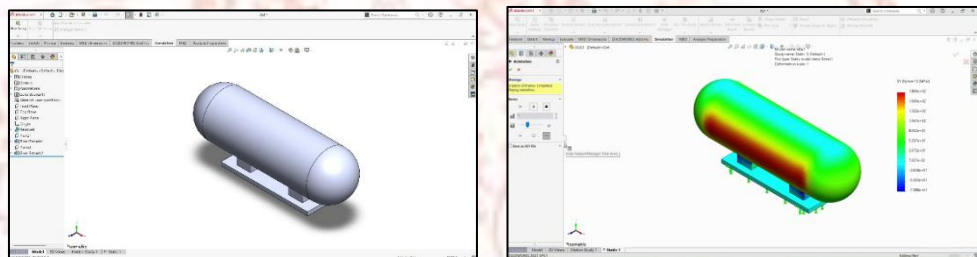
ภาคผนวก จ

- คู่มือการใช้งานโปรแกรม SolidWorks ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์
เอลิเมนต์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

คู่มือการใช้งาน

โปรแกรม SOLIDWORKS ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

เรื่องภาชนะรับความดัน



นายธีรวัฒน์ พรหมลิ
แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 1

บทนำ

1. การวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM)

การวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมที่มีความซับซ้อน เช่น ปัญหาโครงสร้าง ความร้อน ของไหล หรือ แม่เหล็กไฟฟ้า โดย FEM ช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์และทำนายพฤติกรรมของระบบหรือชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ โดยมีความสำคัญในด้านต่าง ๆ เช่น ช่วยในการออกแบบและพัฒนา วิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนได้ เพิ่มความปลอดภัย ประหยัดทรัพยากร สนับสนุนการตัดสินใจ สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายสาขา

2. หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method - FEM)

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เป็นวิธีการทางตัวเลขที่ใช้ในการแก้ปัญหสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial Differential Equations - PDEs) ที่พบในงานวิศวกรรมและฟิสิกส์ โดยหลักการของ FEM มีขั้นตอนสำคัญดังนี้

2.1 การแบ่งโดเมนปัญหา (Domain) ออกเป็นส่วนย่อย (Discretization):

2.1.1 โดเมนของปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ ที่เรียกว่า "เอลิเมนต์" (Elements) ซึ่งมีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสม เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือทรงสี่หน้า

2.1.2 จุดที่เอลิเมนต์เชื่อมต่อกันเรียกว่า "โนด" (Nodes) ซึ่งเป็นจุดที่ใช้ในการคำนวณค่าต่าง ๆ

2.2 การเลือกฟังก์ชันพื้นฐาน (Shape Functions):

สำหรับแต่ละเอลิเมนต์ จะกำหนดฟังก์ชันพื้นฐานที่ใช้ประมาณค่าผลลัพธ์ภายในเอลิเมนต์ นั้น ๆ โดยฟังก์ชันเหล่านี้มักเป็นฟังก์ชันพหุนามที่มีค่าที่โนดตรงกับค่าจริง

2.3 การสร้างสมการของเอลิเมนต์ (Element Equations):

ใช้ฟังก์ชันพื้นฐานและสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของปัญหาในการสร้างสมการที่แสดงพฤติกรรมของแต่ละเอลิเมนต์

2.4 การประกอบสมการรวม (Assembly):

นำสมการของทุกเอลิเมนต์มารวมกันเพื่อสร้างระบบสมการขนาดใหญ่ที่แสดงพฤติกรรมของทั้งระบบ โดยพิจารณาความต่อเนื่องและเงื่อนไขขอบเขต

2.5 การใช้เงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions):

นำเงื่อนไขขอบเขตของปัญหามาประยุกต์ใช้กับระบบสมการรวม เพื่อให้ได้คำตอบที่สอดคล้องกับสภาพจริง

2.6 การแก้ระบบสมการ (Solution):

ใช้วิธีการทางตัวเลข เช่น วิธีการกำจัดเกาส์ (Gaussian Elimination) หรือวิธีการทำซ้ำ (Iterative Methods) ในการแก้ระบบสมการเพื่อหาค่าที่โหนด

2.7 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Post-Processing):

นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาวิเคราะห์เพิ่มเติม เช่น การคำนวณความเครียด ความเค้น หรือการแสดงผลในรูปแบบกราฟิก เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบ

สรุป ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นกระบวนการที่แบ่งปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และคำนวณ โดยใช้ฟังก์ชันพื้นฐานในการประมาณค่าภายในแต่ละส่วน และนำผลลัพธ์มาประกอบกันเพื่อหาคำตอบของทั้งระบบ

3. ข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีข้อดีสำคัญหลายประการที่ทำให้เป็นเครื่องมือหลักในงานวิศวกรรมและฟิสิกส์สมัยใหม่ วิธีนี้สามารถใช้วิเคราะห์โครงสร้างหรือระบบที่มีรูปร่างซับซ้อนและโหลดที่ไม่สม่ำเสมอได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่จำเป็นต้องหาคำตอบเชิงวิเคราะห์ซึ่งมักใช้ไม่ได้กับปัญหาจริงในชีวิตประจำวัน FEM ช่วยให้สามารถจำลองพฤติกรรมของชิ้นงานหรือโครงสร้างภายใต้สภาพต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ เช่น การเปลี่ยนรูป ความเครียด ความเค้น หรือการกระจายอุณหภูมิ ช่วยลดความจำเป็นในการสร้างต้นแบบจริง ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลอง อีกทั้งยังเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ได้ล่วงหน้าก่อนการผลิตจริง วิธีนี้ยังสามารถใช้กับวัสดุและเงื่อนไขที่ซับซ้อน เช่น วัสดุเชิงประกอบ หรือสภาพโหลดพลวัตได้อีกด้วย นอกจากนี้ FEM ยังสามารถประยุกต์ใช้ได้ ในหลายสาขา เช่น วิศวกรรมโยธา เครื่องกล ไฟฟ้า อากาศยาน และชีวการแพทย์ จึงเป็นเครื่องมือที่ยืดหยุ่น ครอบคลุม และทันสมัยในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมอย่างแท้จริง

4. หน้าที่ของ SolidWorks Simulation ในการวิเคราะห์โครงสร้าง

SolidWorks Simulation ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้วิศวกรสามารถวิเคราะห์และประเมินพฤติกรรมของโครงสร้างต่าง ๆ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ โดยเป็นส่วนเสริมที่อยู่ภายในโปรแกรม SolidWorks ซึ่งเน้นไปที่การจำลองสภาพจริงของชิ้นงานหรือระบบ เช่น การรับแรง การเสียรูป ความเครียด ความเค้น และการเสียหายของวัสดุ

ในกระบวนการวิเคราะห์ โครงสร้างจะถูกสร้างขึ้นในรูปแบบสามมิติด้วย SolidWorks จากนั้นผู้ใช้สามารถนำแบบจำลองดังกล่าวเข้าสู่ Simulation เพื่อทำการกำหนดวัสดุ เงื่อนไขขอบเขต แรงกระทำ และการยึดตรึงต่าง ๆ ได้อย่างละเอียด โปรแกรมจะทำการสร้าง Mesh หรือแบ่งชิ้นงาน

ออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย แล้วคำนวณผลลัพธ์โดยใช้ FEM อัตโนมัติ พร้อมแสดงผลในรูปแบบภาพสีกราฟ หรือข้อมูลเชิงตัวเลข

SolidWorks Simulation ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทดสอบแนวคิดการออกแบบได้ตั้งแต่เริ่มต้น โดยไม่ต้องรอสร้างต้นแบบจริง ช่วยลดต้นทุน ลดเวลา และเพิ่มความมั่นใจในความแข็งแรงและความปลอดภัยของชิ้นงานก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจริง นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถเปรียบเทียบทางเลือกในการออกแบบ และปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย



บทที่ 2

การใช้งาน SolidWorks Simulation

1. โปรแกรม SolidWorks Simulation

โปรแกรม SolidWorks Simulation เป็นเครื่องมือที่อยู่ภายในโปรแกรม SolidWorks ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์การทำงานและพฤติกรรมของชิ้นงานหรือโครงสร้างที่ออกแบบในรูปแบบสามมิติ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เพื่อจำลองการตอบสนองของวัสดุเมื่อได้รับแรง กระแทก หรือการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น การรับแรงกด ความเครียด หรือการเสียดสี

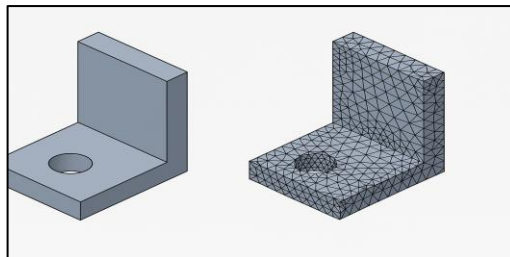
SolidWorks Simulation มีคุณสมบัติในการจำลองการทดสอบจริงที่ชิ้นงานจะต้องเผชิญในโลกแห่งความจริง เช่น การทดสอบการตกกระแทก การทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ และการทดสอบการไหลของความร้อน โดยผู้ใช้สามารถกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น แรงที่กระทำ การยึดตรึง หรือวัสดุที่ใช้ เพื่อประเมินผลกระทบต่อชิ้นงานได้อย่างละเอียดและแม่นยำ

การใช้ SolidWorks Simulation ช่วยให้วิศวกรและนักออกแบบสามารถทดสอบและปรับปรุงการออกแบบได้ก่อนที่จะทำการผลิตจริง ซึ่งช่วยประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการทดลองต้นแบบ นอกจากนี้ยังช่วยในการค้นหาจุดที่อาจเกิดความผิดพลาดหรือจุดที่โครงสร้างอาจล้มเหลวก่อนที่จะเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์จริง ทำให้มั่นใจในความปลอดภัยและประสิทธิภาพของการออกแบบ

SolidWorks Simulation จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับวิศวกรและนักออกแบบในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงและปลอดภัยมากขึ้นโดยการจำลองและวิเคราะห์ก่อนการผลิตจริง

1.1 การวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานด้วย SolidWorks Simulation

โปรแกรม SolidWorks Simulation ใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) “FEM” ในการวิเคราะห์ปัญหา FEM คือ วิธีการประมาณเชิงตัวเลข (Numerical Method) เพื่อใช้คำนวณหาผลเฉลยโดยประมาณของปัญหาที่กำหนดมาให้ โดยการแบ่งรูปร่างขอบเขตของปัญหาออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่า เอลิเมนต์ (Element) แล้วสร้างสมการของแต่ละเอลิเมนต์ให้สอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้น โดยที่เอลิเมนต์ต่างๆ เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันที่จุดต่อ (Node) และจะเข้าไปแทนที่ในชิ้นงานที่มีลักษณะซับซ้อน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะคำนวณหาค่าตัวแปรตามที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการที่ว่า “นำปัญหาง่ายๆ หลายๆ ปัญหาไปทดแทนปัญหาที่ยาก ซับซ้อน และทำการแก้ปัญหาร่วมกันครั้งเดียว”



ภาพที่ 2-1 การขึ้นรูปและการสร้างเอลิเมนต์สำหรับปัญหาแบบสามมิติ

1.2 ข้อมูลที่ต้องทราบก่อนการติดตั้ง SolidWorks Simulation

การติดตั้งโปรแกรม SolidWorks Simulation จะต้องทำการติดตั้งโปรแกรม SolidWorks เสียก่อน มิฉะนั้นจะไม่สามารถใช้งานโปรแกรม SolidWorks Simulation ได้โดยประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ซึ่งหากเครื่องคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพสูงก็จะช่วยให้การทำงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว โดยการใช้งานของโปรแกรมโดยทั่วไปผู้ผลิตมักจะกำหนดคุณสมบัติขั้นต่ำของ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่โปรแกรมนั้นๆ ต้องการ เพื่อให้การใช้งานของ Software เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและ สมบูรณ์ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้งานควรมีข้อมูลจำเพาะขั้นต่ำดังต่อไปนี้

ระบบ Operating System (OS)

- Microsoft® Windows® 2000 Professional
- Microsoft® Windows® XP Professional (32-bit, 64-bit)

1.3 ข้อควรระวังในการใช้ซอฟต์แวร์ SolidWorks Simulation

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์จะมีความถูกต้องเที่ยงตรงสูง มากเท่าใดนั้น จะขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของผู้ใช้ โดยที่ผู้ใช้นั้นจำเป็นที่จะต้องทราบให้ชัดเจนว่า ซอฟต์แวร์นั้น ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาชนิดใด ตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมการเชิงอนุพันธ์แบบใด และต้องทราบโดยคร่าวๆ ว่ามีกระบวนการวิเคราะห์ภายในอย่างไรบ้าง จึงจะสามารถบอกได้ว่าผลลัพธ์ที่ เกิดขึ้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงเพียงใด

นอกจากนั้นแล้ว ตัวผู้ใช้เองควรที่จะมีความรู้ขั้นพื้นฐานในเรื่องทฤษฎีของการทำการวิเคราะห์ด้วย ระเบียบวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์บ้างไม่มากนักน้อย เพื่อที่จะให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง โดยสิ่งที่ทำ 15 รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง 2564 ให้ผลลัพธ์มีการผิดพลาดมักเกิดจากการที่ผู้ใช้เกิดความผิดพลาดในขณะที่ทำการป้อนค่าข้อมูลลงใน ซอฟต์แวร์นั่นเอง อาทิเช่น ค่าเฉพาะของคุณสมบัติของวัสดุ ค่าการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่ไม่ถูกต้อง ค่า การสร้างรูปแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ที่มีความคลาดเคลื่อนไปจากรูปทรงทางเรขาคณิตดั้งเดิมของปัญหา การเลือกใช้ชนิดของเอลิเมนต์ที่ไม่เหมาะสมและไม่ครอบคลุมชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมด การสร้างโครงข่ายจำลองชิ้นงานรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งจะประกอบไปด้วยเอลิเมนต์ที่มีขนาดใหญ่หรือเรียวยาว เกินไป เป็นต้น ความชัดเจนในการดำเนินการของกระบวนการต่างๆ เหล่านี้ จะเพิ่มมากขึ้น

หลังจากที่นักศึกษา ผู้อ่าน และผู้สนใจทั่วไปนั้น ได้ทำการศึกษาทางทฤษฎีและตัวอย่างการใช้ซอฟต์แวร์SolidWorks Simulation ในบทต่อๆ ไป รวมทั้งการได้ให้เวลากับการใช้ซอฟต์แวร์ SolidWorks Simulation อันจะก่อให้เกิด ประสบการณ์การใช้ที่เพิ่มพูนมากยิ่งขึ้น

1.4 ทำความรู้จักกับแถบเครื่องมือของ SolidWorks Simulation

การใช้งานของโปรแกรม SolidWorks Simulation นั้นจะมีกล่องเครื่องมือหรือแถบเครื่องมือ เพื่อช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น และสะดวกในการใช้งาน ซึ่งแถบเครื่องมือต่างๆ ของโปรแกรม SolidWorks Simulationจะแบ่งเป็นหมวดหมู่ตามขั้นตอนของการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจและเรียงลำดับขั้นตอนต่างๆ ได้ง่ายขึ้นโดยจะแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ด้วยกัน โดยจะเรียงตามขั้นตอนการใช้งานดังนี้

- SolidWorks Simulation Toolbar-Main

แถบเครื่องมือหลัก SolidWorks Simulation Main เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการเริ่มต้นในการแก้ปัญหาด้วยวิธี FEM โดยมีความหมายของปุ่มไอคอนต่างๆ ในแถบเครื่องมือ SolidWorks Simulation Main ดังแสดงในตารางด้านล่างนี้

สัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ	ลักษณะคำสั่ง	ลักษณะวัตถุประสงค์ของงาน
	New Study	การเลือกวิธีการแก้ปัญหา เช่น Static, Frequency, Buckling เป็นต้น
	Apply Material	การเลือกคุณสมบัติทางกลของวัสดุให้กับชิ้นงาน
	Create Mesh	การสร้างโครงข่ายเอลิเมนต์บนชิ้นงาน
	Run	เริ่มต้นการหาผลเฉลยของปัญหาทาง FEM
	Apply Control	การควบคุม และกำหนดค่าของโครงข่ายเอลิเมนต์บนชิ้นงาน
	Global Contact	การกำหนดเงื่อนไขของจุดสัมผัสบนชิ้นงานทั้งหมด
	Contact Set	การกำหนดเงื่อนไขของจุดสัมผัสระหว่างชิ้นงานแต่ละชิ้น
	Drop Test Setup	การสร้างเงื่อนไขของปัญหาการตกกระทบของชิ้นงาน
	Result Options	การปรับตั้งค่าของผลเฉลย

- SolidWorks Simulation Toolbar-Fixtures/External Loads

แถบเครื่องมือ SolidWorks Simulation Fixtures/External Loads เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการจำกัดขอบเขตของปัญหาที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน และรูปแบบของภาระภายนอก โดยมี ความหมายของปุ่มไอคอนต่างๆ จากแถบเครื่องมือของ SolidWorks Simulation Fixtures/External Loads ดังแสดงในตารางด้านล่างนี้

สัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ	ลักษณะคำสั่ง	ลักษณะวัตถุประสงค์ของงาน
	Fixtures	การกำหนดขอบเขตของจุดยึดให้กับชิ้นงาน
	Pressure	การกำหนดขอบเขตของความดันให้กับชิ้นงาน
	Force	การกำหนดขอบเขตของแรงที่มากระทำกับชิ้นงาน
	Gravity	การกำหนดขอบเขตของแรงโน้มถ่วงให้กับชิ้นงาน
	Centrifugal Force	การกำหนดขอบเขตของแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง ให้กับชิ้นงาน
	Remote Load/Mass	การกำหนดขอบเขตของแรงตามตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวชิ้นงาน
	Rigid Connection	การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างจุดยึดกับพื้นผิวของชิ้นงาน
	Bearing Load	การกำหนดทิศทางของแรงบนพื้นผิวทรงกระบอก
	Temperature	การกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิบนพื้นผิวของชิ้นงาน

- SolidWorks Simulation Toolbar-Thermal Loads

แถบเครื่องมือ SolidWorks Simulation Thermal Loads เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการจำกัดขอบเขตของปัญหาทางด้านความร้อนที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน โดยมีความหมายของปุ่มไอคอนต่างๆ จากแถบเครื่องมือ SolidWorks Simulation Thermal Loads ดังแสดงในตารางด้านล่างนี้

สัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ	ลักษณะคำสั่ง	ลักษณะวัตถุประสงค์ของงาน
	Temperature	การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิบนพื้นผิวชิ้นงาน
	Convection	การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน บนพื้นผิวชิ้นงาน
	Heat Flux	การกำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของความร้อนบนพื้นผิวชิ้นงาน
	Heat Power	การกำหนดค่าการเกิดพลังงานความร้อนบนพื้นผิวชิ้นงาน
	Radiation	การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนบนพื้นผิวชิ้นงาน

- SolidWorks Simulation Toolbar-Result Tools

แถบเครื่องมือ Simulation Toolbar-Result Tools เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงผลเฉลย ของข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหาทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยมีความหมายของปุ่มไอคอนต่างๆ จากแถบเครื่องมือ Simulation Toolbar-Result Tools ดังนี้

สัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ	ลักษณะคำสั่ง	ลักษณะวัตถุประสงค์ของงาน
	Factor of Safety	การแสดงผลค่าความปลอดภัยที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
	Stress	การแสดงผลค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
	Displacement	การแสดงผลค่าระยะขจัดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
	Strain	การแสดงผลค่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
	Thermal	การแสดงผลการกระจายของพลังงานความร้อนและอุณหภูมิที่เกิดขึ้น
	Design Insight	การแสดงผลรายละเอียดที่ออกแบบภายใน สำหรับชิ้นที่กำลังศึกษาอยู่
	Report	การสร้างรายงานของผลเฉลยของปัญหาที่สร้างขึ้น
	Include Image for Report	การแสดงผลภาพถ่ายแบบจำลองสำหรับรายงานผล

	Animate	การแสดงผลเคลื่อนไหว และการเปลี่ยนลักษณะรูปร่างของชิ้นงาน
	Section Clipping	การแสดงผลตัดส่วนของเดสก์ที่เกิดขึ้นในเนื้อชิ้นงาน
	Iso Clipping	การแสดงผลตัดส่วนของเดสก์ที่เกิดขึ้นในเนื้อชิ้นงาน
	Plot Settings	การปรับตั้งรูปแบบการแสดงผลค่าต่างๆ ของผลเฉลย
	Probe	การเลือกแสดงข้อมูลเฉพาะจุดที่เกิดขึ้นในตำแหน่งต่างๆ บนชิ้นงาน
	List Selected	การแสดงผลทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวหรือขอบชิ้นงาน (กราฟ)
	Save As	การบันทึกข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ (รูปภาพ)
	Show/Hide Mesh	การแสดงผลโครงข่ายเอลิเมนต์และไม่แสดงโครงข่ายเอลิเมนต์
	Show/Hide Result	การแสดงผลแบบจำลองเอลิเมนต์และผลที่เกิดขึ้น
	Compare Results	เปรียบเทียบผลด้านต่อต้าน
	Deformed Result	การแสดงผลแบบจำลองในรูปแบบการเสียรูป

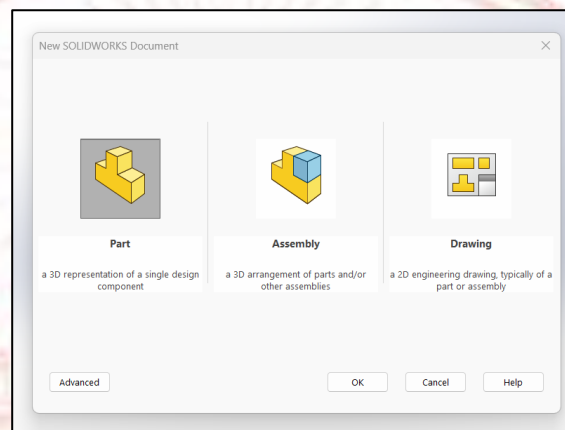
บทที่ 3

การวิเคราะห์ชิ้นส่วน

1. เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม SolidWorks

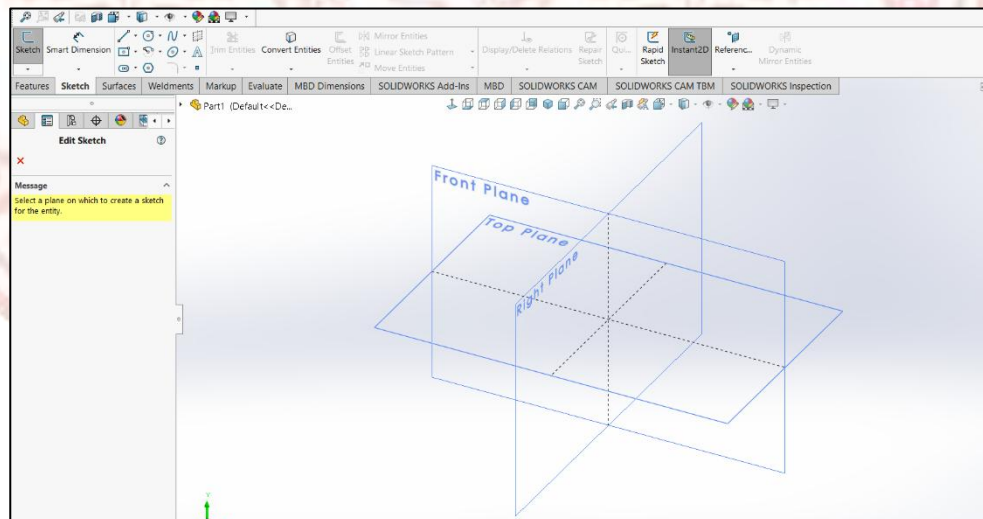
เปิดโปรแกรม SolidWorks และทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 แสดงหน้าต่างดังภาพที่ 3-1 เลือก Part แล้วคลิก OK



ภาพที่ 3-1 การสร้างชิ้นงานใหม่

1.2 คลิกตัวจัดการ Sketch ดังแสดงในภาพที่ 3-2 และเลือกระนาบ Top



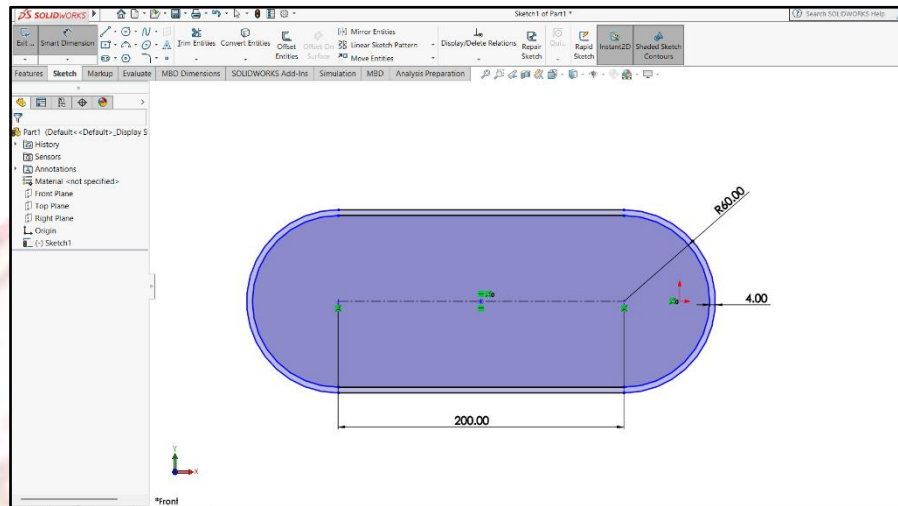
ภาพที่ 3-2 การเริ่มต้นคำสั่งร่างภาพ (Sketch)



1.3 สร้างภาพร่างของถังภาชนะรับแรงดันด้วยเครื่องมือ Straight Slot
ภาพที่ 3.3

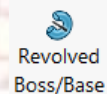
และสร้างขนาดดังใน

1.4 คลิกที่สัญลักษณ์ Exit Sketch ดังแสดงในภาพที่ 3-3

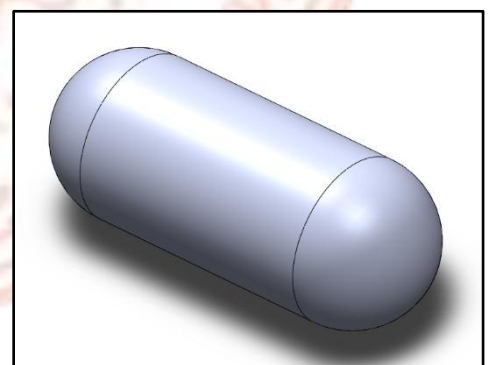
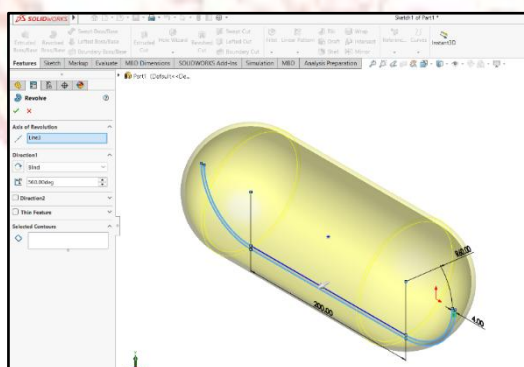


ภาพที่ 3-3 ส่วนของเส้นที่สร้างไว้

1.5 สร้างชิ้นงาน 3D ด้วยคำสั่ง Revolved Boss/Base



1.6 หลังจากขั้นตอนที่ 5 จะแสดงหน้าต่าง Revolved Boss/Base ปรากฏขึ้นมา เลือก
รูปแบบการยึดชิ้นงานแบบ Blind ซึ่งมีองศา 360 deg เลือก ✓ จะได้ชิ้นงานขึ้นดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 (a) หน้าต่าง Revolved Boss/Base (b) ชิ้นงาน 3D

2. สร้างการศึกษาสถานการณ์จำลอง

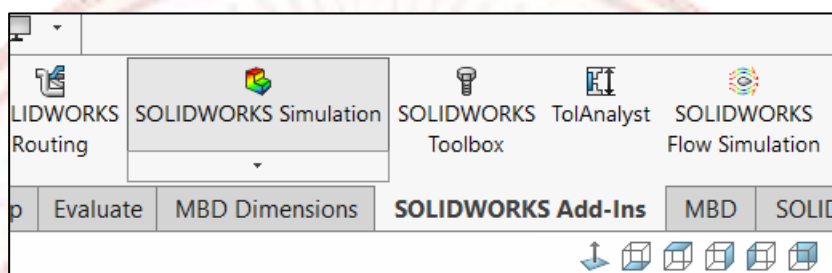
ส่วนนี้ประกอบด้วยส่วนย่อยหลายส่วน แต่ละส่วนเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะที่แตกต่างกันของงานจำลอง ส่วนย่อยแรกเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเปิดใช้งานสำหรับการจำลองการศึกษา ตามด้วย

ข้อกำหนดเฉพาะของวัสดุสำหรับชิ้นส่วน หลังจากนั้นเราจะเจาะลึกถึงการใช้งานรองรับ (Fixture) และโหลด (Load) ส่วนย่อยสุดท้ายเกี่ยวข้องกับการเมทซิงโครงสร้างควบคู่ไปกับการดำเนินการศึกษา เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 เปิดใช้งานแท็บการจำลองและสร้างการศึกษาใหม่

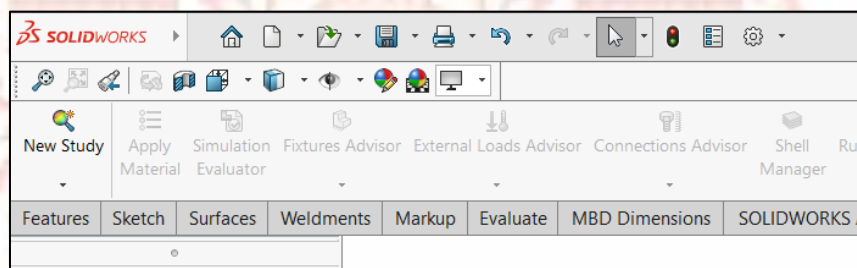
2.2 คลิกที่ Add-In ของ SolidWorks

2.3 คลิกที่ SolidWorks Simulation เพื่อเปิดใช้งานแท็บการจำลอง ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 การเปิดใช้งานแท็บการจำลอง

2.4 เมื่อแท็บการจำลองทำงานอยู่ ให้คลิกที่ New Study ดังภาพที่ 3-6

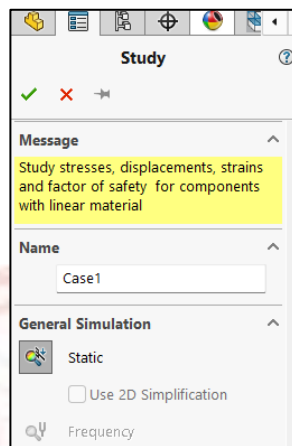


ภาพที่ 3-6 การเปิดใช้งานการศึกษาใหม่

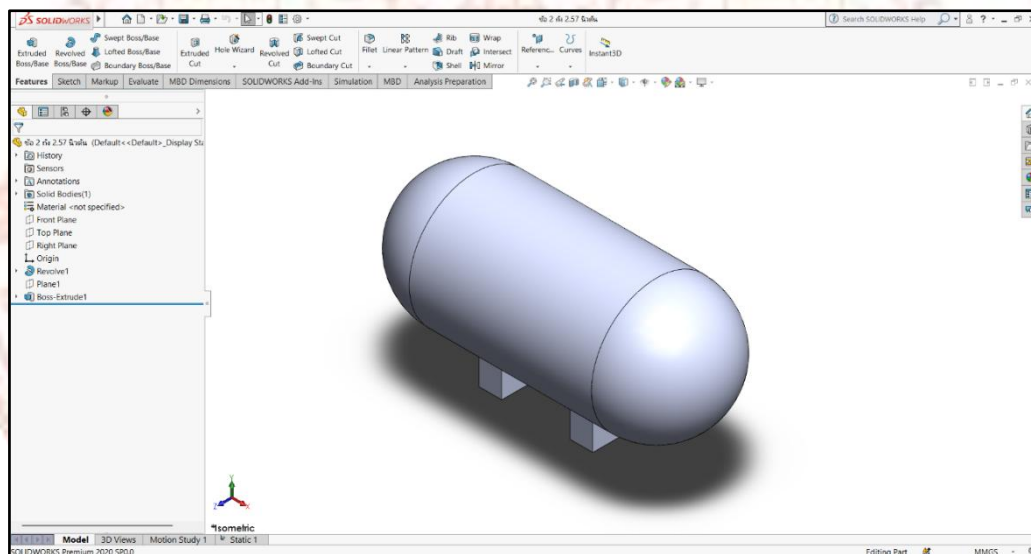
2.5 ป้อนชื่อการศึกษาในกล่องชื่อ เช่น Case 1

2.6 เก็บตัวเลือกการวิเคราะห์แบบคงที่ไว้ ดังแสดงในภาพที่ 3-7

2.7 คลิกตกลง/เครื่องหมายถูกสีเขียว ✓



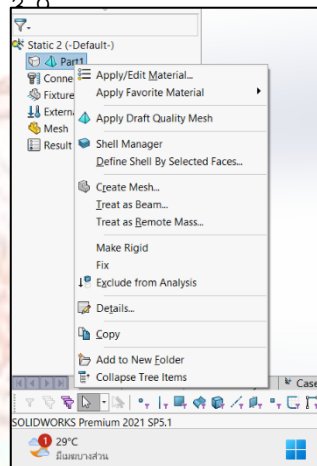
ภาพที่ 3-7 การระบุตัวเลือกสำหรับ Study Property Manager
เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 2.5–2.7 เสร็จแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ แผนผังการศึกษาการจำลองเริ่มทำงาน



ภาพที่ 3-8 Property การศึกษาการจำลอง

3. การเพิ่มคุณสมบัติของวัสดุ

3.1 ได้แผนผังการศึกษาการจำลอง คลิกขวาที่ Part1 สิ่งนี้จะแสดงตัวเลือกให้เลือกและใช้คุณสมบัติของวัสดุ ดังแสดงในภาพที่ 3-9

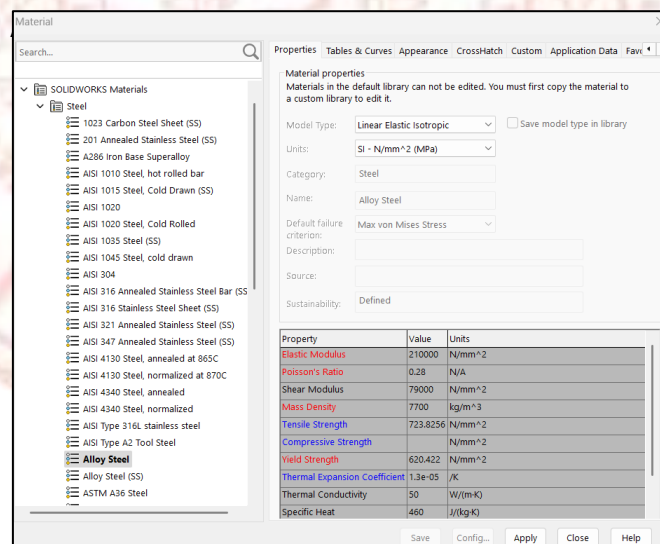


ภาพที่ 3-9 การเปิดใช้งานฐานข้อมูลวัสดุ

โปรดสังเกตว่าขั้นตอนที่ 3.1 จะเปิดฐานข้อมูลวัสดุดังแสดงในภาพที่ 3-10 กับหน้าต่างวัสดุเปิดขึ้น ทำตามขั้นตอนต่อไปนี

3.2 มองหาโฟลเดอร์ Steel

3.3 คลิกที่



ภาพที่ 3-10 ตัวเลือกสำหรับข้อกำหนดวัสดุ

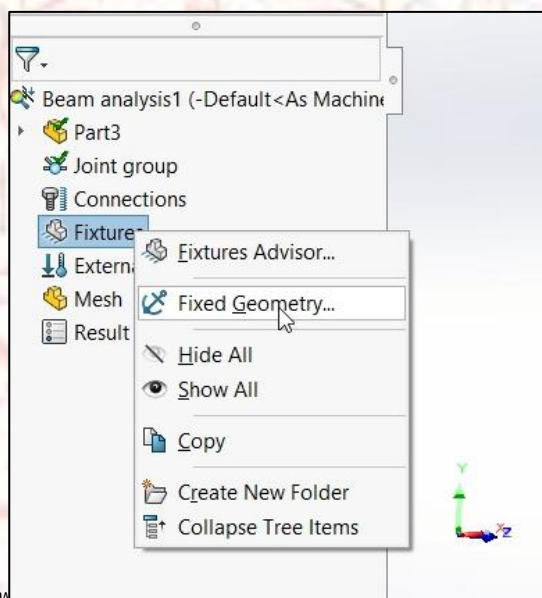
* เมื่อคลิกที่ Alloy Steel คุณสมบัติจะปรากฏทางด้านขวาของหน้าต่างวัสดุ ในช่อง Property บางส่วนชื่อจะใช้แบบอักษรสีน้ำเงินในขณะที่ชื่ออื่นๆ จะใช้แบบอักษรสีแดงหรือสีดำ

โดยทั่วไปคุณสมบัติของวัสดุที่มีชื่อเป็นตัวอักษรสีแดงคือคุณสมบัติที่ต้องระบุไว้สำหรับการวิเคราะห์แบบคงที่ ชื่อคุณสมบัติอื่นๆ ที่เป็นแบบอักษรสีน้ำเงินหรือสีดำ เป็นทางเลือกสำหรับการวิเคราะห์แบบคงที่หรือจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์แบบไดนามิกและเชิงความร้อนด้วยรายละเอียดสั้นๆ เกี่ยวกับหน้าตาวัสดุ

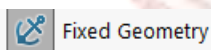
4. การใช้อุปกรณ์จับยึด

อุปกรณ์จับยึดใช้เพื่อป้องกันโครงสร้างทางวิศวกรรมจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เสถียรมากเกินไป เมื่อโหลดถูกนำไปใช้กับวัสดุ สำหรับปัญหาที่กำลังวิเคราะห์จุดรองรับที่พบในตำแหน่ง A ตามที่ระบุในภาพที่ 3.8 จะแสดงถึงจุดจับยึดและติดตั้ง ดังขั้นตอนต่อไปนี้

4.1 คลิกขวาที่ Fixtures จากนั้นเลือก Fix Geometry จากหน้าต่างเมนูที่ปรากฏขึ้น

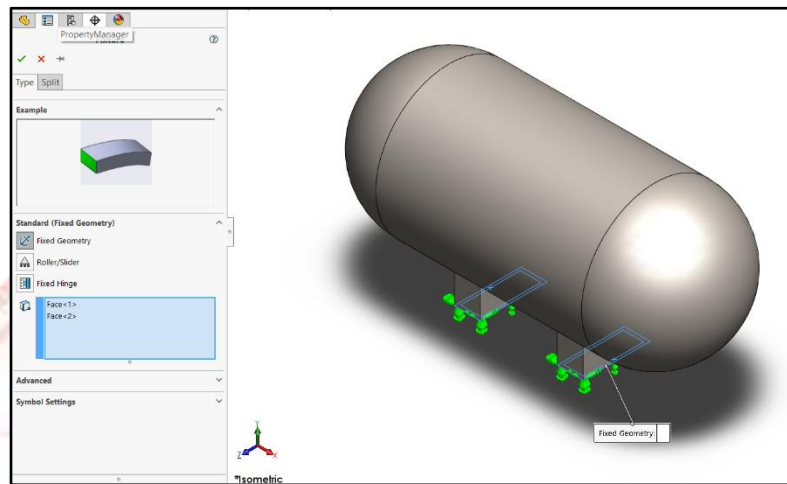


4.2 ภายใต้ Fix Property Manager ภาพที่ 3-12 เลือก Fixed Geometry



4.3 เลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่หน้าต่างกราฟิกแล้วเลือกที่จุด A

4.4 คลิกตกลง ✓

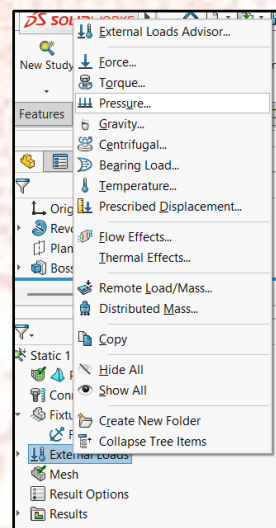


ภาพที่ 3-12 การเลือกอุปกรณ์จับยึดและตำแหน่งยึดถึงภาชนะรับแรงดัน

5. การใช้แรง

ภายใต้แผนผังการศึกษาการจำลอง ให้ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

5.1 คลิกขวาที่ External Loads จากนั้นเลือก Pressure ดังแสดงในภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-13 การเปิดใช้งานตัวจัดการคุณสมบัติแรงดัน Pressure

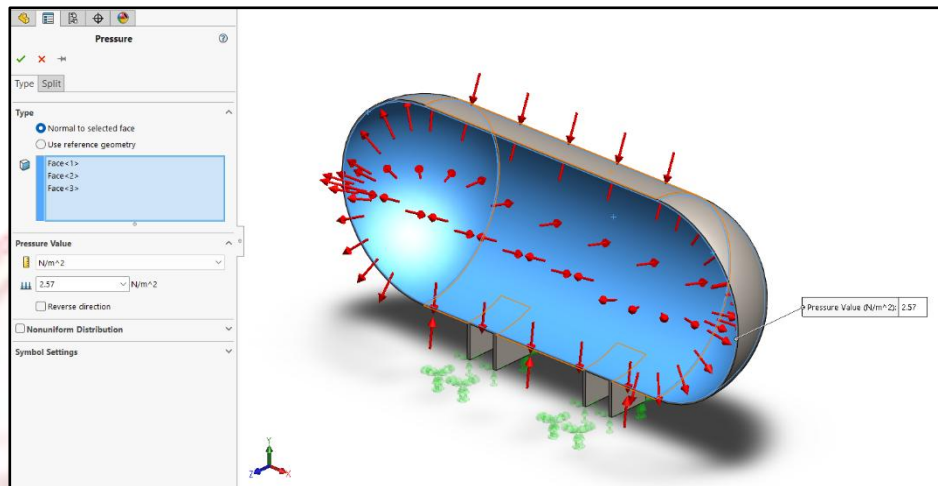
ภายใน Force/Torque Property Manager ให้ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.2 ภายใต้ Selection ให้คลิกที่สัญลักษณ์ Force หมายเลข 1 ในภาพที่ 3-14

5.3 ไปที่หน้าต่างกราฟิกและเลือกบริเวณจุด B

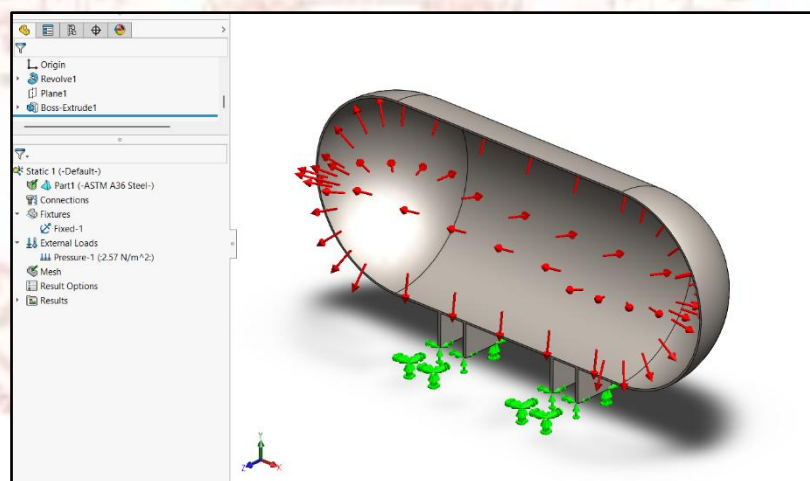
5.4 ภายใต้ Force ให้กำหนดแรง 2.57 นิวตันต่อตารางเมตร (ตรวจสอบให้แน่ใจว่าตั้งหน่วยเป็นระบบ SI)

5.5 คลิกตกลง



ภาพที่ 3-14 การใช้แรงดัน

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนก่อนหน้านี้แล้ว รูปลักษณ์ของโมเดลกราฟิกของคุณหน้าต่างควรจะเป็นอย่างภาพที่ 3-15



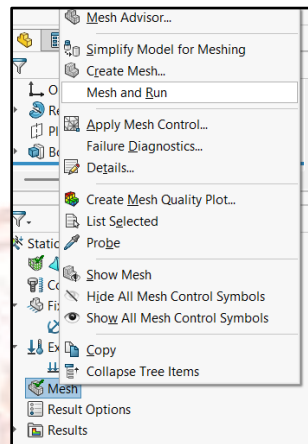
ภาพที่ 3-15 ลักษณะของถึงภาชนะรับแรงดันที่กำหนดแรงดันและจุดยึด

6. การตีตาข่ายและคำนวณ

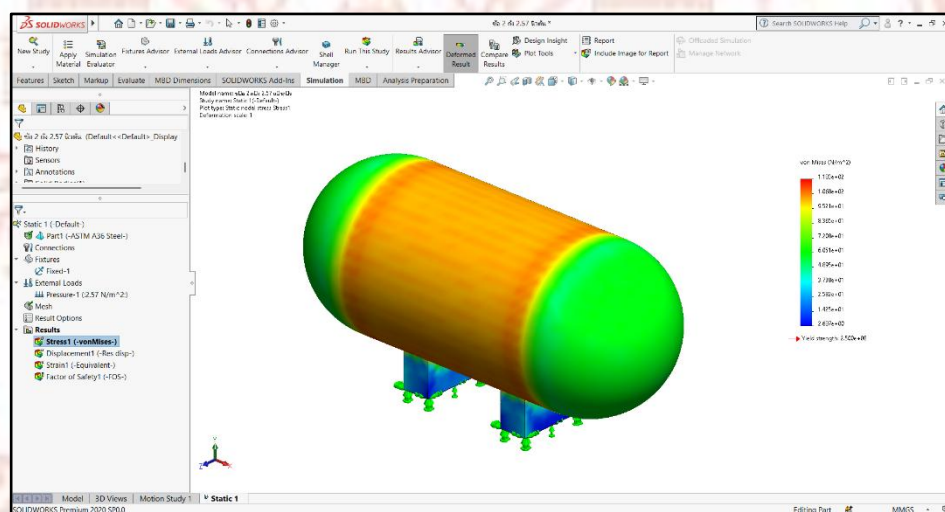
ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการเตรียมโมเดลก่อนการประมวลผลล่วงหน้า การตีตาข่ายเป็นขั้นตอนสำคัญของการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ในบทที่ 2 สำหรับการดำเนินการต่อไปให้ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 คลิกขวาที่ Mesh

6.2 เลือก Mesh and Run ดังในภาพที่ 3-16



ภาพที่ 3-16 การเปิดใช้งานตัวเลือก meshing และ running
 หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 6.1 และ 6.2 แผนผังการศึกษาและหน้าต่างกราฟิกจะปรากฏขึ้น
 ดังแสดงในภาพที่ 3-17



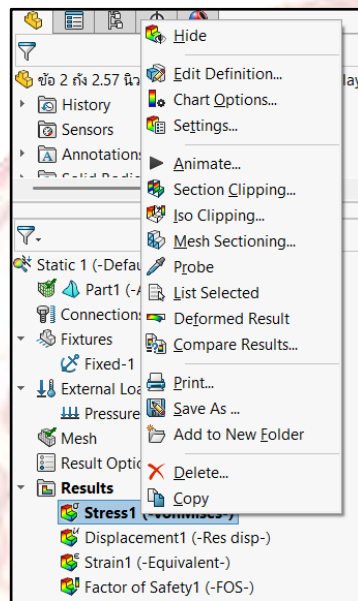
ภาพที่ 3-17 ลักษณะคำอธิบายประกอบของแผนผังศึกษา (a) ผลการจำลองหลังจากเสร็จสิ้น
 ขั้นตอนทั้งหมด (b)

7. การตรวจสอบผลลัพธ์

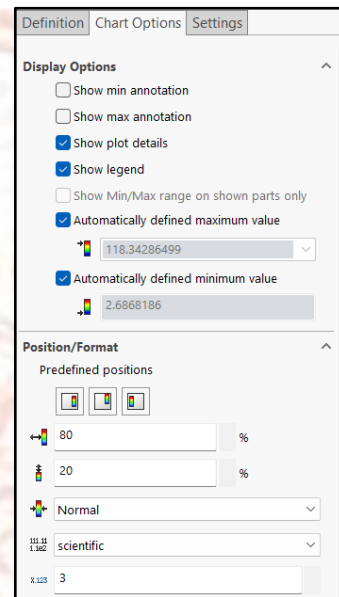
7.1 คลิกโฟลเดอร์ที่ผลลัพธ์ (Results)

7.2 เลือก Stress1 และคลิกที่ Chart Options จะปรากฏหน้าต่าง Stress plot ดังภาพที่

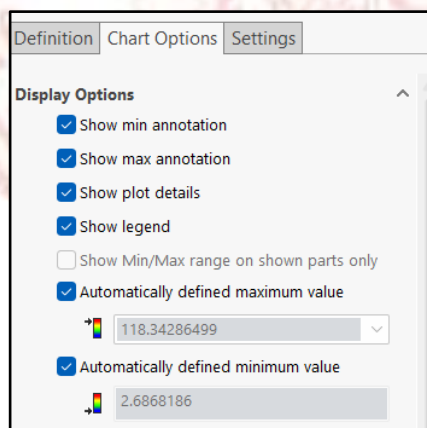
3-18



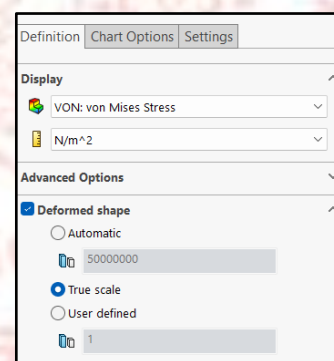
(a)



(b)



(c)



(e)

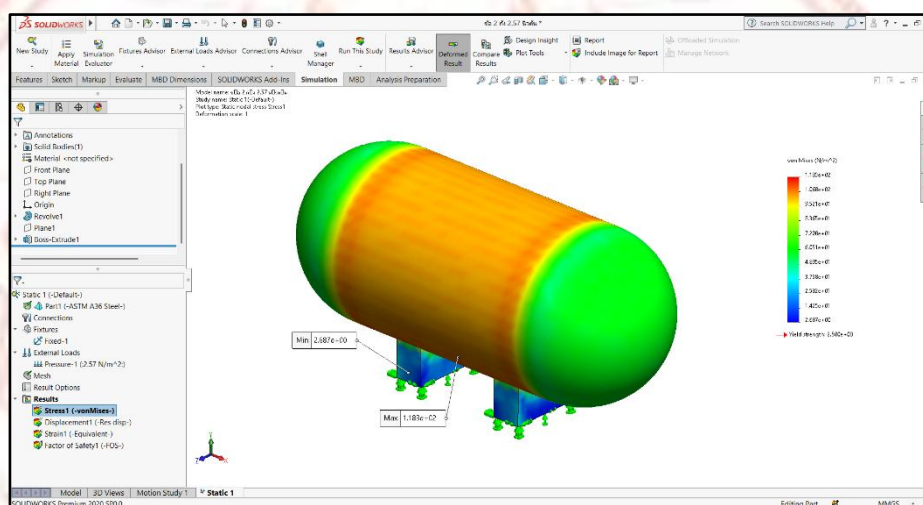
ภาพที่ 3-18 การเลือกตัวเลือกการแสดงผลข้อมูล

7.3 ภายใต้แท็บ Definition ตัวเลือก Display เลือกหน่วย Mpa

7.4 ภายใต้แท็บ Chart Options เลือกตามภาพที่ 3-18 a ขณะที่ยังอยู่ในแท็บ Chart Options ภายใต้ตำแหน่ง/รูปแบบ ให้เปลี่ยนรูปแบบตัวเลขเป็นแบบลอยตัว (Floating) สำหรับการแสดงค่าตัวเลขที่อ่านได้ง่ายขึ้น ภาพที่ 3-18 c

7.5 คลิกตกลง

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 7.1 – 7.5 หน้าต่างกราฟิกจะเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลของข้อมูล ดังภาพที่ 3-19



ภาพที่ 3-19 แสดงผลของข้อมูลของถึงภาชนะรับแรงดัน

บทที่ 4

สรุป

คู่มือเล่มนี้มีเนื้อหาและขั้นตอน การเขียนแบบ ออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และทำให้ผู้ศึกษาคู่มือเล่มนี้ ได้รู้และเข้าใจเกี่ยวกับซอฟต์แวร์ SolidWorks Simulation ซึ่งมีประโยชน์ ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถจำลองและวิเคราะห์พฤติกรรมของชิ้นส่วนหรือการประกอบในขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งช่วยในการประเมินผลกระทบจากแรงต่างๆ เช่น การบิดงอ การบีบอัด หรือการกระแทก ช่วยให้เลือกวัสดุที่เหมาะสมและเพิ่มความแม่นยำในการออกแบบ โดยไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบในโลกจริงก่อน นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดสอบจริง ลดข้อผิดพลาดในการผลิต และสามารถทดสอบสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิหรือความดันในตัวจำลอง ช่วยให้สามารถปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงสุดได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธีรวัฒน์ พรหมลี
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาษาธรรมชาติ ด้วย ระเบียบวิธีฟuzzy logic สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
ประวัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การทำงาน ปัจจุบัน ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง