



การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4

CURRICULUM DEVELOPMENT OF AN ENGINEERING THINKING TO PROMOTE
ENGINEERING HABITS OF MIND FOR MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS

วรวุฒิ แซ่ตั้ง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2567

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

CURRICULUM DEVELOPMENT OF AN ENGINEERING THINKING TO PROMOTE
ENGINEERING HABITS OF MIND FOR MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS



WORAWUT SAETANG

An Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY
(Educational Science & Learning Management)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2024

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4

ของ

วรวิมล แซ่ตั้ง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี) (รองศาสตราจารย์ ดร.พิชิต ฤทธิ์จัญญ)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย สุธาสีโนบล) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ สีเขียว)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	วรวิมล แซ่ตั้ง
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2567
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติชัย สุทธาสินโบล

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อพัฒนาหลักสูตรและหาประสิทธิภาพหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 3) เพื่อศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน เพื่อการพัฒนารายวิชาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงเอกสารและอิงผู้เชี่ยวชาญ ระยะที่ 2 การสร้างหลักสูตร เพื่อการรวบรวมหลักสูตรและประเมินประสิทธิภาพของร่างหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและดัชนีความสอดคล้อง ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร เป็นการนำหลักสูตรไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างสัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 45 นาที เป็นเวลา 7 สัปดาห์ รวมใช้เวลาทั้งสิ้นจำนวน 14 คาบ โดยพิจารณาประสิทธิผลของหลักสูตรจาก 1) จิตินัยวิศวกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรในช่วงเวลาระหว่างเรียน 2) ความตระหนักรู้จิตินัยวิศวกรรมก่อนและหลังการใช้หลักสูตร ระยะที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร ผลการวิจัย พบว่า 1) องค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก 5 องค์ประกอบย่อยและ 21 ตัวบ่งชี้ 2) หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แต่ละองค์ประกอบในหลักสูตรมีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 และองค์ประกอบในหลักสูตรมีความสอดคล้องกัน และ 3) ประสิทธิภาพของหลักสูตรพบว่า นักเรียนมีจิตินัยวิศวกรรมพัฒนาขึ้นในช่วงเวลาระหว่างเรียน ตามองค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้าน และความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินัยวิศวกรรมของตนเองหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การพัฒนาหลักสูตร, การคิดเชิงวิศวกรรม, จิตินัยวิศวกรรม

Title	CURRICULUM DEVELOPMENT OF AN ENGINEERING THINKING TO PROMOTE ENGINEERING HABITS OF MIND FOR MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS
Author	WORAWUT SAETANG
Degree	DOCTOR OF PHILOSOPHY
Academic Year	2024
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Chommanad Cheausuwantavee
Co Advisor	Associate Professor Dr. Kittichai Suthasinobol

This research aimed to develop an engineering thinking curriculum to promote engineering habits of mind for Mathayom 4 students. The objectives are 1) to study the components and indicators of engineering habits of mind for Mathayom 4 students, 2) to develop the curriculum and examine the efficiency of the engineering thinking curriculum to promote engineering habits of mind for Mathayom 4 students, and 3) to study the effectiveness of the engineering thinking curriculum in promoting these habits. The process is divided into 4 phases as follows: Phase 1: Study and synthesize basic data for the development of components and indicators of engineering habits of mind for Mathayom 4 students, using documentary research and expert input. Phase 2: Curriculum creation: Drafting the curriculum and evaluating the effectiveness of the draft curriculum by experts. Data is analyzed using mean, standard deviation, and consistency index. Phase 3: Curriculum trial: The curriculum was applied to a sample group, 2 periods per week, 45 minutes per period, for 7 weeks, totaling 14 periods. The effectiveness of the curriculum was considered from 1) the development of students' engineering habits of mind during the use of the curriculum, 2) the awareness of engineering habits of mind before and after the use of the curriculum. Phase 4: Evaluation and Curriculum Improvement. The research results found that 1) the components and indicators of engineering habits of mind for Mathayom 4 students consisted of 3 main components, 5 sub-components and 21 indicators. 2) The engineering thinking course to promote engineering habits of mind for Mathayom 4 students, was rated from very appropriate to the most appropriate, with a mean of 4.32 and a standard deviation of 0.69, and the components in the curriculum were consistent. 3) The effectiveness of the curriculum showed development in engineering habits of mind during the study period according to the 3 engineering habits of mind components, and their awareness of their engineering habits of mind after using the curriculum was significantly higher than before using the curriculum at a statistical level of .05.

Keyword : curriculum development, engineering thinking, engineering habits of mind

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย สุทธิโนบล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ท่านทั้งสอง ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา อีกทั้ง รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา แยมรุ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โพธิ์ศรีทอง ผู้สร้างแรงบันดาลใจในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ทั้งยังแนะนำการจัดทำงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วารี กงประเวชนนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษงค์ จันทินะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุศิษฐ์ ทองนำ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ รัชพันธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิพล ธาราธิ์ เศรษฐ์ อาจารย์ ดร.โอภาส สุขหวาน อาจารย์จรรยา ศรีแจบไธสง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด รองศาสตราจารย์ ดร.จินดิษฐ์ ละอองปักสิน อาจารย์ ดร. สุณิสา สุมิรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข และรองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา แยมรุ่ง ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินสยวิศวรรม

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วารี กงประเวชนนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญญาศา แซ่หล่อ อาจารย์ ดร.โอภาส สุขหวานและรองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา แยมรุ่งผู้ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และตรวจแก้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต ฤทธิ์จรูญ ประธานสอบปากเปล่า รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ สีเขียว กรรมการสอบปากเปล่า ผู้ได้ที่ได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและขอขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาคณิตศาสตร์ ที่คอยให้กำลังใจและให้ความสะดวกต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีและขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเอกคณิตศาสตร์-วิศวรรมที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัว เพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจข้าพเจ้าเสมอมา ผู้วิจัยหวังอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จักเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรบุคคลซึ่งถือเป็นทรัพยากรอันมีค่ายิ่งต่อประเทศไทย คุณค่าอันเกิดจากงานวิจัยนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาคุณบิดา มารดา ตลอดจนครูผู้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย ตั้งแต่เบ็องต้น จนถึงปัจจุบัน

วรวิมล แซ่ตั้ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	๗
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
คำถามของการวิจัย.....	8
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	8
ความสำคัญของการวิจัย	8
ขอบเขตของการวิจัย	9
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	9
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	9
ตัวแปรที่ศึกษา	9
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	9
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	10
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	10
สมมติฐานการวิจัย.....	17
กรอบแนวความคิดของการวิจัย	17
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19

1. แนวคิดและหลักการเกี่ยวกับจิตินิสัยวิศวกรรม	20
1.1 ที่มาของความหมายของการคิดเชิงวิศวกรรมและจิตินิสัยวิศวกรรม	20
1. การคิด	20
1.1 ความหมายของการคิด	20
1.2 ประเภทของการคิด	21
1.3 ลำดับขั้นการคิด	21
2. วิศวกรรม	24
2.1 ความหมายของวิศวกรรม	24
2.2 การออกแบบเชิงวิศวกรรม	25
3. จิตินิสัย	27
3.1 ความหมายของจิตินิสัย	27
3.2 องค์ประกอบของจิตินิสัย	29
1.2 องค์ประกอบของจิตินิสัยวิศวกรรม	33
1. องค์ประกอบของจิตินิสัยวิศวกรรม	33
2. การดำเนินการของจิตินิสัยวิศวกรรม	39
3. คุณลักษณะของผู้เรียนสาขาวิศวกรรม	42
1.3 การวัดและประเมินผลจิตินิสัยวิศวกรรม	48
1.4 แนวทางการส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรม	66
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจิตินิสัยวิศวกรรม	72
2. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร	75
2.1 ความหมายของหลักสูตร	75
2.2 องค์ประกอบของหลักสูตร	77
2.3 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตร	83

2.4 การประเมินหลักสูตร	90
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตร	92
3. แนวคิดเกี่ยวกับการกำหนดสมรรถนะของนักเรียน	94
4. แนวคิดเกี่ยวกับปรัชญาการศึกษาและทฤษฎีการเรียนรู้	97
4.1 ปรัชญาการศึกษา	97
4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้	101
5. แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมในระดับมัธยมศึกษา	106
5.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิศวกรรม	107
5.2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้วิศวกรรม	111
5.3 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม	114
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	118
ระยะที่ 1: การศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Research (R_1))	121
ระยะที่ 2_การสร้างหลักสูตรและหาประสิทธิภาพของหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_1))	132
ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรและหาประสิทธิผลของหลักสูตร : (การวิจัย Research (R_2))	145
ระยะที่ 4: การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_2))	147
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	149
ตอนที่ 1 : ผลการศึกษาของค้ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	149
ตอนที่ 2 : ผลการพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	155
ตอนที่ 3 : ผลการศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	175

ตอนที่ 4 : ผลการปรับปรุงหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	180
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	182
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	182
วิธีดำเนินการวิจัย	182
สรุปผลการวิจัย	183
การอภิปรายผล	192
ข้อเสนอแนะในการนำหลักสูตรไปใช้	198
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	199
บรรณานุกรม	200
ภาคผนวก	209
ภาคผนวก ก	210
ภาคผนวก ข	214
ภาคผนวก ค	302
ภาคผนวก ง	343
ประวัติผู้เขียน	372

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 แสดงโครงสร้างเนื้อหากิจกรรมการเรียนรู้.....	10
ตาราง 2 ตารางองค์ประกอบคุณลักษณะจิตนิสัยตามแนวคิดของคอสตา	30
ตาราง 3 ตารางแสดงคำตอบของคำถามข้อที่ 1 (Q_1)	44
ตาราง 4 ตารางแสดงคำตอบของคำถามข้อที่ 2 (Q_2)	45
ตาราง 5 ตารางแสดงคำตอบของคำถามข้อที่ 3 (Q_3)	46
ตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบแบบสำรวจเกี่ยวกับมุมมองความสามารถในการแก้ปัญหาเชิง วิศวกรรม	47
ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินทักษะการคิดทางวิศวกรรม	54
ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินทักษะการคิดเชิงวิศวกรรม	56
ตาราง 9 ตารางแสดงแนวคิดของปรัชญาการศึกษา (ปรับปรุงจาก พระวิทยา ญาณเวที 2563)..	98
ตาราง 10 ตารางโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้	123
ตาราง 11 รายละเอียดหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหาของหลักสูตร	134
ตาราง 12 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมที่ผู้วิจัยศึกษาจาก เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมหลังจากแก้ไขตามคำแนะนำ ของผู้เชี่ยวชาญ	150
ตาราง 13 แสดงองค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อยและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	152
ตาราง 14 กิจกรรมการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	160
ตาราง 15 แสดงรายละเอียดโครงสร้างรายวิชา.....	162
ตาราง 16 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4	164
ตาราง 17 แสดงโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้.....	173

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินจิตินัยวิศวกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ในภาพรวมของนักเรียนระหว่างเรียน 7 กิจกรรม	175
ตาราง 19 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินัยวิศวกรรมของตนเองใน ภาพรวมของนักเรียนทั้งชั้นเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร	179
ตาราง 20 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก	344
ตาราง 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบย่อย	344
ตาราง 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของตัวบ่งชี้	344
ตาราง 23 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อยและตัว บ่งชี้จิตินัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	346
ตาราง 24 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินัย วิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	347
ตาราง 25 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิง วิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	349
ตาราง 26 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อ ส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	351
ตาราง 27 แสดงผลการประเมินภาพรวมของนักเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อ ส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม	352
ตาราง 28 แสดงผลการประเมินจิตินัยวิศวกรรมของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิง วิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม ด้านความรู้	353
ตาราง 29 แสดงผลการประเมินจิตินัยวิศวกรรมของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิง วิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม ด้านทักษะ	354
ตาราง 30 แสดงผลการประเมินจิตินัยวิศวกรรมของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิง วิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม ด้านคุณลักษณะ	355
ตาราง 31 แสดงผลการประเมินภาพรวมทุกองค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมของนักเรียนรายบุคคล (คะแนนเต็ม 65 คะแนน)	356

ตาราง 32 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านความรู้ (คะแนนเต็ม 9 คะแนน).....	359
ตาราง 33 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านทักษะ (คะแนนเต็ม 29 คะแนน).....	363
ตาราง 34 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนรายบุคคล ด้านคุณลักษณะ (คะแนนเต็ม 27 คะแนน)	366
ตาราง 35 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร ด้านความรู้	369
ตาราง 36 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร ด้านทักษะ	370
ตาราง 37 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร ด้านคุณลักษณะ	370

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	18
ภาพประกอบ 2 : กระบวนการภายในสมอง 6 ระดับของ New Taxonomy.....	23
ภาพประกอบ 3 ผังมิติแห่งการเรียนรู้	28
ภาพประกอบ 4 Engineering Habit of Mind.....	37
ภาพประกอบ 5 Optimising Problem Solving (OPS) Pentagon.....	42
ภาพประกอบ 6 The Structure of the Project evaluation system.....	49
ภาพประกอบ 7 แสดงโมเดลการจัดการสอนตามฐานสมรรถนะระยะที่ 1 – 3	59
ภาพประกอบ 8 กระบวนการและการถ่ายโอนการบูรณาการความรู้ ทักษะและคุณลักษณะไปสู่ การพัฒนาสมรรถนะ	61
ภาพประกอบ 9 PDSA Cycle (Plan-Do-Study-Act).....	70
ภาพประกอบ 10 Oliva Model.....	81
ภาพประกอบ 11 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ (ปรับปรุงจาก วิชัย วงษ์ใหญ่. 2544: 44)	84
ภาพประกอบ 12 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของทาบา (ปรับปรุงจาก วิชัย วงษ์ใหญ่. 2544: 50)	85
ภาพประกอบ 13 กระบวนการวางแผนพัฒนาหลักสูตร (ปรับปรุงจาก Saylor & Alexander. 1974: 27).....	86
ภาพประกอบ 14 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา (ปรับปรุงจาก Oliva. 2005:)	87
ภาพประกอบ 15 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรและการสอนของ วิชัย วงษ์ใหญ่.....	89
ภาพประกอบ 16 สมรรถนะหลัก 6 ประการ	95
ภาพประกอบ 17 กระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Klausmeier, 1985: 105).....	102
ภาพประกอบ 18 นักเรียนกำลังทำกิจกรรมต่อหอคอย	115

ภาพประกอบ 19 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	116
ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร	120
ภาพประกอบ 21 แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม.....	136
ภาพประกอบ 22 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิต นิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	181



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

Concept การคิด หรือ แนวทางความคิด เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มนุษย์เกิดการพัฒนาในด้านต่างๆ ตั้งแต่อดีตสู่ปัจจุบัน เช่น ด้านสังคมและวัฒนธรรม ด้านความรู้วิทยาการสมัยใหม่ รวมไปถึงด้านเทคโนโลยี เป็นต้น โดยแนวทางความคิดของมนุษย์นี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ทำให้สามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจในด้านต่าง ๆ ตามลักษณะของแนวความคิดที่มีอย่างหลากหลายได้อย่างเหมาะสม เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ตลอดชีวิต (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ , 2556, น. 5 - 6) ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์นั้น เป็นวิชาพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาแนวทางความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์เกิดความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล สามารถวิเคราะห์ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ และนำไปสู่ขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้นและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, น. 56) และแผนพัฒนาการศึกษาฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) กล่าวไว้ว่า “การพัฒนาคน” ให้มีการเตรียมความพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 การเตรียมความพร้อมของคนในขั้นต้นก็คือแนวความคิดที่ต้องสอนและถ่ายทอดให้กับผู้คน เพราะแนวความคิดที่ดีจะสามารถย่นระยะเวลาในการพัฒนาให้น้อยลงได้มากกว่าการศึกษาด้วยตนเอง และการเสริมสร้างแนวความคิดที่เอื้อต่อการพัฒนาคุณภาพของคน จะส่งผลในด้านการพัฒนาประเทศได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559, น. 10)

แนวทางความคิดที่มนุษย์เราได้สั่งสมและค้นคว้ามานานนับปี ได้ถูกนำมาพัฒนาและประยุกต์ให้เข้ากับศาสตร์ในหลาย ๆ แขนง ซึ่งผู้ที่สามารถใช้แนวความคิดในศาสตร์นั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะกลายเป็นผู้เชี่ยวชาญในศาสตร์นั้น ๆ โดยผลสัมฤทธิ์ของผู้เชี่ยวชาญในด้านนั้นสามารถเห็นได้จากผลงานที่ทำจากอาชีพของคน ๆ นั้น เช่น อาชีพวิศวกร วิศวกรเป็นอาชีพที่มีแนวความคิดในการทำงานที่เป็นเอกลักษณ์เมื่อเทียบกับหลาย ๆ อาชีพและเป็นอาชีพที่เป็นที่ต้องการของตลาดแรงงานเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนความเจริญก้าวหน้าทั้งระดับองค์กรไปจนถึงระดับประเทศ ถึงแม้ทิศทางของตลาดแรงงานโลกจะมีความต้องการบุคลากรทางวิศวกรรมในจำนวนที่สูงขึ้น แต่ผู้ที่สามารถจบการศึกษาระดับปริญญาตรีในสถาบันอุดมศึกษา (Bachelor's Degree) ซึ่งเป็นวุฒิการศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับผู้ประกอบอาชีพวิศวกรรมได้ กลับมีทักษะหรือความสามารถทางวิศวกรรมไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ดังนั้น เพื่อให้นักเรียนสาขาวิศวกรรมได้มีทักษะความสามารถทางวิศวกรรมที่ดีและสามารถเป็นวิศวกรที่มีคุณภาพและพัฒนาตนเองต่อไป

ได้ หลักสูตรการเรียนการสอนวิศวกรรมระดับอุดมศึกษาหรือระดับปริญญาตรีจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้นักเรียนสาขาวิศวกรรมเป็นวิศวกรในอนาคตที่ดีได้ วัดและคณะ (Waks, Trotskovsky, Sabag, & Hazzan, 2011, p. 8434-8437) ได้เสนอแนวคิดในการวางแผนการศึกษาวิศวกรรมไว้ว่า การศึกษาวิศวกรรมนั้นควรมีการพิจารณาหลักสูตรฝึกอบรมแนวคิด หรือการเรียนรู้ปรับพื้นฐานแนวความคิดสำหรับนักเรียนเตรียมวิศวฯ หรือนักศึกษาระดับปริญญาตรีปีที่ 1 เพื่อลดช่องว่างระหว่างความรู้และความต้องการของตลาดแรงงาน และเพื่อให้การช่วยเหลือนักศึกษาเข้าใจความเปลี่ยนแปลงจากการเรียนในห้องสู่การทำงานในสถานที่จริง ลูคัสและแฮนสัน (Lucas & Hanson, 2016, p 4-13) ได้กล่าวว่าแนวความคิดและทักษะทางวิศวกรรมที่ได้จากการเรียนในระดับปริญญาตรีนั้นไม่เพียงพอและซ้ำเกินไปสำหรับการปลูกฝังทักษะนั้น และได้เสนอแนวคิดว่าควรปลูกฝังทักษะการคิดพื้นฐานเชิงวิศวกรรมตั้งแต่อายุน้อยจะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากกว่า นอกจากนี้ ลูคัสและคณะ (Lucas, Claxton, & Hanson, 2014, p. 31-32), (Lucas & Hanson, 2017, p. 8-9) ได้รายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีความต้องการที่จะมุ่งไปสู่สายอาชีพวิศวกรรมว่า การปลูกฝังความคิดเชิงวิศวกรรมพื้นฐานให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาสามารถทำได้ จากการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้เกิดแนวความคิดและทักษะทางวิศวกรรมขั้นพื้นฐานกับโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการ แสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางความคิดของนักเรียนจากโรงเรียนที่เข้าร่วมการจัดการเรียนการสอนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เข้าร่วมอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการวิจัยนี้จึงสามารถอธิบายได้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้เกิดแนวความคิดและทักษะทางวิศวกรรมขั้นพื้นฐานตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษา นั้นมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาด้านความคิดทางวิศวกรรม

ปัจจุบันมีการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสในการค้นพบตนเองมากขึ้นจากการจัดการศึกษาโดยการแบ่งเป็นแผนการเรียนเฉพาะทางในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งการปลูกฝังทักษะที่จำเป็นต่อการศึกษาในสายวิชาเฉพาะจึงเริ่มเข้ามามีบทบาทในการจัดการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักการศึกษาและนักทฤษฎีหลายท่านกล่าวถึงการสร้างทฤษฎีและวิธีการต่าง ๆ ในการปลูกฝังทักษะการคิด รวมถึงมีงานวิจัยหลายชิ้นที่สร้างแนวคิดในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องควบคู่ไปกับการปลูกฝังทักษะทางความคิดในสายอาชีพต่างๆ หนึ่งในนั้นคือ ทักษะความคิดเชิงวิศวกรรม (Engineering Thinking) ซึ่งเป็นวิธีการคิดในรูปแบบของวิศวกรที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาจากความรู้ที่มีสู่การประยุกต์และคิดสร้างสรรค์จนเกิดเป็นวิธีการที่นำไปใช้ได้จริง (M. Lammi, Denson, & Asunda, 2018, p. 5); (M. D. Lammi, Wells, & Gero, 2022, p. 311-331); (Jaradat et al., 2019); (Eitelberg, 1991); (Waks et al., 2011, p.8434-8437);

(Winn, Lewis, & Curtis, 2008, p. 493-498) ซึ่งประกอบด้วยหลักการคิดดังนี้ 1) เป้าหมาย (Aims) ตั้งปัญหาเพื่อเป็นเป้าหมายในการแก้ปัญหาในขั้นต้น 2) ความรู้และเครื่องมือที่มี (Knowledge and Tools) สำนวญความรู้และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา 3) ความคิด (Thinking) เป็นขั้นการคิดเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหาจากสิ่งที่มีคือความรู้และเครื่องมือที่ได้จากการสำนวนในขั้นที่ 2 โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาคือ 4) สภาพแวดล้อม (Environment) การแก้ปัญหาคงจะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการลงมือแก้ปัญหา เพราะเครื่องมือหรือการแก้ปัญหาลงอย่างอาจไม่สามารถแก้ได้ถ้าอยู่ในโลกความเป็นจริง 5) แรงจูงใจแห่งความสำเร็จ (Motivation of Success) ในการแก้ปัญหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จอีกประการก็คือแรงจูงใจซึ่งส่งผลแก่ผู้แก้ปัญหามาก

สังคมโลกในปัจจุบันนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วซึ่งส่งผลต่อทักษะและความรู้โดยตรงด้วยแล้ว ฉะนั้น วิธีการในการปรับตัวและวิธีการในการเรียนรู้ตลอดเวลาจนเป็นความเคยชินหรือจิตนิสัย (Habits of Mind) จึงสมควรได้รับการปลูกฝังอย่างเร่งด่วนสำหรับนักเรียนในปัจจุบันนี้เพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ศตวรรษใหม่ คอสตาและแคลลิก (A. Costa & Kallick, 2000a, p. 1796; A. L. Costa & Kallick, 2000b, p. 36-38) ได้นิยามคุณลักษณะที่จำเป็นในการเรียนรู้ทั้งหมด 16 ประการซึ่งเป็นคุณลักษณะที่พึงมีในมนุษย์สำหรับการเรียนรู้ด้านต่างๆ โดยคุณลักษณะจิตนิสัยในการเรียนรู้ดังกล่าวได้ถูกนำไปประยุกต์รวมกับศาสตร์การเรียนรู้ในแขนงต่างๆ เช่น ลักษณะนิสัยของวิศวกร ลูคัสและแฮนสัน (Lucas & Hanson, 2016, p.6); (Lucas & Hanson, 2017, p.4) ได้อธิบายเอาไว้ว่าลักษณะความคิดที่เคยชินหรือจิตนิสัยที่พึงประสงค์ของวิศวกรมีทั้งหมด 6 ประการดังนี้ 1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systems-Thinking) เป็นการคิดแบบเป็นขั้นเป็นตอนและคิดสมมติฐานบนพื้นฐานที่เป็นเหตุเป็นผล 2) การค้นหาปัญหา (Problem-Finding) เป็นการค้นหาลักษณะที่เป็นปัญหาที่ต้องการตรวจสอบ การค้นหาความกระจ่างจากสิ่งที่ไม่แน่ใจ 3) การนำเสนอ (Visualising) เป็นการทำให้ความคิดที่เป็นนามธรรมออกมาเป็นรูปธรรมให้มากที่สุดโดยผ่านการนำเสนอหรือถ่ายทอดให้เห็นทางภาพ 4) การปรับปรุงสิ่งที่มี (Improving) เป็นทำให้สิ่งที่มีหรือวิธีการแก้ปัญหาเดิมมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือการไม่ลดละที่จะแก้ปัญหาลงมือทำ เช่น การสังเกตภาพ การออกแบบขั้นตอนอย่างคร่าวๆ 5) การสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหา (Creative Problem-Solving) เป็นการประยุกต์สิ่งที่มีหรือการคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาใหม่จากการสังเกตหรือการสรรหาวิธีการของคนอื่นและนำมาประยุกต์ในงาน 6) การตรวจสอบประสิทธิผลของคำตอบ (Adapting) หลังจากทีลงมือแก้ปัญหาลงแล้วให้ตรวจสอบผลของการ

แก้ปัญหาและวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา และเพื่อประเมินว่าสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้หรือไม่

เนื่องด้วยโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) เป็นโรงเรียนที่มีนโยบายการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning และความเป็นพหุปัญญา (Multiple Intelligences) ในตัวผู้เรียน จึงทำให้เกิดการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนในสาขาวิชาที่ตนเองถนัด จนเกิดเป็นวิชาเอกทั้งหมด 28 วิชาเอก (โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ปี พ.ศ. 2563) หนึ่งในนั้นก็คือวิชาเอกคณิตศาสตร์ – วิศวกรรม (Major of Mathematics Engineer : ME) ซึ่งมีเป้าหมายในการส่งเสริมความถนัดและความสามารถทางด้านวิศวกรรม ซึ่งรายละเอียดของหลักสูตร ME นั้นนักเรียนจะได้รับการปูพื้นฐานเนื้อหารายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนสาขาวิศวกรรมในระดับอุดมศึกษา เช่น การเขียนโปรแกรม ปฏิบัติการงานช่างพื้นฐาน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เป็นต้น ถึงอย่างนั้นการจัดการเรียนรู้อาจจะยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เพราะว่านักเรียนที่เรียนในวิชาเอกนี้ มีเป้าหมายในการเรียนในระดับอุดมศึกษาในสาขาวิชาอื่นที่ไม่เกี่ยวกับสาขาวิชาวิศวกรรมที่เรียนมาในช่วงมัธยมศึกษาตอนปลาย อ้างอิงจากนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่จบมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปีการศึกษา 2563 มีนักเรียนจำนวน 8 คนจาก 26 คนที่ไม่เข้าศึกษาต่อในสาขาวิศวกรรม คิดเป็นร้อยละ 30 และนักเรียนที่จบมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปีการศึกษา 2564 มีนักเรียนจำนวน 10 คนจาก 25 คนที่ไม่เข้าศึกษาต่อในสาขาวิศวกรรม คิดเป็นร้อยละ 40 จากตัวเลขที่แสดงถึงร้อยละของนักเรียนที่ไม่เข้าศึกษาต่อในสาขาวิศวกรรมนั้นมีมากถึงร้อยละ 30 – 40 ของจำนวนนักเรียนในแต่ละปีที่เรียนในวิชาเอกนี้ ทำให้เกิดข้อสงสัยว่าหลักสูตรวิศวกรรมนี้ขาดการปลูกฝังเรื่องความคิดไปหรือไม่ ทำให้นักเรียนเสียโอกาสในการเรียนเพราะการเลือกเรียนในสาขาวิชาที่ไม่ตรงกับแผนการเรียน จะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของเวลาที่ต้องใช้ในการเรียนเป็นการสูญเปล่าทางการศึกษา เนื่องจากหลักสูตรวิศวกรรมมีแนวคิดพื้นฐานคือการจัดการวิชาเรียนให้มีหน่วยกิจเพียงพอต่อการสอบเข้าเรียนต่อระดับอุดมศึกษาตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด ประกอบไปด้วยรายวิชาบังคับที่เกี่ยวข้องกับการเรียนต่อในสาขาวิศวกรรม เช่น คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี เป็นต้น ประกอบกับหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมของสถานศึกษาที่เพิ่มเสริมให้กับนักเรียน เช่น พื้นฐานทางวิศวกรรม ความถนัดทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นการเสริมสร้างทักษะทางวิศวกรรมให้กับนักเรียนตามความถนัดของผู้เรียน แต่เป็นวิชาที่นักเรียนได้ทราบถึงวิธีการเฉพาะสาขาวิชาที่เรียน ส่งผลให้นักเรียนจะใช้ความรู้ที่ได้ตามสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับวิชาที่เรียนเท่านั้น ซึ่งทำให้นักเรียนเห็นว่าหากต้องการเป็นวิศวกรที่ดี นั่นคือการศึกษาให้ครบทุก

ศาสตร์ทุกวิชาที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมที่มีอย่างกว้างขวางและหลากหลาย อาจทำให้นักเรียนเกิดความท้อแท้ในการศึกษาและตัดสินใจไปเลือกเรียนในแผนการเรียนอื่นที่มีวิธีการคิดที่เจาะจงไม่หลากหลายแต่สามารถใช้งานได้หลากหลาย เช่น เศรษฐศาสตร์ หรือ การเงิน เป็นต้น ดังนั้นหลักสูตรวิศวกรรมที่มีเพียงรายวิชาพื้นฐานวิศวกรรมที่เสริมสร้างให้กับนักเรียนอย่างเจาะจงจึงไม่สามารถตอบโจทย์การผลิตบุคลากรทางสายวิศวกรรมในอนาคตได้ นอกจากการส่งเสริมทางด้านทักษะฝีมือแล้วจำเป็นต้องส่งเสริมความคิดทางด้านวิศวกรรมด้วย จะเห็นได้ว่าในหลักสูตรวิศวกรรมยังไม่มีรายวิชาที่ส่งเสริมแนวความคิดเชิงวิศวกรรมพื้นฐานให้กับนักเรียน ฉะนั้นในหลักสูตรวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจึงควรหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมให้แก่นักเรียนด้วย

จากโครงสร้างการศึกษาของประเทศไทย นักเรียนจะมีโอกาสได้เลือกเรียนในแผนการเรียนที่เหมาะสมกับความถนัดของตนได้ตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ดังนั้น กลุ่มประชากรใหญ่ของงานวิจัยชิ้นนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้กำหนดกลุ่มประชากรให้มีขนาดที่แคบลง คือกำหนดกลุ่มประชากรที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพราะว่า นักเรียนส่วนใหญ่ที่รู้สึกไม่ชอบหรือไม่มีความถนัดในแผนการเรียนที่เลือก จะตัดสินใจเปลี่ยนแผนการเรียนของตนเองที่หลังจากจบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กล่าวคือนักเรียนที่ผ่านการเรียนในหลักสูตรวิศวกรรมมาแล้ว 1 ปี แล้วไม่เปลี่ยนแผนการเรียนนั้นยังคงมีความชอบในสาขาวิศวกรรมอยู่ ทำให้การเลือกพัฒนาที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จะเป็นการเติมเต็มนักเรียนและเป็นการเน้นย้ำความมุ่งมั่นของนักเรียนในการเข้าศึกษาในสาขาวิศวกรรมต่อไป ดังนั้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จึงเป็นระดับชั้นที่เหมาะสมที่สุด และจากการศึกษาโรงเรียนที่มีหลักสูตรการสอนวิศวกรรมในหลาย ๆ โรงเรียน พบว่าแต่ละโรงเรียนไม่มีหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียน

จากการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาที่มีหลักสูตรวิชาเอกวิศวกรรมหรือเตรียมวิศวกรรม พบว่า หลักสูตรจะมุ่งเน้นที่การเสริมสร้างทักษะทางวิศวกรรมแต่ขาดการปลูกฝังจิตนิสัยวิศวกรรม จึงเกิดเป็นข้อสันนิษฐานว่า จากการที่หลักสูตรของแผนการเรียนวิศวกรรมยังขาดรายวิชาที่ปลูกฝังแนวความคิดเชิงวิศวกรรมพื้นฐาน อาจจะทำให้ผู้เรียนไม่สัมผัสถึงบทบาทการเป็นวิศวกร ทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสได้รับการส่งเสริมแนวความคิดหรือการปลูกฝังเจตคติที่ดีต่อสาขาวิชาวิศวกรรมหรือไม่ และหากนักเรียนที่เรียนในหลักสูตรวิศวกรรมไม่ได้รับการปลูกฝังแนวความคิดเชิงวิศวกรรมพื้นฐานแล้ว จะส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านวิศวกรรมช้ากว่านักเรียนที่ได้เรียนในรายวิชาที่ส่งเสริมแนวคิดเชิงวิศวกรรมหรือไม่ ฉะนั้นแล้วหลักสูตรสำหรับวิชาเอก ME นี้ควรมีรายวิชาที่

ส่งเสริมแนวความคิดเชิงวิศวกรรมพื้นฐานอยู่ในหลักสูตรด้วย เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สัมผัสถึงบทบาทหน้าที่ของวิศวกรในเบื้องต้น เพื่อการปูพื้นฐานให้นักเรียนได้เข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมและเพื่อเป็นการปลูกฝังเจตคติที่ดีที่มีต่อวิชาชีพวิศวกร และเนื่องจากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกโดยเฉพาะทางด้านเทคโนโลยี ผู้เรียนยังต้องมีความสามารถทางด้านเทคโนโลยีที่มากขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อนักเรียนวิชาเอกวิศวกรรมที่ต้องรู้เท่าทันเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทุกวัน และอาจเป็นผู้ที่สามารถสร้างนวัตกรรมเปลี่ยนโลกได้ในอนาคต ดังนั้นทักษะการคิดที่เกี่ยวกับวิศวกรรมจึงมีความจำเป็นสำหรับนักเรียนวิชาเอกวิศวกรรมหรือนักเรียนที่ศึกษาในแผนการเรียนวิศวกรรม และเพื่อเป็นการฝึกฝนแนวความคิดเชิงวิศวกรรมที่ได้รับจากการเป็นวิศวกรในอนาคต การปลูกฝังวิถีคิดเชิงวิศวกรรม และการทำจนเป็นจิตนิสัยจึงผนวกกันเป็น จิตนิสัยวิศวกรรม (Engineering Habits of Mind) (Lucas & Hanson, 2016, p.6); (Lucas & Hanson, 2017, p.4); (Hanson, Hardman, Luke, Maunders, & Lucas, 2018, p.7); (Schucker, Mcvee, Jarmark, & Shanahan, 2024, p.38-39); (Lippard, Lamm, Tank, & Choi, 2019, p.187-189) การคิดนั้นนอกจากจะเป็นการคิดที่ทำให้วิศวกรคิดแก้ปัญหาต่างๆ อย่างเป็นระบบแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาทักษะทางวิศวกรรมของตนเองได้อีกด้วย เช่น การคิดเพื่อพัฒนาคำตอบจากวิธีการแก้ปัญหาเดิม หรือแม้กระทั่งการทำงานเป็นทีม และการสอนให้มีคุณลักษณะของผู้เรียนสาขาวิชาวิศวกรรม และจะมีประสิทธิภาพมากเมื่อผู้เรียนได้รับการปลูกฝังการคิดนี้ตั้งแต่อายุยังน้อย จะทำให้นักเรียนมีทักษะการคิดที่เป็นระบบในแบบวิศวกรและทักษะการคิดนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายและใช้ในชีวิตรประจำวันได้แม้ว่านักเรียนจะไม่ได้เป็นวิศวกร ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดสมรรถนะที่เหมาะสมในศตวรรษที่ 21 ซึ่งทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมจะส่งผลให้นักเรียนเกิดสมรรถนะด้านการคิดได้ แต่ถึงอย่างไรหากนักเรียนมีทักษะความสามารถทางวิศวกรรมที่ดีแต่ไม่สนใจศึกษาต่อในแผนการเรียนที่ตรงกันแล้ว อาจหมายถึงนักเรียนขาดการเสริมสร้างทางด้านบทบาทที่มีต่อวิชาชีพวิศวกร ทำให้นักเรียนรู้สึกไม่แตกต่างจากการเรียนในแผนการเรียนอื่น ๆ นอกจากนี้ความตระหนักรู้ต่อตนเองยังเป็นส่วนหนึ่งของทักษะชีวิตในด้านการใส่ใจตนเอง หากนักเรียนตระหนักถึงความสามารถของตนเองจะสามารถช่วยให้นักเรียนมีข้อมูลในการพัฒนาตนเองในด้านที่ตนเองถนัดต่อไปได้ ดังนั้น หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจะปลูกฝังเรื่องการคิดแล้ว จะส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ทางวิศวกรรมที่มีมา

ประยุกต์เพื่อตอบปัญหาในแบบของวิศวกร เพื่อให้นักเรียนเกิดคุณลักษณะที่ดีต่อวิชาชีพวิศวกรอีกทางหนึ่งด้วย

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้ ผู้วิจัยหวังว่าจะช่วยให้เกิดการพัฒนาการศึกษาและการวางรากฐานการศึกษาสำหรับนักเรียนสาขาวิชาเอกวิศวกรรมของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) หรือนักเรียนที่เรียนในแผนการเรียนวิศวกรรมของโรงเรียนหรือสถานศึกษาอื่น ๆ ทั่วประเทศไทย ให้มีพื้นฐานและทักษะที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อในสาขาวิศวกรรมระดับอุดมศึกษาได้ และเพื่อเป็นแนวทางการในการจัดการศึกษาแก่นักเรียนที่มีความถนัดในแผนการเรียนวิศวกรรม เป็นแนวทางสำหรับการสร้างหลักสูตรเพื่อส่งเสริมหรือพัฒนาการศึกษาในสาขาวิศวกรรม เพื่อเป็นการปลูกฝังทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยให้นักเรียนเกิดคุณลักษณะของผู้เรียนสาขาวิชาวิศวกรรม และเลือกที่จะต่อยอดความรู้ในสาขาวิชาวิศวกรรมอย่างที่ไม่เปลี่ยนใจไปเรียนในสาขาอื่น เพราะทรัพยากรทางบุคคลที่ได้รับการปลูกฝังและฝึกฝนความรู้มาเป็นเวลานานย่อมมีคุณภาพและความเชี่ยวชาญที่ดีกว่า ดังที่ชูลแมน (Shulman, 2005) กล่าวไว้เรื่องการจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริมความเชี่ยวชาญเฉพาะ (Signature Pedagogy)

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนในสาขาวิชาเอกวิศวกรรม โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื่องด้วยเหตุผลของการปลูกฝังจิตนิสัยที่ดีควรเริ่มต้นตั้งแต่อายุยังน้อยจะส่งผลที่ดี และด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นนักเรียนชั้นแรกที่ได้เริ่มเรียนในสาขาวิชาเอกที่ตนเองสนใจเป็นครั้งแรกเมื่อเทียบกับการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จะส่งผลให้นักเรียนมีความมุ่งมั่นไปสู่สาขาวิชาเอกวิศวกรรมระดับอุดมศึกษามากขึ้นและจำนวนนักเรียนที่เปลี่ยนสาขาวิชาเอกมีจำนวนที่ลดลง และเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีจิตนิสัยวิศวกรรมและความตระหนักรู้ต่อตนเองที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตในสายอาชีพวิศวกรต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 มีองค์ประกอบและตัวบ่งชี้
อย่างไรบ้าง
2. หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรมีลักษณะอย่างไร
3. หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาแล้วมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อพัฒนาหลักสูตรและหาประสิทธิภาพหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อ
ส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิต
นิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความสำคัญของการวิจัย

ผลจากการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อให้เกิดผลประโยชน์ในด้านต่าง ๆ สำหรับนักเรียนใน
แผนการเรียนวิศวกรรม ดังนี้

1. ได้องค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เพื่อนำไปพัฒนานักเรียนและส่งเสริมการศึกษาในด้านวิศวกรรมของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น
2. ได้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. นักเรียนสามารถนำจิตนิสัยวิศวกรรมไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้
อย่างเหมาะสมทั้งในห้องเรียนและในชีวิตจริง
4. ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริม
จิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาจิตนิสัย
วิศวกรรมได้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ที่เรียนในสาขาวิชาเอกทางวิศวกรรม 9 วิชาเอก รวมนักเรียนทั้งหมด 199 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเอกคณิตศาสตร์-วิศวกรรม จำนวน 59 คน ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยใช้สาขาวิชาเอกเป็นหน่วยในการสุ่ม

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น ได้แก่ การใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 จิตนิสัยวิศวกรรม ประกอบด้วย

ด้านความรู้ : ความรู้สหวิชา

ด้านทักษะ : การคิดอย่างเป็นระบบ

ด้านคุณลักษณะ :

การทำงานเป็นทีม

การสื่อสาร

การเป็นผู้นำ

2.2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม ผ่านการใช้เนื้อหาที่เกี่ยวกับการคิดเชิงวิศวกรรมเป็นพื้นฐานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีเนื้อหาจำแนกตามหัวข้อการเรียนรู้ จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย 7 กิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ตาราง 1 แสดงโครงสร้างเนื้อหากิจกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้
1	โครงสร้าง	1. Bridge (สะพาน)
2	กลศาสตร์	2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)
3	สิ่งแวดล้อม	3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)
4	ไฟฟ้า	4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)
5	หุ่นยนต์	5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)
6	เคมี	6. Soda Rocket (จรวดโซดา)
	เคมี	7. Slime Making (สร้างสไลม์)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 (1 ภาคเรียน) ใช้เวลากิจกรรมการเรียนรู้ละ 2 คาบ รวม 14 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม** หมายถึง เอกสารที่แสดงถึงกำหนดการหรือแผนในการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นผ่านการคิดเชิงวิศวกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแผนการเรียนวิศวกรรม โดยออกแบบโครงสร้างหลักสูตรและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดพัฒนาการและทักษะตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตรประกอบด้วย

1.1 **หลักการของหลักสูตร** หมายถึง หลักการที่ใช้ในการกำหนดความเป็นเอกลักษณ์ของหลักสูตรประกอบด้วย ปรัชญาการศึกษาและแนวคิดการจัดการศึกษา ซึ่งหลักสูตรพัฒนาขึ้นตามแนวคิดปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนการนิยม โดยรูปแบบของการจัดการศึกษาจะเน้นที่การสร้างประสบการณ์ความรู้ของนักเรียนโดยไม่ยึดติดกับเนื้อหาความรู้ แต่เน้นที่ทักษะและการลงมือปฏิบัติ ซึ่งใช้นิยามการจัดการศึกษาตามแนวคิดแบบ Signature Pedagogy ซึ่งว่าด้วยเรื่องการจัดการศึกษาเฉพาะทาง ซึ่งหลักการของหลักสูตรนั้นคำนึงถึงการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยวิศวกรรมและความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรม

ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งจิตินัยวิศวกรรมนี้จะช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่ดีต่อการศึกษาต่อสาขาวิชาเอกวิศวกรรมในระดับอุดมศึกษาหรือระดับที่สูงขึ้น เมื่อเรียนจบจากหลักสูตรแล้วนักเรียนสามารถนำจิตินัยวิศวกรรมไปใช้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมได้ สามารถตระหนักถึงตนเองได้ว่ามีความสามารถเพียงพอต่อหรือไม่ เพื่อปลูกฝังทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยนักเรียนให้เกิดคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อการเรียนสาขาวิชาเอกวิศวกรรม ที่ก่อให้เกิดเป็นทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพในสายอาชีพวิศวกรรม เพื่อเป็นกำลังสำคัญต่อการพัฒนาในโลกยุคปัจจุบัน

1.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หมายถึง เป้าหมายของการนำหลักสูตรไปใช้หลังจากที่นักเรียนผ่านหลักสูตรแล้วนักเรียนจะมีคุณสมบัติเกิดขึ้นตามที่หลักสูตรได้กำหนดไว้เป็นจุดมุ่งหมาย โดยหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมมุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดจิตินัยวิศวกรรมเมื่อจบการศึกษาในหลักสูตรแล้วนักเรียน

1. มีจิตินัยวิศวกรรมตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะ

2. มีความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินัยวิศวกรรมของตนเอง

1.3 เนื้อหาของหลักสูตร หมายถึง เนื้อหาที่ใช้ในหลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมของนักเรียน ซึ่งจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม และแบบฝึกสถานการณ์ปัญหาที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมจากการเรียนในแต่ละคาบ

1.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบของการจัดการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในหลักสูตร ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีส่วนในการส่งเสริมการคิดของผู้เรียน ซึ่งศึกษาจากทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้โดยการสร้างชิ้นงาน (Constructionism) ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Theory of Cooperative or Collaborative Learning) ทำให้ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องในการส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม คือ 1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning : PBL) 2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning : PjBL) 3. การจัดการเรียนรู้ STEM (Science, Technology Engineering and Mathematics : STEM) และ 4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมเป็นฐาน

(Engineering – Based Learning : EBL) โดยนำการจัดการเรียนรู้ที่ศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะนำมาพิจารณาความเหมาะสมระหว่างการจัดการเรียนรู้กับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกัน

1.5 สื่อการเรียนรู้ หมายถึง อุปกรณ์เพื่อใช้สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยสื่อการเรียนรู้ในหลายรูปแบบ ได้แก่ เอกสารการสอน คลิปวิดีโอ การใช้สมาร์ทโฟน เพื่อเข้าถึงสื่อการเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์การทดลอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบ

1.6 การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ หมายถึง วิธีการวัดและประเมินผล สำหรับนักเรียนเมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สะท้อนเจตนิสัย วิศวกรรม พิจารณาตามองค์ประกอบของเจตนิสัยวิศวกรรม ดังนี้

1. ด้านความรู้ วัดจาก การทำแบบฝึก/ใบงาน ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียน ตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการมอบหมายภาระงานเขียนในหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการประเมินแบบภาระงาน ซึ่งเป็นแบบฝึก/ใบงานสำหรับการวัดองค์ประกอบ ด้านความรู้ของเจตนิสัยวิศวกรรม โดยประเมินในลักษณะของ Scoring Rubrics

2. ด้านทักษะ วัดจาก การทำ Mind Mapping และ การสร้างชิ้นงาน ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการตรวจและประเมิน จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการประเมินชิ้นงาน ซึ่งเป็น Mind Mapping และชิ้นงาน สำหรับการวัดองค์ประกอบด้านทักษะของเจตนิสัยวิศวกรรม โดยประเมินในลักษณะของ Scoring Rubrics

3. ด้านคุณลักษณะ วัดจาก การตอบแบบประเมิน 360 องศา ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ว่าผู้เรียนเกิดพฤติกรรมตาม องค์ประกอบด้านคุณลักษณะของเจตนิสัยวิศวกรรมมากน้อยเพียงใด ด้วยการประเมินตนเอง ประเมินโดยเพื่อนและประเมินโดยครู นักเรียนจะทราบถึงเจตนิสัยวิศวกรรมของตนเองจากด้าน ตนเอง เพื่อนและครู โดยประเมินในลักษณะของ Rating Scale

2. เจตนิสัยวิศวกรรม หมายถึง รูปแบบความคิดและการแสดงออกทางพฤติกรรมที่ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างนวัตกรรมโดยใช้หลักการทาง วิศวกรรม ซึ่งรวมถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ ซึ่งประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์ การ ทดลองซ้ำ การมองระบบโดยรวม และการทำงานอย่างเป็นเหตุเป็นผล พฤติกรรมทางการคิดที่เป็น อัตโนมติเมื่อพบกับปัญหาบนแนวคิดของวิชาวิศวกรรมที่เป็นไปตามความเคยชิน ความคุ้นเคยใน

กระบวนการทางวิศวกรรม โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหา เพื่อแก้ปัญหาตรงหน้าได้อย่างคล่องแคล่วโดยระลึกว่าเป็นการพัฒนา ความคิดของตนเองตลอดเวลา สามารถจัดการตนเองได้ มีความรับผิดชอบ ถ่ายทอดความคิดผ่าน การออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน คำนึงถึง สภาพแวดล้อมในการทำงานและสามารถทำงานเป็นทีมได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการหา คำตอบของปัญหาได้ในที่สุด ซึ่งสามารถพิจารณาตามองค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรม ดังนี้

1. ด้านความรู้ ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้ พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่ เกี่ยวกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และสามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจน วิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ วัดจาก การทำแบบฝึก/ใบงาน ซึ่งประเมินในลักษณะของ Rubric Score

2. ด้านทักษะ การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะ ความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาคำตอบ ทำนายหรือ คาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรม สำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับ ผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ ซึ่งลำดับของการ คิดวิเคราะห์ คือ 1.1 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของ ปัญหาได้ 1.2 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หาสาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ 1.3 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ 2. คิดคำนวณ ซึ่งลำดับของการคิด คำนวณ คือ 2.1 นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ ต้องทำเป็นอันดับแรกและอันดับสุดท้ายได้ 2.2 นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายเอียด ทั้งหมดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาได้ 3. คิดแก้ปัญหา นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่ได้ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4. คิดสังเคราะห์ นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการ แก้ปัญหา สามารถประเมินผลลัพธ์นั้นได้ว่าเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง 5. คิดสร้างสรรค์ ซึ่ง ลำดับขั้นของการคิดสร้างสรรค์ คือ 5.1 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอ ชิ้นงานออกมาเป็นรูป sketch ได้ 5.2 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์จากผลข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็น ชิ้นงาน โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อ ผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ วัดจาก การทำ Mind Mapping และ การสร้างชิ้นงาน ซึ่งประเมินในลักษณะของ Rubric Score

3. ด้านคุณลักษณะ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 3 ตัว ประกอบด้วย การทำงานเป็นทีม (Team play) การสื่อสาร (Communication) และ การเป็นผู้นำ (Leadership) ซึ่ง วัดจากการตอบแบบประเมิน 360 องศา ที่ประเมินโดยตนเอง ประเมินโดยเพื่อนและประเมินโดยครู ในลักษณะของ Rating Score โดยมีรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม

การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสารทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้วเพื่อย้ำความเข้าใจ

การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความเห็นโดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วง

3. ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง หมายถึง การเข้าใจและรับรู้ถึงกระบวนการคิด วิธีการทำงาน และแนวโน้มพฤติกรรมของตนเองในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม ได้แก่ วิธีคิดอย่างเป็นระบบ การทดลองและปรับปรุง การใช้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ และการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ สามารถสะท้อน (reflect) ถึงวิธีที่ตนเองคิดและตัดสินใจ และสามารถพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งวัดจาก การทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง โดยเป็นแบบประเมินตนเองในลักษณะของ Rating Score

4. สาขาวิชาเอกวิศวกรรม หมายถึง หลักสูตรที่นักเรียนเลือกเรียนวิชาเอกเกี่ยวกับวิศวกรรมในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตามความถนัดและความสนใจของนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ซึ่งความหมายของสาขาวิชาเอกวิศวกรรมนี้มีความหมายเดียวกันกับคำว่า แผนการเรียนวิศวกรรม สายการเรียนวิศวกรรมหรือ ห้องเรียนวิศวกรรม ที่เป็นการระบุถึงหลักสูตรการเรียนการสอนวิศวกรรมสำหรับโรงเรียนอื่น

5. การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยเชิงวิศวกรรม หมายถึง กระบวนการในการสร้างและพัฒนา ทดลองใช้ ประเมินและปรับปรุงแก้ไข หลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยขั้นตอนการดำเนินการในการพัฒนาหลักสูตรเป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) ซึ่งแบ่งการดำเนินการเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน : (การวิจัย Research (R_1)) เป็นขั้นตอนในการศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการพัฒนาหลักสูตร

ระยะที่ 2 การสร้างหลักสูตรและหาประสิทธิภาพของหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_1)) เป็นขั้นตอนในการสร้างหลักสูตรโดยการนำข้อมูลพื้นฐาน เนื้อหา องค์ประกอบและตัวชี้วัดการคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรมมากำหนดรายละเอียดของหลักสูตรซึ่งมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดองค์ประกอบโครงสร้างของหลักสูตรและร่างหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 2 หาประสิทธิภาพของหลักสูตรในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมและองค์ประกอบของหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงแก้ไขร่างหลักสูตรตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรและหาประสิทธิผลของหลักสูตร : (การวิจัย Research (R_2)) เป็นขั้นตอนในการนำหลักสูตรที่มีประสิทธิภาพไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเอกคณิตศาสตร์-วิศวกรรม จำนวน 59 คน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest-posttest design ดังนี้

ส่วนที่ 1 จิตินัยวิศวกรรม ประเมินตามองค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้าน

ส่วนที่ 2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินัยวิศวกรรมของตนเอง

ระยะที่ 4: การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_2)) เป็นขั้นตอนในการนำผลที่ได้จากการทดลองใช้หลักสูตรและการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรในระยะที่ 3 มาประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้หลักสูตรฉบับปรับปรุงสมบูรณ์

6. ประสิทธิภาพของหลักสูตร หมายถึง ผลที่ได้จากการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของวัตถุประสงค์ของหลักสูตร เนื้อหาของหลักสูตร ความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบในหลักสูตร โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรและแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบในหลักสูตร ดังนี้

6.1 ความเหมาะสมของหลักสูตร : เป็นการพิจารณาความเหมาะสมของหลักสูตรใน 6 องค์ประกอบ คือ หลักการของหลักสูตร วัตถุประสงค์ของหลักสูตร เนื้อหาของหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตร แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยถ้าคะแนนเฉลี่ยของความเหมาะสมของหลักสูตรโดยภาพรวมมีค่าตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 แสดงว่าหลักสูตรมีความเหมาะสม

6.2 ความสอดคล้องของหลักสูตร : เป็นการพิจารณาความสอดคล้องกันระหว่างองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบในหลักสูตรกับเนื้อหาของหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล เนื้อหาของหลักสูตรกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับการวัดและประเมินผล และหน่วยการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร แบบประเมินความสอดคล้องของหลักสูตร เป็นแบบประเมิน IOC โดยถ้าคะแนนเฉลี่ยของความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แสดงว่าองค์ประกอบในหลักสูตรมีความสอดคล้องกัน

7. ประสิทธิภาพของหลักสูตร หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนหลังจากการใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยเชิงวิศวกรรม ว่ามีความสำเร็จ มีจิตนิสัยวิศวกรรมและความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองอย่างไร ซึ่งประกอบด้วย

7.1 จิตนิสัยวิศวกรรม ประเมินจากคะแนนที่ได้จากการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้านในแต่ละกิจกรรมระหว่างเรียน

7.2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ประเมินจากการทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยใช้การทดสอบค่า t (t-test dependent of samples)

สมมติฐานการวิจัย

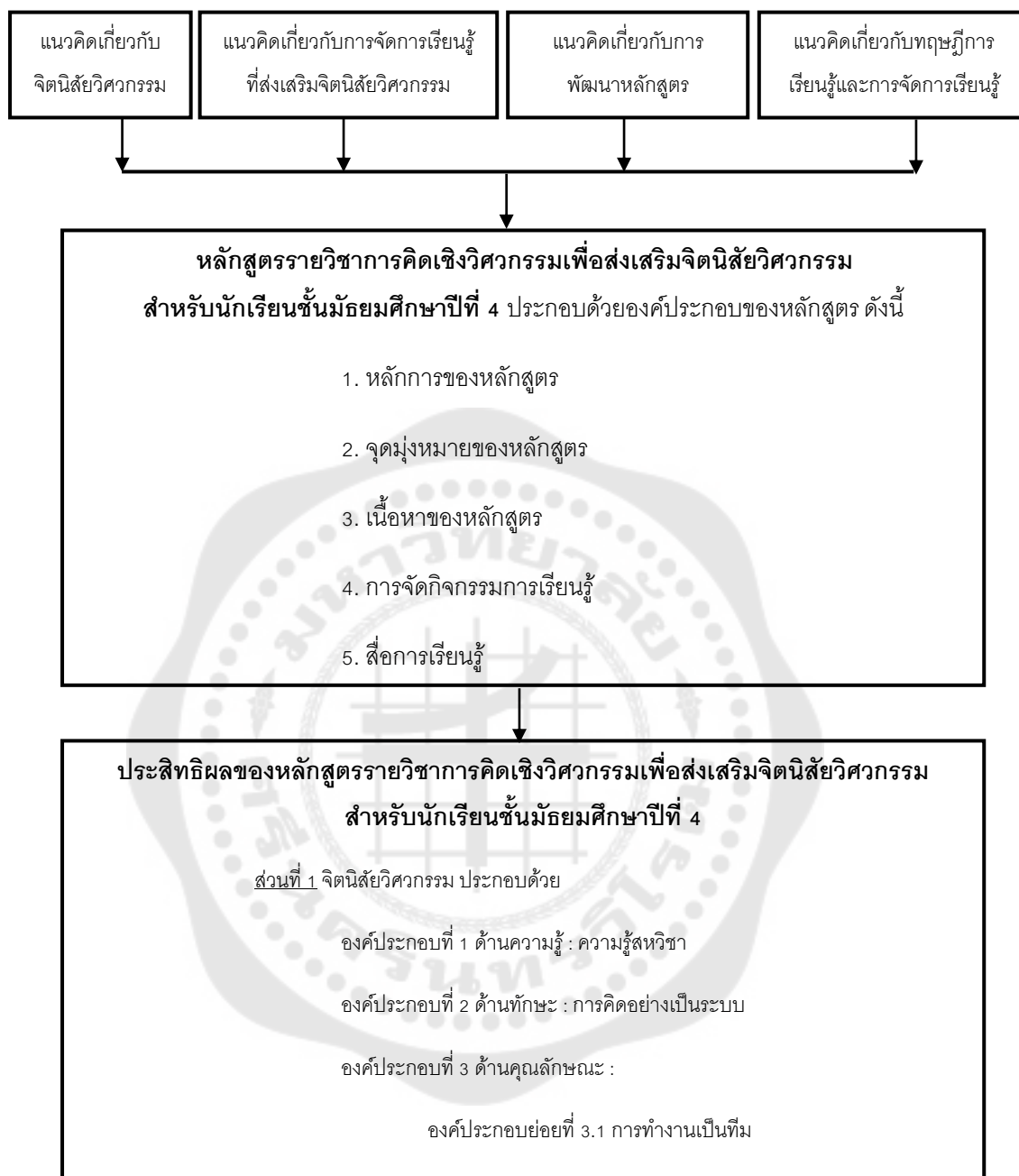
1. จิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พัฒนาขึ้นในช่วงเวลา ระหว่างเรียน

2. ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวความคิดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการและแนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรม โดยการสังเคราะห์แนวคิดของ ลูคัสและแฮนสัน (Lucas & Hanson, 2016, 2017) วัคและคณะ (Waks et al., 2011) วินและคณะ (Winn et al., 2008) คอสต้าและแคลลิก (A. Costa & Kallick, 2000a; A. L. Costa & Kallick, 2000b) และจากการสังเคราะห์แนวคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรม ซึ่งพบว่า จิตนิสัยวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ ทำให้สามารถกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยทำให้เกิดจิตนิสัยวิศวกรรมในนักเรียน จากกระบวนการ Backward Design ที่ให้ความสำคัญกับตัวแปรตามจึงนำไปสู่การกำหนดตัวแปรต้นนั้นคือองค์ประกอบของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามลำดับ

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับพัฒนาหลักสูตร และทฤษฎีการเรียนรู้ และการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำมากำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยที่สอดคล้องกับจิตนิสัยวิศวกรรม การพัฒนาหลักสูตรรายละเอียดของหลักสูตร ซึ่งประกอบด้วยจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โครงสร้างรายวิชา แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลหลักสูตร ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. แนวคิดและหลักการเกี่ยวกับจิตนิตยวิศกรรม

- 1.1 ที่มาของความหมายของการคิดเชิงวิศกรรมและจิตนิตยวิศกรรม
- 1.2 องค์ประกอบของจิตนิตยวิศกรรม
- 1.3 การวัดและประเมินผลจิตนิตยวิศกรรม
- 1.4 แนวทางการส่งเสริมจิตนิตยวิศกรรม
- 1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจิตนิตยวิศกรรม

2. แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับหลักสูตรและการพัฒนาหลักสูตร

- 2.1 ความหมายของหลักสูตร
- 2.2 องค์ประกอบของหลักสูตร
- 2.3 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตร
- 2.4 การประเมินหลักสูตร
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตร

3. แนวคิดเกี่ยวกับการกำหนดสมรรถนะของนักเรียน

4. แนวคิดเกี่ยวกับปรัชญาการศึกษาและทฤษฎีการเรียนรู้

4.1 ปรัชญาการศึกษา

4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้

4.2.1 ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory)

4.2.2 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

4.2.3 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้โดยการสร้างชิ้นงาน (Constructionism)

4.2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Theory of Cooperative or Collaborative Learning)

5. แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิศกรรมในระดับมัธยมศึกษา

5.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิศกรรม

5.2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้วิศกรรม

5.3 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

1. แนวคิดและหลักการเกี่ยวกับจิตนิสัยวิศวกรรม

1.1 ที่มาของความหมายของการคิดเชิงวิศวกรรมและจิตนิสัยวิศวกรรม

ความหมายของคำว่า การคิดเชิงวิศวกรรมและจิตนิสัยวิศวกรรม มีการแปลความหมายอย่างกว้างขวาง ตลอดจนความหมายที่มีองค์ประกอบของความหมายที่ใกล้เคียงกับการคิดเชิงวิศวกรรมและจิตนิสัยวิศวกรรมในคำนิยามอื่น การใช้แนวคิดของการทำงานของวิศวกรรมเป็นทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ เช่น การออกแบบการคิดเชิงวิศวกรรม การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม เป็นต้น เพื่อให้เข้าใจถึงความหมายที่ชัดเจนของการคิดเชิงวิศวกรรมและจิตนิสัยวิศวกรรม ผู้วิจัยจึงค้นคว้าหาความหมายโดยการค้นคำบัญญัติเป็น 3 คำ คือ “การคิด” และ “วิศวกรรม” และ “จิตนิสัย”

1. การคิด

1.1 ความหมายของการคิด

การคิด เป็น พฤติกรรมหรือกลไกทางสมองที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มีผลโดยตรงต่อจิตใจ เมื่อเกิดความไม่เข้าใจ ความไม่สมเหตุสมผล ความสงสัยที่ทำให้จิตใจรู้สึกว่าจะไม่ถูกต้องหรือประหลาดใจ พฤติกรรมการให้เหตุผล การหาคำตอบ และการแก้ปัญหา กระบวนการในการขจัดสิ่งต่าง ๆ ที่ทำให้รู้สึกไม่สบายใจจึงเริ่มขึ้นภายในสมองของมนุษย์ ((คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542); (ทศนา แหมมณี, 2544, น. 5); (ลักขณา ศรีวัฒน์, 2549, น.5); (สุคนธ์สินธุพานนท์, 2551, น. 17-18) (Piaget, 1952, p. 58)) โดยกระบวนการในการทำงานของสมองจะเริ่มต้นจากการแยกแยะคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ ข้อความ ข้อเท็จจริง รวมถึงการจำแนกรายละเอียด จัดกลุ่มข้อมูลที่ได้รับเพื่อจัดเก็บในส่วนของความทรงจำ ซึ่งกระบวนการรับข้อมูลและเก็บข้อมูลนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกัน ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีอยู่ในส่วนของความทรงจำเพื่อประมวลผลให้ได้มาซึ่งการอธิบายเชิงเหตุผลของข้อมูลหรืออธิบายสิ่งที่ปัญหา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องหรือความไม่ถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ ((Hilgard, 1953, p. 2-3); (Guilford, 1967, p. 11-14); (Beyer Barry K, 1985, p. 270-276)) และส่งต่อไปในขั้นตอนถัดไปคือขั้นตอนการประมวลผลเพื่อแก้ปัญหา โดยในขั้นตอนการแก้ปัญหาสมองจะดึงส่วนที่เป็นประสบการณ์จากความทรงจำมาช่วยในการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีใหม่ ๆ จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล ประสบการณ์ และยุทธวิธี กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาพร้อมกัน การจากศึกษาความหมายและแนวคิดของนักการศึกษา นักวิชาการหลายท่าน สามารถสรุปเป็นแนวคิดได้ว่า การคิดคือพฤติกรรมที่เป็นกระบวนการของสมอง ที่รับข้อมูล

และทำการประมวลผลในขั้นตอนว่าข้อมูลที่ได้นี้มีความถูกต้องหรือแปลกไปหรือไม่ หรือข้อมูลที่บ่งบอกถึงสถานการณ์ปัญหาที่มีความไม่ถูกต้องทำให้ผู้คิดรู้สึกไม่สบายใจ จนต้องเข้ากระบวนการในการแก้ปัญหาในสมอง ซึ่งสมองจะเริ่มกระบวนการคิดเพื่อขจัดปัญหาและข้อข้องใจทั้งหลายให้เสร็จสิ้นไป

1.2 ประเภทของการคิด

การคิดสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับมุมมองในการแบ่งโดยรายละเอียดของประเภทการคิดนั้นมีความหมายอย่างกว้างขวางและแตกต่างกันในหัวข้อที่หลากหลาย เช่น แบ่งประเภทตามระดับของการคิด แบ่งตามจุดมุ่งหมายของการคิด เป็นต้น เนื่องจากการคิดเกิดขึ้นจากการทำงานของสมอง จึงเป็นไปได้ที่คนเราจะหยุดคิดตราบที่สมองยังทำงานอยู่ ((ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556, น. 6-8); (ลักขณา สรวิวัฒน์, 2549, น. 121-124)) จึงสามารถแบ่งได้เป็นลักษณะของการคิด 1. การคิดแบบไม่มีจุดมุ่งหมาย คือการคิดที่ปล่อยจิตปล่อยใจให้อยู่ในสภาวะที่ปลอดโปร่ง จนกว่าจะมีสิ่งเร้ามากระทบจนทำให้ผู้คิดเปลี่ยนความรู้สึกและให้ความสนใจกับสิ่งเร้า 2. การคิดแบบมีจุดมุ่งหมาย คือการคิดที่มีจุดประสงค์ของการคิดที่ชัดเจนว่าต้องการหาข้อสรุปในการคิดนี้เพื่ออะไรและนำไปใช้อย่างไร ซึ่งการคิดแต่ละประเภทยังส่งผลต่อระดับของความคิดที่เป็นการทำงานของสมองโดยตรงอีกด้วย ระดับของการคิดจะมีความลึกซึ้งและเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ การคิดระดับพื้นฐาน เป็นการคิดเพื่อการใช้ชีวิตประจำวันในลักษณะที่ทำเป็นประจำ การคิดระดับกลาง เป็นการคิดที่ต้องตัดสินใจในการแก้ปัญหาที่อยู่นอกเหนือจากเรื่องที่พบเจอในชีวิตประจำวัน และการคิดระดับสูง เป็นการคิดเพื่อแก้ปัญหาที่แตกต่างจากชีวิตประจำวันโดยสิ้นเชิง ซึ่งจะเป็นปัญหาที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์ประกอบกับการคิดล่วงหน้า

1.3 ลำดับขั้นการคิด

การคิดจะเกิดขึ้นได้จากการที่ผู้เรียนเริ่มเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนมีความรู้ที่มากขึ้น ทำให้มีระดับการคิดที่มากขึ้นเช่นกัน นั่นคือ ลำดับขั้นการคิดนั้นสัมพันธ์กับลำดับขั้นการเรียนรู้ (Taxonomy) ซึ่งหนึ่งในลำดับขั้นการเรียนรู้ที่มีชื่อเสียงและกล่าวถึงมากที่สุดคือ ลำดับขั้นการเรียนรู้ของบลูม (Anderson & Krathwohl, 2001, p. 62) โดยอธิบายว่าการเรียนรู้ของมนุษย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ขั้น คือ

- 1) ขั้นความรู้ (Knowledge) : ขั้นนี้ผู้เรียนจะมีทักษะความรู้เฉพาะทาง การค้นความหมายและความรู้ทั่วไปที่เป็นนามธรรมของเนื้อหา นั้น ๆ
- 2) ขั้นความเข้าใจ (Comprehension) : ขั้นนี้ผู้เรียนจะมีทักษะในการแปลงเนื้อหา การตีความ การคาดคะเนความรู้ที่พบให้ใกล้เคียงกับความรู้ที่มี

3) ขั้นการใช้งาน (Application) : ขั้นนี้ผู้เรียนจะมีทักษะในการนำความรู้ที่มีมาใช้งานโดยอาศัยความรู้และความเข้าใจใน 2 ขั้นก่อนหน้ามาช่วยในการประยุกต์

4) ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) : ขั้นนี้ผู้เรียนจะมีทักษะในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความรู้ต่าง ๆ การเรียบเรียงความเข้าใจ การลำดับความเป็นมา

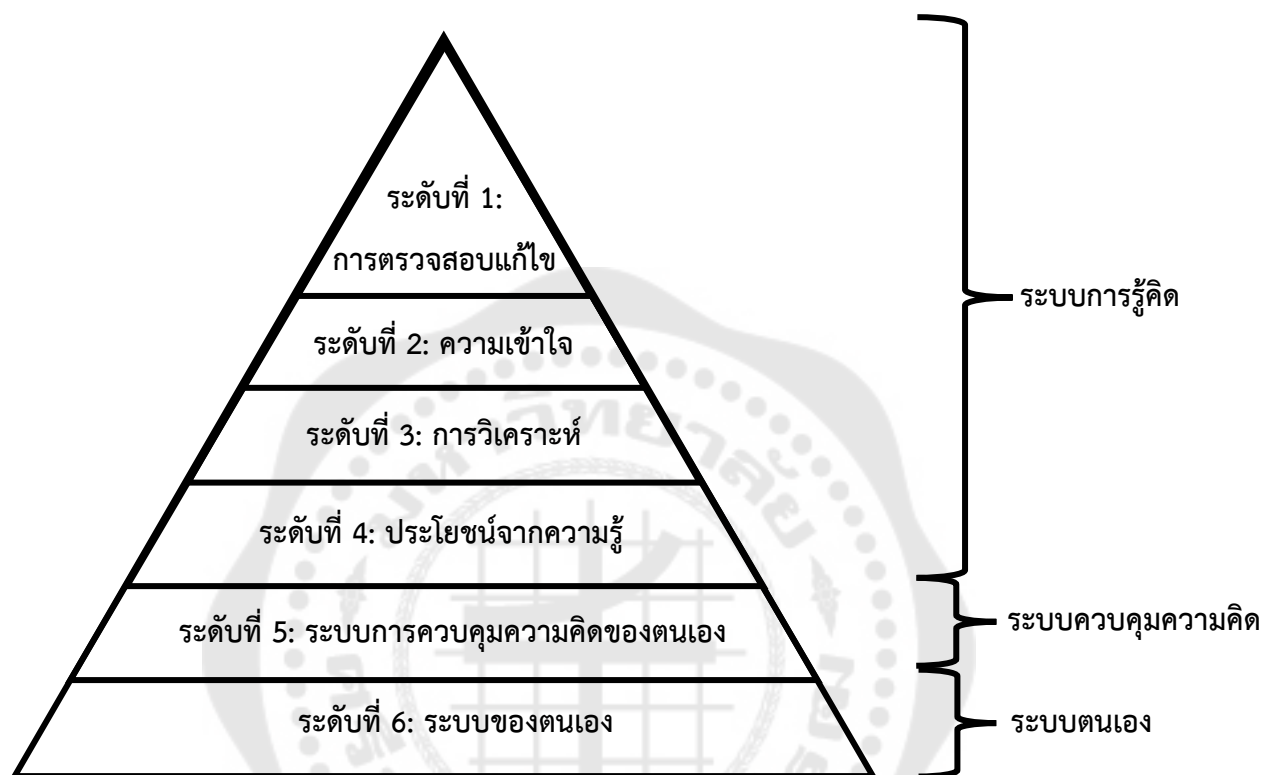
5) ขั้นการสังเคราะห์ (Synthesis) : ขั้นนี้ผู้เรียนจะมีทักษะการสังเคราะห์ความรู้เพื่อค้นหาวิธีการ ความรู้ใหม่ ๆ ที่เป็นการต่อยอดความรู้เดิม

6) ขั้นการประเมิน (Evaluation) : ขั้นนี้ผู้เรียนจะมีทักษะในการตัดสินใจการเปรียบเทียบระดับกับเกณฑ์เพื่อตรวจสอบว่าผลงานมีระดับที่ดีหรือควรปรับปรุงใหม่

ทั้งนี้ในการศึกษาเรื่องลำดับขั้นการเรียนรู้ของบลูม ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงเป็นลำดับขั้นการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้วในปี ค.ศ. 2001 ซึ่งมีความแตกต่างในหลายส่วน เช่น การให้คำจำกัดความ การปรับเปลี่ยนลำดับขั้นการเรียนรู้ใหม่ (Krathwohl, 2009, p. 215-217)

จากการศึกษาลำดับขั้นการเรียนรู้ของบลูม ทำให้มีการพัฒนาดำดับขั้นการเรียนรู้ในมุมมองของนักการศึกษาท่านอื่นด้วยจึงทำให้เกิดเป็นลำดับขั้นการเรียนรู้ที่มีองค์ประกอบและส่วนประกอบลำดับขั้นการเรียนรู้ที่มีรายละเอียดขึ้น เช่น New Taxonomy ((Marzano, 2001, p. 30); (รุ่งทิวา นามำรุง, 2008, น. 12)) ซึ่ง New Taxonomy นั้นจะพิจารณากระบวนการทำงานของสมองออกเป็น 6 ระดับและจำแนกออกมาเป็นลำดับขั้นการเรียนรู้ได้เป็น 3 ระบบที่มีความต่อเนื่องกันในมิติของการเรียนรู้ คือ ระบบตนเอง ระบบการควบคุมความคิด และระบบการรู้คิด ทั้ง 3 ระบบนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ในขั้นตอนต้น ๆ อธิบายคือ 1.ระบบตนเอง จะเป็นการคิดเพื่อสำรวจตนเองและความรู้ใหม่ที่พบ เป็นการประเมินเบื้องต้นว่าตนเองมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ ชอบหรือไม่ชอบอย่างไร มีความอยากรู้อยากเห็นหรือไม่ต้องการทราบโดยระบบตนเองนี้ จะเป็นการคิดขั้นพื้นฐานของพิธีมิตการเรียนรู้ ต่อไปคือ 2.ระบบการควบคุมความคิด เป็นขั้นตอนถัดมาในกระบวนการเรียนรู้ กล่าวคือ เป็นขั้นการทำความเข้าใจความรู้ใหม่ ปรับความคิดที่มีต่อแนวความคิดใหม่ ควบคุมจิตใจและพฤติกรรมตนเองให้ตระหนักถึงความสำคัญของความรู้เพื่อฝึกฝนให้มีความเข้าใจมากขึ้น จนเกิดเป็นความชำนาญและประสบความสำเร็จในความรู้ใหม่คือความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และระบบการควบคุมความคิดนี้ยังส่งผลโดยตรงต่อระบบการเรียนรู้ขั้นถัดไปคือ 3.ระบบการรู้คิด หมายถึง การคิดเพื่อการใช้งานในชีวิตจริง ในกระบวนการเรียนรู้ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะนำความรู้ที่มีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง อาจจะเป็นปัญหาปลายเปิด ปัญหาใหม่ ที่ผู้เรียนต้องดำเนินการในการเลือกใช้ความรู้เอง วิเคราะห์ปัญหาด้วยตนเอง ทำความเข้าใจผลลัพธ์ที่เกิดจากการทดลองแก้ปัญหา และตรวจสอบ

ผลลัพธ์ด้วยตนเองในทุกขั้นตอน นั่นคือ New Taxonomy เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่กล่าวถึงการเรียนรู้หรือการต่อยอดความคิดด้วยตนเอง ซึ่งแตกต่างจาก Bloom Taxonomy ในลักษณะที่กล่าวถึงความรู้ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ดัง ภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 : กระบวนการภายในสมอง 6 ระดับของ New Taxonomy

ที่มา: รุ่งทิภา นามำรุง (2550) p.12 : อ้างอิงจาก Marzano, Robert J. (2001) Designing a New Taxonomy of Education Objective. p.30.

ออกแบบโดย วรุฒิ แซ่ตั้ง

จากการศึกษาลำดับขั้นการเรียนรู้ Bloom Taxonomy และ New Taxonomy ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงกระบวนการและลำดับขั้นในการคิดหรือลำดับขั้นการเรียนรู้ Taxonomy ที่เป็นผลโดยตรงจากการคิด ทำให้เข้าใจกระบวนการพัฒนาผู้เรียนและวิธีการส่งเสริมการคิดที่ทำให้ผู้เรียนมีวิธีการคิดในระดับที่สูงขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยชิ้นนี้โดยตรงคือการส่งเสริมการคิดเชิง

วิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดระดับขั้นการเรียนรู้ New Taxonomy มาเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวิจัยในบทต่อไป

2. วิศวกรรม

2.1 ความหมายของวิศวกรรม

สภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council (Council & Education, 2010)) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอแนวคิดของวิศวกรรม โดยหลักการที่สำคัญของวิศวกรรมที่ว่าด้วยกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งเรียกวิธีการคิดแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมนี้ว่าการออกแบบเชิงวิศวกรรม ฉะนั้นความหมายของการคิดวิศวกรรมจึงมีความหมายที่คล้ายกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมความหมายของการคิดวิศวกรรมและการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นข้อมูลในการศึกษา

วิศวกรรม หมายถึง ศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีรวมถึงวิชาศิลปะที่เป็นความรู้เชิงวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เป็นประโยชน์กับการดำเนินชีวิตของผู้คน โดยนำคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละวิชามาประยุกต์ใช้ประกอบกับการจัดการเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างระหว่างการวางแผนในจินตนาการกับการทำงานในชีวิตจริง เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ตามแผนที่วางไว้และเป็นไปตามเงื่อนไขต่าง ๆ ได้อย่างสมดุลงามมากที่สุด ((Brophy, Klein, Portsmouth, & Rogers, 2008, p. 370-373); (Reimers, Farmer, & Klein-Gardner, 2015, p. 5)) ถึงแม้ว่าวิศวกรรมจะเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ แต่ วิศวกรรมศาสตร์ถือว่าแตกต่างกับวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (สุธีระ ประเสริฐสุวรรณ, 2558) เพราะวิชาวิศวกรรมจะเป็นการต่อยอดความรู้พื้นฐานของคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ เป็นศาสตร์ที่แตกต่างจากคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ อยู่คนละปริมิต ดังนั้น ผู้ประกอบอาชีพที่ต้องใช้วิชาวิศวกรรม หรือ วิศวกร จึงหมายความว่า ผู้ที่เชี่ยวชาญในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีรวมถึงวิชาศิลปะที่เป็นความรู้เชิงวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์มาประยุกต์ใช้โดยอาศัยประสบการณ์และการฝึกฝน ในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ทั้งในด้านสถาปัตยกรรม ด้านเศรษฐกิจ ด้านการใช้งานสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ((Capobianco, Diefes-Dux, Mena, & Weller, 2011, p. 305-306))

นอกจากนี้ยังมีความเห็นจากนักวิชาการหลายท่านที่กล่าวถึงลักษณะที่มีความเป็นธรรมชาติของวิชาวิศวกรรม “ธรรมชาติของวิศวกรรม – Nature of Engineering” ((Chou & Chen, 2017, p. 476-478); (Pleasant & Olson, 2019, p. 146-148); (Antink-Meyer

& Brown, 2019, p. 540-542)) ได้ให้คำอธิบายไว้เป็นแนวว่า ธรรมชาติของวิศวกรรม คือ การออกแบบและการพัฒนาการหาคำตอบด้วยวิธีการใหม่ที่ผู้คนต้องใช้ในการดำเนินชีวิตแต่ละวัน โดยให้หลักการทางวิทยาศาสตร์และเครื่องมือเชิงเทคโนโลยี หรืออีกความหมายหนึ่ง คือ เป็นบทบาทของวิศวกรที่มุ่งเน้นในการวิจัยค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งมุ่งเน้นที่การปรับปรุงอุปกรณ์หรือเครื่องมือของวิศวกร โดยธรรมชาติของวิศวกรรมศาสตร์จะเน้นที่ความเข้าใจอยู่ 3 ประเด็น คือ วิศวกรรมศาสตร์คืออะไร วิศวกรทำงานอย่างไรและความสัมพันธ์ระหว่างวิศวกรรมศาสตร์ กับศาสตร์อื่นที่ได้รับอิทธิพลหรือมีอิทธิพลต่อสังคมเป็นอย่างไร ซึ่งสามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาหรือเทคโนโลยีที่ช่วยอำนวยความสะดวกตามลักษณะที่กำหนด ข้อจำกัด และเป้าหมายในการออกแบบ
2. วิศวกรใช้ความรู้เฉพาะทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นความรู้ที่สร้างขึ้นเป็นความรู้เกี่ยวกับการทำงานของเทคโนโลยี และการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าช่วย เพื่อให้สามารถออกแบบตามเป้าหมายที่กำหนด
3. ขอบเขตของวิศวกรรมศาสตร์ คือ การดำเนินการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยวิศวกรในหลายลักษณะ โดยมีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือช่วย ให้ออกแบบจุดเริ่มต้นการทำงาน ทำให้เข้าใจขั้นตอนการทำงาน และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหา
4. สังคมและวัฒนธรรมส่งผลต่อการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา และวิศวกรต้องมีความรับผิดชอบต่อเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้และสังคม

2.2 การออกแบบเชิงวิศวกรรม

การออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นแนวคิดที่ส่งเสริมการเรียนรู้ในรูปแบบ STEM โดยการบูรณาการวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม ซึ่งเห็นได้ว่าการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้มีส่วนประกอบของเนื้อหาในเชิงวิศวกรรมที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการคิดเชิงวิศวกรรมอยู่ในเนื้อหา โดยการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM) เป็นหนึ่งในวิธีการสอนแบบบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และแนวคิดทางวิศวกรรม ((Beder, 1999, p. 13-14); (Burghardt, 1999); (Adams, Kaczmarczyk, Picton, & Demian, 2010, p. 6-8)) ซึ่งเป็นการประยุกต์วิธีการปฏิบัติทางวิศวกรรมเพื่อเป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดความรู้กระบวนการสู่ผู้เรียน เรียกว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยแนวคิดในการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้ ได้ประยุกต์มาจากแนวคิดของวิศวกรรม ดังนั้น การศึกษาความหมายของการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้ผู้วิจัยเข้าใจในแนวคิดของการคิดวิศวกรรมได้มากขึ้น ซึ่งมีความหมายดังนี้

การออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่มีวิธีการคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถนำไปสู่การออกแบบความคิดที่เป็นนามธรรมสู่การถ่ายทอดความรู้ที่สามารถมองเห็นได้อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจในระบบการทำงานของสิ่งต่าง ๆ ว่ามีหน้าที่สอดคล้องกันหรือสำคัญอย่างไร การออกแบบยังสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าอีกกว่าจุดใดเป็นจุดบกพร่องสำคัญที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน ในขณะที่เดียวกันก็อยู่ภายใต้เงื่อนไขของข้อจำกัดที่มีความจำเพาะเจาะจงในด้านเศรษฐกิจ สังคม หรือด้านอื่น ๆ และผู้เรียนหรือผู้คิดสามารถนำผลงานหรือชิ้นงานมาตอบสนองความต้องการในการใช้ชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ((Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005, p. 104-105); (Brophy et al., 2008, p.370); (สุธีระ ประเสริฐสรรพ, 2558))

จากการศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลคำว่า วิศวกรรม สามารถอธิบายได้ว่า วิศวกรรม หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่มีการใช้ความรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ตามแผนการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผ่านการออกแบบเพื่อช่วยในการระบุจุดที่เป็นปัญหา ช่วยให้เข้าใจระบบและการทำงานของระบบที่เกิดข้อผิดพลาดได้ บนพื้นฐานของข้อจำกัดจากสภาพแวดล้อมหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น กล่าวคือการทำงานของวิศวกร สามารถออกแบบและวางแผนการทำงานและแก้ปัญหาในเชิงทฤษฎี แต่ทว่าแผนการแก้ปัญหาอาจจะไม่สามารถดำเนินการได้บนหลักของข้อจำกัดทางความเป็นจริง นั่นคือวิศวกรจึงต้องประยุกต์แผนการแก้ปัญหามาบนความสมดุลระหว่าง การหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด และการปัญหามาบนข้อจำกัดที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้น วิศวกรรมจึงเป็นศาสตร์ของวิชาเฉพาะที่มีรูปแบบของการแก้ปัญหาที่ไม่ตายตัว การปลูกฝังความรู้ทางวิศวกรรมจึงมีลักษณะความหมายในวงกว้างไม่ตายตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อคำตอบของปัญหามาประกอบด้วยนั่นเอง

ดังนั้น การคิดวิศวกรรม จึงสามารถอธิบายได้ว่า เป็นพฤติกรรมทางการคิดที่เป็นกระบวนการของวิชาวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการรับส่งข้อมูลและประมวลผลที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานของแนวคิดวิชาวิศวกรรม เมื่อพบเจอปัญหาสมองจะเริ่มวางแผนในการแก้ปัญหาโดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหา ผ่าน

การออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อคำตอบของการแก้ปัญหา

3. จิตนิสัย

3.1 ความหมายของจิตนิสัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของจิตนิสัย โดยการศึกษาถึงความหมายของคำว่าจิตเป็นอันดับแรก เพื่อทำความเข้าใจว่าจิตมีลักษณะของการทำงานอย่างไร โดยจิตของมนุษย์มีองค์ประกอบอยู่ 3 ประการ คือ ความคิด ความรู้สึกและความต้องการ ((Bono, 1967); (บรรจง อมรชีวิน, 2554)) ซึ่งการทำงานขององค์ประกอบทั้ง 3 นี้จะมีหน้าที่ที่แตกต่างกัน และเป็นลำดับขั้นไป คือ เริ่มต้นที่ความคิด จะเป็นส่วนของจิตที่แสดงออกถึงการให้เหตุผลที่มีต่อสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อประเมินสถานการณ์ว่าอะไรกำลังเกิดขึ้น ลำดับต่อไป คือ ความรู้สึก เป็นการประเมินเหตุการณ์ที่ลึกกว่าความคิด นั่นคือการประเมินในเชิงบวกหรือเชิงลบต่อสถานการณ์ที่กำลังเกิดขึ้น เพื่อส่งต่อขั้นตอนต่อไปของจิต คือ ความต้องการ ซึ่งเป็นขั้นตอนของการสรุปขั้นตอนทั้งหมดของสถานการณ์ที่ผ่านความคิด ความรู้สึก เพื่อประมวลออกมาเป็นวิธีการในการแก้ปัญหา หรือการให้คำตอบต่อสถานการณ์ ว่าเราต้องดำเนินการหรือทำอะไรกับสถานการณ์นี้

แม้นมาศ ลีลสัตยกุล (แม้นมาศ ลีลสัตยกุล, 2545, น. 19-20) กล่าวว่า จิตนิสัย คือ คุณลักษณะที่ประกอบด้วย จิต ที่เป็นพฤติกรรมการคิดคำนึงถึง นึกถึง ซึ่งเป็นความรู้สึกนึกคิดที่ไม่มีรูปแบบที่ตายตัว และ นิสัย ที่เป็นพฤติกรรมหรือการคิด ที่ทำบ่อย ๆ ครั้ง ทำจนคุ้นเคย ทำจนเคยชิน ทำซ้ำ ๆ ทำมาเนิ่นนาน ซึ่งเป็นลักษณะของการคิดที่ค่อนข้างเป็นระบบ ซึ่ง จิต และ นิสัย เป็นลักษณะการคิดที่มีลักษณะตรงกันข้าม เพราะจิตเป็นการคิดที่ไม่มีรูปแบบ ในขณะที่นิสัยคือการคิดที่มีรูปแบบ แต่เราสามารถนำมาเสริมซึ่งกันและกันได้ เพราะระบบความคิดที่เป็นอัตโนมัติหรือเป็นนิสัยไม่ต้องการใช้เวลาในการตรวจสอบมากำกับ ทำให้เกิดการพิจารณาตัวเลือกอย่างระมัดระวัง ประเมินความเสี่ยง ประเมินถึงผลที่จะตามมา นั้นหมายความว่า การคิดแบบอัตโนมัติสามารถปรับปรุงให้เป็นการคิดที่เป็นระบบได้ด้วยการคิดทันทันในแบบของจิต และการคิดแบบเป็นระบบของนิสัยมารวมกัน และสามารถส่งเสริมให้เกิดการคิดทั้งสองอย่างนี้พร้อมกันได้

มาร์ซาโน พิกเคอริงและแม็กไทล์ (Marzano, Pickering, & McTighe, 1993). ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับมิติแห่งการเรียนรู้ไว้ 5 ประการ ซึ่งเป็นมิติการเรียนรู้ที่มีลักษณะของการเป็นลำดับขั้นประกอบด้วย มิติที่ 1 ความเข้าใจและทัศนคติ คือ รู้ถึงความสำคัญของความรู้ที่เรียน ความเข้าใจในเหตุผลของความรู้ในศาสตร์นั้น ๆ ที่ผู้เรียนสนใจ, มิติที่ 2 ซึมซับและบูรณาการความรู้ คือ การเชื่อมโยงและผนวกความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการจดจำเนื้อหาได้ดีขึ้น, มิติที่ 3 ขยายและขัดเกลาความรู้ คือ ผู้เรียนสามารถ

ขยายขอบเขตความรู้ที่มีด้วยตนเองได้ สามารถเชื่อมความรู้ที่มีกับศาสตร์ใหม่ ทำให้มุมมองและมิติของการเรียนรู้มีกว้างขวางขึ้น, มิติที่ 4 ใช้ความรู้อย่างมีความหมาย คือ การนำความรู้ที่มีไปใช้งานในชีวิตจริง, มิติที่ 5 การมีจิตนิสัย คือ การใช้ความคิดวิจารณ์ญาณ ความคิดสร้างสรรค์ การกำกับดูแลความคิดของตนเองให้แสดงศักยภาพของความรู้ความสามารถที่มีออกมาได้อย่างอิสระ แสดงเป็นภาพประกอบ 3 ดังนี้



ที่มา : Marzano, et al. 1993, *Assessing Student Outcome*

ออกแบบโดย วรุฒิ แซ่ตั้ง

จากแผนภาพแสดงให้เห็นว่า เมื่อนักเรียนได้ผ่านมิติแห่งการเรียนรู้ไปจนถึงมิติที่ 5 หรือขั้นที่ 5 แล้วนักเรียนจะมีจิตนิสัยในเนื้อหาวิชานั้นได้ นั่นคือ จิตนิสัย สามารถสอนให้เกิดขึ้นกับนักเรียนได้ผ่านการเรียนรู้ 5 มิติ ซึ่งจิตนิสัยที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

คอสต้าและแคลลิค ((A. Costa & Kallick, 2000a; A. L. Costa & Kallick, 2000b)) กล่าวว่า จิตนิสัย คือ พฤติกรรมหรือนิสัยทางปัญญา เป็นพฤติกรรมที่ต้องกำกับด้วยความคิดทางปัญญาที่แสดงให้เห็นต่อการเผชิญหน้ากับปัญหาจนกลายเป็นกิจวัตร เมื่อมนุษย์ได้

ประสบกับความมึนงงในสถานการณ์ปัญหาที่น่าอึดอัดหรือการเผชิญหน้ากับปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน โดยจิตนิสัยที่มีคุณลักษณะดีนั้นจะมีความพยายามในการแก้ปัญหาเหล่านั้นด้วยการใช้ปัญญาเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการที่มีประสิทธิภาพ มีความสร้างสรรค์และมองปัญหาเป็นสิ่งที่ท้าทาย ซึ่งพฤติกรรมทางปัญญาที่แสดงให้เห็นในการแก้ปัญหาที่เห็นได้บ่อยที่สุดนั่นคือ การวาดรูปเพื่อแสดงถึงขั้นตอนหรือรูปแบบของปัญหา เมื่อมนุษย์วาดรูปเพื่อแสดงผลลัพธ์ทางปัญญาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาออกมาแล้ว จะเป็นสิ่งที่ช่วยแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพที่ดีอย่างมีนัยสำคัญกว่าการไม่ใช้พฤติกรรมทางปัญญา

จากการศึกษาความหมายของจิตนิสัยจากนักวิชาการและนักการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า จิตนิสัย คือ พฤติกรรมหรือนิสัยทางปัญญาที่แสดงให้เห็นถึงการแก้ปัญหาทั้งที่เคยพบและไม่เคยพบด้วยการคิดที่เป็นอัตโนมัติและมีแบบแผนหรือรูปแบบเฉพาะตัวของบุคคลนั้นๆ จิตนิสัยที่ดีจะส่งเสริมให้ผู้คิดมีคุณลักษณะต่อการแก้ปัญหาในมุมมองที่ดีและกล้าที่จะคิดเพื่อดำเนินการวางแผนและแก้ปัญหาต่อไป กล้าที่จะเผชิญกับปัญหาใหม่โดยไม่รู้สึกรว่าเป็นสิ่งที่เดือยร้อนแต่เป็นสิ่งที่ท้าทาย และจะสามารถแก้ปัญหาที่พบเจอได้ดีขึ้น แก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพมากขึ้นเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง ตามความคุ้นเคยและตามระยะเวลาที่ได้ฝึกฝนจนเป็นประสบการณ์ที่มากขึ้นเรื่อย ๆ อีกด้วย

3.2 องค์ประกอบของจิตนิสัย

มาร์ซาโนและคณะ (Marzano et al., 1993) ได้เสนอแนวคิดของจิตนิสัยที่แบ่งได้เป็น 5 มิติ โดยในมิติที่ 5 คือ การมีจิตนิสัย ซึ่งมาร์ซาโนได้ระบุคุณลักษณะที่ประกอบเป็นจิตนิสัยไว้ 7 ประการ ดังนี้

1. Being clear and seeking clarity เป็นผู้ชัดเจนและค้นหาความชัดเจน
2. Being open – minded เป็นผู้เปิดใจ
3. Restraining impulsivity เป็นผู้ไม่หุนหันพลันแล่น
4. Being aware of your own thinking เป็นผู้ตระหนักถึงความคิดของตนเอง
5. Evaluating the effectiveness of your actions เป็นผู้ประเมินผลการกระทำของตนเอง
6. Pushing the limits of your knowledge and abilities เป็นผู้ลงมือทำทุกเรื่องอย่างเต็มความสามารถ

7. Engaging intensely in tasks even when answers or solutions are not immediately apparent มีส่วนร่วมในงานอย่างเต็มที่ถึงแม้ว่าคำตอบของปัญหานั้นจะยังไม่สำเร็จในทันที

คอสตา (A. Costa & Kallick, 2000a, p. 1797-1815) ได้เสนอองค์ประกอบคุณลักษณะของจิตนิสัยไว้ทั้งหมด 16 ประการ โดยแต่ละประการจะมีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตดังตาราง 2

ตาราง 2 ตารางองค์ประกอบคุณลักษณะจิตนิสัยตามแนวคิดของคอสตา

คุณลักษณะของจิตนิสัย	ความหมาย
1. Persisting (ความมุ่งมั่น)	เป็นผู้จดจ่ออยู่กับสิ่งที่ทำโดยไม่ยอมแพ้เร็วเกินไปและพยายามจนสำเร็จ
2. Managing Impulsivity (จัดการความหุนหันพลันแล่นได้)	เป็นผู้แก้ปัญหาด้วยความสุขุมรอบคอบ คิดก่อนทำเสมอ
3. Listening To Other -With Understanding and Empathy (ฟังผู้อื่นด้วยความเข้าใจ และใส่ใจ)	เป็นผู้ใช้เวลาและความตั้งใจในการฟังผู้อื่นอย่างตั้งใจ และคิดตามเพื่อความเข้าใจ
4. Thinking Flexible (มีความคิดยืดหยุ่น)	เป็นผู้ที่มีความคิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่ยึดติดกับแนวคิดเดิม
5. Thinking About our Thinking (คิดทบทวนเกี่ยวกับสิ่งที่คิด)	เป็นผู้ที่คิดทบทวน สำนวนความคิดของตนเอง เพื่อสะท้อนความคืบหน้าและตรวจสอบความถูกต้องของกลยุทธ์ที่ได้วางเอาไว้
6. Striving For Accuracy and Precision (มุ่งมั่นเพื่อเป้าหมายและความแม่นยำ)	เป็นผู้ให้เวลาในการตรวจสอบสิ่งที่จะดำเนินการเพื่อให้ผลงานออกมาไม่มีที่ติ ให้ผลงานออกมาดีเรียบร้อยให้มากที่สุด
7. Questioning and Posing Problems (การตั้งถามและข้อสงสัย)	เป็นผู้มีคุณลักษณะในการตั้งคำถามได้ตรงกับข้อปัญหา เพื่อการหาคำตอบที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ตรงที่จุดที่สุด

ตาราง 2 (ต่อ)

คุณลักษณะของจิตนิสัย	ความหมาย
8. Applying Past Knowledge to New Situations (ประยุกต์ใช้ความรู้ที่เคยพบเจอเพื่อแก้ปัญหาใหม่)	เป็นผู้ประยุกต์ใช้ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาจากที่เคยพบเจอกับปัญหาใหม่ ๆ เสมอ เป็นผู้ชอบเรียนรู้จากประสบการณ์
9. Thinking and Communicating with Clarity and Precision (คิดและสื่อสารด้วยความชัดเจนและตรงประเด็น)	เป็นผู้ใช้ภาษาเพื่อสื่อสารความคิดได้ตรงประเด็นและมีประสิทธิภาพในการอธิบายความคิด
10. Gathering Data through all Senses (รวบรวมข้อมูลจากแหล่งหลาย ๆ แหล่ง)	เป็นผู้รับฟังข้อมูลหลาย ๆ แหล่งเพื่อเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้อ้างอิงมากกว่า 1 แหล่ง
11. Creating, Imagining and Innovating (สร้างสรรค์ สร้าง จินตนาการ และ ประดิษฐ์)	เป็นผู้มีความคิดริเริ่มในการหาวิธีใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหารับฟังความเห็นของผู้อื่นมีความพยายามและยอมรับความเสี่ยงในการคิดค้นวิธีการแก้ปัญหา
12. Responding with Wonderment and Awe (ตอบสนองสิ่งที่ไม่รู้ด้วยความสงสัย)	เป็นผู้ที่ชอบลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองในสิ่งที่สงสัย ไม่ปฏิเสธหรือตอบปิดไม่สนใจหาคำตอบ
13. Taking Responsible Risks (ยอมรับความเสี่ยง)	เป็นผู้ยอมรับในผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่ตนเองคิด มองความเสี่ยงว่าเป็นความท้าทายในการพัฒนาตนเอง

ตาราง 2 (ต่อ)

คุณลักษณะของจิตนิสัย	ความหมาย
14. Finding Humor (มีอารมณ์ขัน)	เป็นผู้สร้างบรรยากาศให้สนุก เป็นกันเอง สร้างโอกาสในการพูดคุย เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมให้สามารถพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและร่วมงานกันได้อย่างไม่อึดอัด
15. Thinking Interdependently (คิดอย่างมีอรรถยาศัย)	เป็นผู้มีทักษะการคิดที่ใส่ใจในทีมเพื่อนร่วมงาน มีทักษะในการทำงานเป็นทีม
16. Learning Continuously (เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง)	เป็นผู้ยอมรับและต้องการความรู้อย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาตนเองตลอดเวลา

จากการสังเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะของจิตนิสัยตามแนวคิดของ มาร์ซาโน และ คอสตา พบว่า มาร์ซาโนจะมองจิตนิสัยในมุมมองของบุคคลเดียว นั่นคือ การพิจารณา และการทำทุกอย่างจะอยู่ในบริบทของตนเอง โดยมีขอบเขตอยู่ที่การจัดการตนเอง การพัฒนาตนเอง และมีความรับผิดชอบในตนเองเป็นหลัก ซึ่งองค์ประกอบของคอสตาจะกล่าวถึงการจัดการตนเอง การพัฒนาตนเอง มีความรับผิดชอบ แต่จะเพิ่มเติมในส่วนของการเข้าสังคมด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าแนวคิดของคอสตาจะมีสภาพแวดล้อมหรือสังคมโดยรอบมาเกี่ยวข้องด้วย บนพื้นฐานของแนวคิดที่ว่ามนุษย์เป็นสัตว์สังคม การมีจิตนิสัยจึงต้องเป็นสิ่งที่ส่งเสริมการอยู่ร่วมกันในสังคมให้อยู่ร่วมกันได้ ((Marzano et al., 1993); (A. Costa & Kallick, 2000a))

จากความหมายของการคิดวิศวกรรม และ ความหมายของจิตนิสัย จึงสามารถอธิบายได้ว่า จิตนิสัยวิศวกรรม หมายถึง การแสดงออกทางพฤติกรรมทางความคิดที่เป็นกระบวนการของวิชาวิศวกรรมโดยอัตโนมัติเมื่อพบกับปัญหา การรับส่งข้อมูล การประมวลผลบนแนวคิดของวิชาวิศวกรรมที่เป็นไปตามความเคยชิน ความคุ้นเคยในกระบวนการทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อปัญหาที่พบและเชื่อมโยงกับการคิดเชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาตรงหน้าได้อย่างคล่องแคล่ว โดยระลึกว่าเป็นการพัฒนาความคิดของตนเองตลอดเวลา สามารถจัดการตนเองได้ มีความรับผิดชอบ ถ้ายทอดความคิดผ่านการออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน คำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานและสามารถทำงานเป็นทีมได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการหาคำตอบของปัญหาได้ในที่สุด

จากแนวคิดองค์ประกอบจิตินิสัยที่ได้ศึกษา ผู้วิจัยพบว่าแนวคิดจิตินิสัยในการพัฒนาตนเอง การจัดการตนเอง มีความรับผิดชอบและการอยู่ร่วมกันในสังคม สอดคล้องกับรายงานการวิจัย ((Lucas et al., 2014); (Lucas & Hanson, 2016)) เกี่ยวกับการปลูกฝังจิตินิสัยวิศวกรรมกับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาจนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษา ที่ได้รับแนวคิดองค์ประกอบจิตินิสัยทั้ง 16 ประการของคอสตามาประยุกต์เป็นจิตินิสัยวิศวกรรม ดังนั้น องค์ประกอบของจิตินิสัยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดของคอสตาเป็นต้นแบบในการเสริมสร้างจิตินิสัยของนักเรียนในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดจิตินิสัยทั้ง 16 ประการของคอสตาเป็นสิ่งที่มีความสอดคล้องกับการทำงานของวิศวกร ตามรายงานการวิจัยที่กล่าวถึงความหมายและองค์ประกอบของจิตินิสัยวิศวกรรมในหัวข้อถัดไป

1.2 องค์ประกอบของจิตินิสัยวิศวกรรม

1. องค์ประกอบของจิตินิสัยวิศวกรรม

สืบเนื่องจากการให้ความหมายของการคิดเชิงวิศวกรรม นักการศึกษาและนักวิชาการยังได้ตั้งข้อสังเกตถึงทักษะเบื้องต้นที่วิศวกรพึงมีไว้ โดยการจะฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดทักษะเบื้องต้นทางวิศวกรรมนั้นสามารถเสริมสร้างความเคยชินหรือการปลูกฝังให้คิดแก้ปัญหาจนเป็นนิสัยเพิ่มเติมได้ จากนั้นผู้เรียนจะสามารถพัฒนาตนเองต่อไปได้บนพื้นฐานความคิดเชิงวิศวกรรมผนวกเข้ากับการปฏิบัติจนเกิดความคุ้นเคยและทำเป็นประจำไปในที่สุด ซึ่งองค์ประกอบของจิตินิสัยวิศวกรรมและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องที่มีส่วนสร้างให้เกิดลักษณะนิสัยทางวิศวกรรม

ลูคัสและคณะ (Lucas et al., 2014, p. 15-21) ได้อธิบายถึงองค์ประกอบของจิตินิสัยวิศวกรรมไว้โดยการจำแนกถึงองค์ประกอบของแนวคิดที่สำคัญ คือ เป็นแนวคิดที่ผสมผสานระหว่าง 1. จิตินิสัยคณิตศาสตร์ และ 2. จิตินิสัยวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

จิตินิสัยคณิตศาสตร์ (Cuoco, Goldenberg, & Mark, 1996, p.376-340) เป็นระบบการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีคิดเชิงคณิตศาสตร์และการส่งเสริมและฝึกฝนจนเกิดเป็นลักษณะนิสัยในการคิดเพื่อแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ซึ่งแบ่งเป็นหัวข้อ ดังนี้

1. ช่างสังเกตรูปแบบ : โดยทั่วไปแล้วทุก ๆ ปัญหาจะมีรูปแบบของการกำเนิดปัญหาหรือต้นตอที่ชัดเจน การสังเกตรูปแบบจะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้นและสามารถมองเห็นถึงต้นตอของปัญหาได้ หากผู้เรียนสามารถใช้ทักษะนี้ได้ อย่างคุ้นเคยแล้วจะสามารถย่นเวลาในการค้นหาได้ค่อนข้างมาก

2. ช่างทดลอง : การลงมือทำแม้ว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ไม่ตรงกับที่คาดหวัง แต่สามารถเห็นและเข้าใจว่าวิธีการใดสามารถแก้ปัญหาได้วิธีการใดไม่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ นิสัยช่างทดลองไม่จำเป็นต้องเป็นนักวิทยาศาสตร์เสมอไป เคยมีคำกล่าวว่คณิตศาสตร์เป็น

ราชินีของวิทยาศาสตร์ ฉะนั้นแล้วการทดลองในทางคณิตศาสตร์จึงเปรียบเสมือนการแก้สมการ เพื่อคำตอบมากกว่าการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา

3. เป็นผู้มีคำอธิบาย : หากผู้ถึงวิชาคณิตศาสตร์นั้นหมายถึง วิชาของการอธิบายความเป็นเหตุเป็นผล เมื่อมีการแก้ปัญหาหรือการเลือกวิธีการในการแก้ปัญหา ผู้เรียนจำเป็นต้องมีอธิบายที่เหมาะสมว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว

4. ช่างปรับปรุง : ในการแก้ปัญหานั้น ๆ หลายครั้งจะมีจุดที่บกพร่องที่ทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาค้นหาได้เต็มประสิทธิภาพ การที่ต้องแบ่งปัญหาค้นหาออกเป็นส่วน ๆ เพื่อพิจารณาและแก้ไขเฉพาะจุดนั้นจึงง่ายและรวดเร็วกว่าการคิดใหม่ทั้งหมด อีกนัยก็คือการเป็นผู้ที่พัฒนาความคิด

5. ช่างประดิษฐ์ : ในความหมายทางคณิตศาสตร์นั้นหมายความว่า การสร้างสรรค์วิธีการในการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์สร้างและค้นหาวิธีการใหม่ ๆ อยู่เสมอจนเกิดเป็นทฤษฎีใหม่หรือบทนิยามใหม่

6. ช่างถ่ายทอด : หมายความว่า ในการแก้ปัญหานั้นต้องเกิดจากการบวนการคิดที่เป็นภาษาหรือคำอธิบายส่วนบุคคล แต่ทว่าในการแก้ปัญหานั้น ๆ นั้นจะต้องทำงานเป็นทีมการสื่อสารหรือการถ่ายทอดความคิดให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกันและคิดตามได้ก็เป็นสิ่งสำคัญในจิตนิสัยเชิงคณิตศาสตร์เช่นกัน

7. เป็นผู้คาดคะเน : เป็นการทำนายผลลัพธ์โดยอาศัยข้อมูล หรือผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่พบเจออยู่ในการตัดสินใจหรือใช้ในการเลือกวิธีการหรืออธิบายความสมเหตุสมผลบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีโดยไม่คาดคะเนจากการคิดที่ไม่มีหลักเหตุผล

8. เป็นผู้ตั้งสมมติฐาน : หรืออีกนัยหนึ่งก็คือการคาดเดาผลลัพธ์จากการวางแผนหรือวิธีการที่จะทำให้เกิดผลลัพธ์ตามที่ตั้งสมมติฐานไว้และทำการคำนวณย้อนกลับจากผลลัพธ์สู่วิธีการที่ถูกต้อง

สุรินทร์ บุญพัฒนาภรณ์ (สุรินทร์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559, น. 7) ได้กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการมรasmองใช้ในการคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยจำแนกองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ออกเป็นด้าน ประกอบด้วย ความรู้ทางคณิตศาสตร์ การดำเนินการทางการคิด และอักษณาสัยทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Sam & Yong, 2006) เป็นความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยกฎ ทฤษฎี นิยามทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น และในอีกความหมายหนึ่งความรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท นั่นคือ 1) ความรู้จาก

ข้อเท็จจริงและแนวคิด ซึ่งเป็นความรู้เบื้องต้นของคณิตศาสตร์เช่น สัญลักษณ์ กฎ ทฤษฎีบท นิยาม จำนวนหรือรูปแบบ โดยความรู้ลักษณะนี้สามารถสั่งสอนและถ่ายทอดความรู้ได้ง่าย ทั้งการอธิบายและการตัวอย่างจนเกิดเป็นความรู้ในบุคคลนั้น และ 2) ความรู้จากทักษะส่วนบุคคล หรือ เรียกได้เป็นทักษะส่วนบุคคลหรือการลองผิดลองถูกจนเกิดเป็นความรู้ลักษณะจำเพาะของบุคคล ความรู้ในลักษณะเป็นความรู้ยากต่อการถ่ายทอดและอธิบายเป็นคำพูด แต่ยังสามารถถ่ายทอดได้ โดยการลงมือทำ

2. การดำเนินการทางการคิด เป็นความสามารถในการให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการนำเสนอตัวแทนความคิด

3. อรรถาสัยทางคณิตศาสตร์ เป็นลักษณะนิสัยที่มาจากความเชื่อของผู้เรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยความรู้สึกที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ กล่าวรวมถึงพฤติกรรมที่ตอบสนองต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางที่ดีและไม่ดีโดยจะส่งผลโดยตรงต่อการให้ความสำคัญในวิชาคณิตศาสตร์

จิตนัยวิทยาศาสตร์ (Çalik & Coll, 2012) เป็นระบบวิธีการคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นวิธีคิดคู่ขนานกับจิตนัยคณิตศาสตร์โดยการคิดเชิงวิทยาศาสตร์จะเป็นไปในลักษณะของการทำความเข้าใจในพฤติกรรมของสิ่งนั้น ๆ โดยแบ่งเป็นองค์ประกอบได้ ดังนี้

1. เป็นผู้เปิดใจ : เป็นผู้ที่เปิดรับแนวคิดใหม่อยู่เสมอ พร้อมกับพิจารณาความเป็นไปได้จากข้อมูลที่ได้รับว่าจริงหรือเท็จและยอมรับแนวคิดที่เป็นไปได้
2. ช่างสงสัย : ตั้งคำถามกับตัวเองเสมอถึงสิ่งที่ยังหาข้อสรุปไม่ได้ และพยายามหาข้อพิสูจน์จนกว่าจะสามารถหาข้อสรุปได้
3. เป็นผู้มีเหตุผล : ให้คำอธิบายและเหตุผลที่ดีในเวลาที่ต้องแลกเปลี่ยนความรู้หรือตอบคำถามได้เพียงในเชิงวิชาการ
4. มีความเป็นกลาง : ตัดสินและสรุปข้อมูลตามจริงโดยไม่เอนเอียงตามความรู้สึก ความรู้เดิม หรือสิ่งเก่าที่เคยได้เรียนรู้ เพื่อค้นหาสิ่งใหม่ที่ดียิ่งขึ้นโดยไม่ยึดติด
5. กล้าที่จะแสดงความคิดเห็น : กล้าแสดงความคิดเห็นและยืนหยัดในพื้นฐานของความเป็นเหตุเป็นผลถึงแม้ว่าจะมีสถานะทางวิชาการที่แตกต่างหรือแม้กระทั่งหัวหน้างาน
6. ไม่นำความเชื่อมาเกี่ยวข้อง : การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ดีต้องไม่เกิดจากการอ้างความเชื่อจากสิ่งรอบข้าง เช่น ความเชื่อประเพณี ความเชื่อจากชุมชน แต่ต้องเป็นข้อมูลที่เป็นหลักฐานชัดเจน

7. เป็นผู้ใฝ่รู้ : แสวงหาความรู้ใหม่ ๆ และพร้อมที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา
องค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมที่สำคัญอีกหนึ่งอย่าง นั่นคือ องค์ประกอบ
ของการเป็นมีลักษณะจิตนิสัยที่พึงประสงค์ ซึ่ง แคลลิกและริชาร์ด (Çalik & Coll, 2012, p. 1910-
1920)) ได้กำหนดหัวข้อต่าง ๆ ไว้ ดังนี้

1. มีความอดทน
2. มีการสื่อสารที่ชัดเจนและตรงประเด็น
3. จัดการกับความหุนหันพลันแล่นของตนเองได้
4. รวบรวมข้อมูลโดยใช้ทุกการรับรู้
5. รับฟังด้วยความเข้าใจและเอาใจใส่
6. สร้างสรรค์ จินตนาการ และสร้างนวัตกรรม
7. มีความคิดยืดหยุ่น
8. ตอบสนองต่อสิ่งที่น่าสนใจและน่าสพรึงกลัว
9. คิดพิจารณาเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดของตนเอง
10. ยอมรับต่อความเสี่ยง
11. ฝ่าฟันจนกว่าจะไปถึงเป้าหมายที่ตั้งใจไว้
12. มีอารมณ์ขัน
13. ตั้งคำถามและหาคำตอบ
14. คิดอย่างถ้อยทีถ้อยอาศัย
15. ประยุกต์ความรู้ในอดีตกับสถานการณ์อื่น ๆ
16. เปิดรับการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

จากคำอธิบายขององค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมในข้างต้น ลูคัสและคณะ
((Lucas et al., 2014)) ได้เสนอแนวคิดขององค์ประกอบจิตนิสัยเชิงวิศวกรรม (ภาพประกอบ 4) ไว้
ดังนี้

1. คิดเป็นระบบ หมายถึง การมองภาพรวมของสิ่งที่ปัญหา และลง
รายละเอียดถึงรูปแบบของการทำงาน การมองระบบ การจำแนกส่วนประกอบภายนอกภายในที่
เกี่ยวข้องกัน โดยอ้างอิงจากพื้นฐานความเป็นไปได้โดยอาศัยข้อมูลเอกสาร รวมไปถึงการ
ตั้งสมมติฐานถึงความเกี่ยวข้องกันในระบบนั้นๆ
2. ค้นหาสิ่งที่ปัญหา หมายถึง การค้นหาและตรวจสอบความถูกต้อง
ของระบบที่ได้จากการตั้งสมมติฐานหรือการมองภาพรวมในขั้นการคิดเป็นระบบ ซึ่งการค้นหาและ

ตรวจสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อบ่งชี้ปัญหาจากการตรวจสอบระบบการทำงานที่ละจุดหรือการพบปัญหาจากความผิดพลาดที่ชัดเจน การยืนยันสิ่งที่เป็นปัญหา

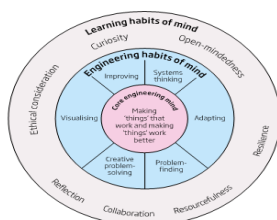
3. การแสดงภาพ หมายถึง การถ่ายทอด นำเสนอสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ออกมาเป็นรูปธรรม

โดยวิธีการต่างๆ เช่น การสเก็ตภาพ การสร้างแผนภาพ การออกแบบ เป็นต้น รวมถึงการเขียนรายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ การจัดการวัสดุ การจินตนาการ ส่วนประกอบของวัสดุที่เป็นไปได้และถ่ายทอดออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพให้ได้ในโลกแห่งความจริง และสามารถทำให้เป็นจริงขึ้นมาได้

4. การเพิ่มพูน หมายถึง ความพยายามไม่ลดละต่อการพัฒนาและการตรวจสอบซ้ำ การคิดทบทวนซ้ำให้เกิดผลที่ดียิ่งขึ้น ให้อารมณ์และประสิทธิภาพมีแนวโน้มดีมากกว่าค่าที่ออกแบบไว้ โดยอาศัยประสบการณ์ จากข้อมูลการทดลอง รวมถึงการสร้างตัวต้นแบบ

5. การสร้างวิธีแก้ปัญหา หมายถึง การประยุกต์ใช้สิ่งต่างๆ เพื่อสรรค์สร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพแวดล้อม ความเป็นไปได้ในสภาวะความเป็นจริง คุณภาพวัสดุ ระดับการใช้งาน เป็นต้น

6. การดัดแปลง หมายถึง การทดลองใช้วิธีการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ผลลัพธ์ การให้ผลสะท้อนการทำงาน การปรับเปลี่ยนวิธีคิด ปรับเปลี่ยนรูปแบบ การปรับสภาพ หรือการปรับแต่งเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ออกมาดียิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 4 Engineering Habit of Mind

ที่มา : (Lucas et al., 2014).

จากนิยามข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรม หมายถึง การรวมแนวคิดที่เป็นจุดเด่นระหว่างความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และความคิดเชิงจิตนิสัย มารวมกันจนเกิดเป็นลักษณะนิสัยหรือจิตนิสัยเชิงวิศวกรรม เนื่องด้วยพื้นฐานการคิดในเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมนั้น มีรากฐานระหว่างจิตนิสัยคณิตศาสตร์ และจิตนิสัย

วิทยาศาสตร์ เป็นการนำหลักการของการคิดเพื่อค้นหาหนทางที่มีประสิทธิภาพที่สุดของคณิตศาสตร์และหลักการของการคิดเพื่อค้นหาสาเหตุของวิทยาศาสตร์ที่เป็นจุดเด่นของการคิดทั้งสองนี้รวมเข้าด้วยกัน ซึ่งองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมในการวิจัยครั้งนี้จะใช้องค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมของ ลูคัสและคณะ (Lucas et al., 2014; Lucas & Hanson, 2016) ดังนี้

1. การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) หมายถึง การมองภาพรวมของสิ่งที่เป็นปัญหา และลงรายละเอียดถึงรูปแบบของการทำงาน การมองระบบ การจำแนกส่วนประกอบภายนอกภายในที่เกี่ยวข้องกัน โดยอ้างอิงจากพื้นฐานความเป็นไปได้โดยอาศัยข้อมูลเอกสาร รวมไปถึงการตั้งสมมติฐานถึงความเกี่ยวข้องกันในระบบนั้นๆ

2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา (Problem-Finding) หมายถึง การค้นหาและตรวจสอบความถูกต้องของระบบที่ได้จากการตั้งสมมติฐานหรือการมองภาพรวมในขั้นการคิดเป็นระบบ ซึ่งการค้นหาและตรวจสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันปัญหาจากการตรวจสอบระบบการทำงานที่ละจุดหรือการพบปัญหาจากความผิดพลาดที่ชัดเจน การยืนยันสิ่งที่เป็นปัญหา

3 การถ่ายทอดความคิด (Visualising) หมายถึง การถ่ายทอด นำเสนอสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ออกมาเป็นรูปธรรมโดยวิธีการต่างๆ เช่น การสเก็ตภาพ การสร้างแผนภาพ การออกแบบ เป็นต้น รวมถึงการเขียนรายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ การจัดการวัสดุ การจินตนาการส่วนประกอบของวัสดุที่เป็นไปได้และถ่ายทอดออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพให้ได้ในโลกแห่งความจริง และสามารถทำให้เป็นจริงขึ้นมาได้

4. การคิดเรียบเรียง (Improving) หมายถึง ความพยายามไม่ลดละต่อการพัฒนาและการตรวจสอบซ้ำ การคิดทบทวนซ้ำให้เกิดผลที่ดียิ่งขึ้น ให้รูปแบบและประสิทธิภาพมีแนวโน้มดีมากกว่าค่าที่ออกแบบไว้ โดยอาศัยประสบการณ์ จากข้อมูลการทดลอง รวมถึงการสร้างตัวต้นแบบ

5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา (Creative-problem solving) หมายถึง การประยุกต์ใช้สิ่งต่างๆ เพื่อสรรค์สร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพแวดล้อม ความเป็นไปได้ในสภาวะความเป็นจริง คุณภาพวัสดุ ระดับการใช้งาน เป็นต้น

6. การดัดแปลงการคิดพัฒนา (Adapting) หมายถึง การทดลองใช้วิธีการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ผลลัพธ์ การให้ผลสะท้อนการทำงาน การปรับเปลี่ยนวิธีคิด ปรับเปลี่ยนรูปแบบ การปรับสภาพหรือการปรับแต่งเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ออกมาดียิ่งขึ้น

ตั้งแต่การคิดเชิงวิศวกรรมนั้นเป็นการผสมผสานแนวคิดของการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ฉะนั้นการดำเนินการทางความคิดเชิงวิศวกรรมจึงได้รับแนวคิดมาจากการดำเนินการทางความคิดคณิตศาสตร์และการดำเนินการทางการคิดวิทยาศาสตร์ด้วย

2. การดำเนินการของจิตนิสัยวิศวกรรม

จิตนิสัยวิศวกรรมมีแนวคิดที่ใกล้เคียงกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งเป็นวิธีการในการสอนและแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในระดับต้น ซึ่งเป็นวิธีการคิดที่ประยุกต์สำหรับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ STEM ที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ((Conrad, 1994); (Dym et al., 2005); (Castelle & Jaradat, 2016)) :ซึ่งการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ช่วยพัฒนาทักษะการคิดให้ผู้เรียนโดยในส่วนของกระบวนการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมนั้นได้แบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้

1. การยืนยันสิ่งที่เป็นปัญหา : เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากสำหรับการแก้ปัญหา เนื่องด้วยในปัญหาแต่ละข้อจะมีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าคำถามจะเหมือนกัน แต่ถ้าตัวแปรต่างกันจะหมายความว่าคำถามข้อนั้นจะต้องใช้วิธีการหรือเทคนิคการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิงก็เป็นได้ ดังนั้น ในขั้นตอนการค้นหาและยืนยันที่สิ่งปัญหาต้องการเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญที่สุดของการเริ่มแก้ปัญหา เพื่อเป็นการลดเวลาและความรวดเร็วในการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม

2. รวบรวมข้อมูลหรือความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ : หลังจากการให้นิยามสิ่งที่ปัญหาต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสำรวจตนเองว่ามีเครื่องมือ ความรู้ หรืออุปกรณ์ที่จำเป็นและเพียงพอต่อการวางแผนในการแก้ปัญหาหรือไม่ ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาในขอบเขตของทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดได้ แต่เพื่อคำตอบและผลลัพธ์ที่ดีที่สุด สิ่งเหล่านี้คือปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยให้การแก้ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา และผลลัพธ์ออกมาเป็นที่น่าพอใจ

3. คิดค้นและสร้างสรรค์วิธีในการแก้ปัญหา : ขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ ซึ่งเทคนิคต่าง ๆ เป็นส่วนหนึ่งที่มีผลต่อเวลาและประสิทธิภาพในการสร้างวิธีการแก้ปัญหา โดยสามารถจำแนกเทคนิคที่ช่วยในการแก้ปัญหาได้ดังนี้ ดังนี้

3.1 การระดมสมอง : โดยทั่วไปแล้ววิศวกรนั้นจะไม่ได้เป็นผู้คิดวิธีการแก้ปัญหาเพียงคนเดียว เทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลายจึงมาจากวิธีการระดมสมอง (Brainstorming) โดยแนวคิดของการระดมสมองมีอยู่ว่า 1) รวบรวมแนวคิดทั้งหมดที่คิดว่าสามารถใช้ได้ 2) คัดแยกแนวคิดที่จากที่รวบรวมไว้ 3) คิดผสมผสานวิธีการแก้ปัญหาจากวิธีการที่

ได้คัดเลือกไว้กับเทคนิคที่หลากหลาย และ 4) ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่คิดว่ามีประสิทธิภาพที่สุดและทำการประเมินจนกว่าจะได้ข้อสรุปที่ชัดเจน

3.2 การตรวจสอบรายหัวข้อ : เป็นเทคนิคหนึ่งที่เรียบง่ายสำหรับการสร้างสรรค์ไอเดียใหม่ ๆ โดยการตั้งหัวข้อของสิ่งที่จำเป็นต้องทำและทำตามหัวข้อไปที่ละหัวข้อ โดยระหว่างการดำเนินการตามหัวข้อนั้นสามารถค้นพบข้อบกพร่องและสามารถแต่งเติมหัวข้อที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นได้ตลอดเวลา

3.3 กำหนดคุณลักษณะ : การกำหนดคุณลักษณะเป็นเทคนิคที่มีส่วนช่วยให้การสร้างวิธีแก้ปัญหาที่มีเป้าหมายที่ชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากการแก้ปัญหาในภาพรวมนั้นต้องอาศัยวัสดุ อุปกรณ์หรือนวัตกรรมเพื่อช่วยในการดำเนินการแก้ปัญหา การกำหนดคุณลักษณะถือว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้ผู้ลงมือแก้ปัญหาวางแผนได้เร็วขึ้น และสามารถปรับปรุงและยืดหยุ่นข้อคุณลักษณะที่กำหนดไว้ได้ตามสถานการณ์

3.4 เทคนิคการบังคับสัมพันธ์ : เทคนิคบางอย่าง วัสดุบางชนิด หรือแนวคิดบางอย่าง จำเป็นต้องใช้ข้อบังคับหรือเทคนิคอีกเทคนิคที่สัมพันธ์กันโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น การออกแบบใบเลื่อยตัดไม้ ใบเลื่อยตัดไม้จำเป็นต้องมีด้ามจับหรือการออกแบบให้เป็นอัตโนมัติก็จำเป็นต้องมีด้ามถือ เป็นต้น การคำนึงถึงสิ่งที่บังคับสัมพันธ์กันจึงเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่ต้องพิจารณาวางแผนแก้ปัญหา

3.5 มุมมองที่แตกต่าง : มุมมองการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากคนในทีมหรือผู้อื่น ไม่ได้หมายความว่าไม่มีประโยชน์ในการคิดวิธีการแก้ปัญหา การทดลองคิดในมุมที่แตกต่างไปจากเดิมหรือการยอมรับและตรวจสอบมุมมองที่แตกต่างจะเป็นการพัฒนาวิธีคิดได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด

4. อุปสรรคที่ส่งผลต่อการคิด (VanGundy, 1982) : กล่าวคือ อุปสรรคมักที่เกิดขึ้นในระหว่างการคิดสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหา การหลีกเลี่ยงสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นก็เป็นอีกเทคนิคที่จำเป็น มีดังนี้

4.1 หลีกเลี่ยงการวางข้อจำกัดที่ไม่จำเป็นในขณะแก้ปัญหา

4.2 ค้นหามุมมองที่แตกต่างของปัญหาโดยหลีกเลี่ยงความเชื่อแบบอุปทานและความเชื่อแบบเหมารวม

4.3 ให้จำไว้ว่าปัญหาที่กำลังแก้เป็นปัญหาที่ไม่ใช่วิศวกรรมทั้งหมด สามารถพิจารณาปัญหาโดยใช้ความรู้จากสาขาวิชาอื่นร่วมได้

4.4 มองหาความสัมพันธ์ที่ห่างไกลและหาสิ่งที่แหวกแนวหรือไม่ใช้วิธีการดั้งเดิมของวิธีการแก้ปัญหา ส่วนใหญ่ผู้คิดวิธีแก้ปัญหามักจะใส่ประสบการณ์และเพิ่มเติมความคิดรูปแบบใหม่ๆลงไปให้วิธีการ

4.5 แบ่งโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนเป็นส่วน ๆ ที่สามารถจัดการได้และจัดจ้กกับการแก้ปัญหาทีละส่วน

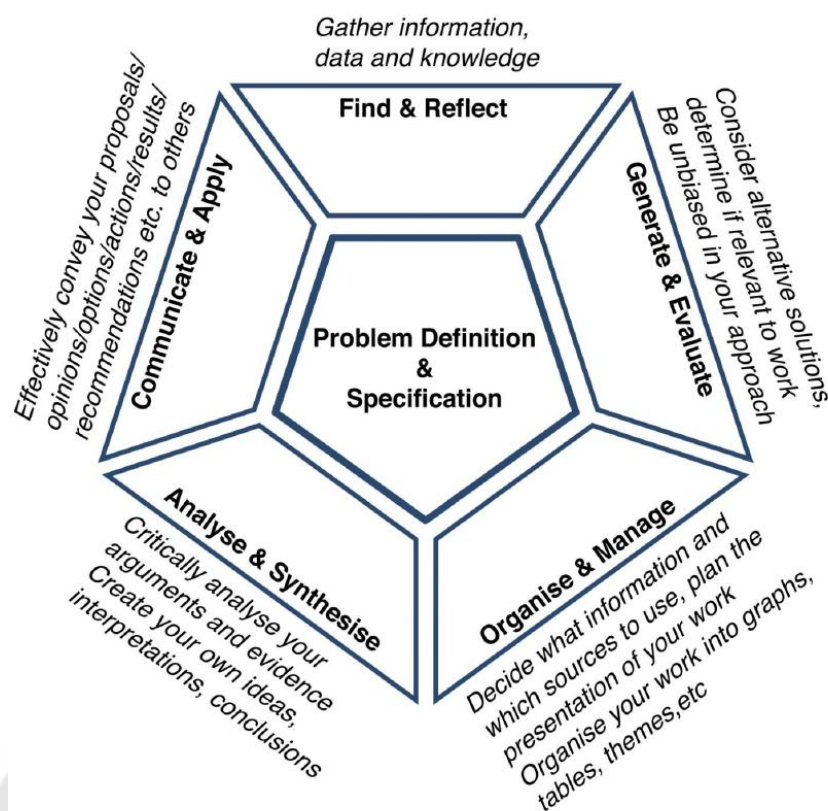
4.6 ให้เวลาสำหรับการบ่มเพาะหลังจากช่วงเวลาทีจัดจ้กกับการแก้ปัญหาอย่างเข้มข้น

4.7 เปิดรับความหลากหลายของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

วิลสันและคณะ (Willison et al., 2016) นำเสนอวิธีการคิดที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการคิดแก้ปัญหา (Optimising Problem Solving : OPS) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดปัญหาและจำแนกข้อมูลจำเพาะ : กำหนดหัวข้อที่จำเป็นต้องทำการแก้ปัญหาแบบเรียงลำดับความสำคัญและจำแนกความหมาย เป้าหมายและผลกระทบ
2. ค้นหาและสะท้อน : รวบรวมข้อมูล สารสนเทศและความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา
3. สร้างและประเมิน : พิจารณาการแก้ปัญหาในหลาย ๆ ทางเลือก และพิจารณาว่าเกี่ยวข้องกับงานหรือไม่โดยไม่เอนเอียง
4. จัดโครงสร้างและจัดการ : ตัดสินใจว่าข้อมูลใดและทรัพยากรอะไรที่ต้องใช้ในการวางแผนการนำเสนอ วางโครงสร้างงานที่ทำให้อยู่ในรูปแบบของแผนภาพ ตาราง รูปแบบ เป็นต้น
5. วิเคราะห์และสังเคราะห์ : วิเคราะห์ข้อมูลและหลักฐานให้ละเอียด สร้างแนวคิดของตัวเองขึ้นมา ทำการแปลความหมายและสรุป
6. สื่อสารและประยุกต์ : ถ่ายทอดข้อเสนอนั้น/ความคิดเห็น/ตัวเลือก/การดำเนินการ/ผลลัพธ์/คำแนะนำ ให้ผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพและเข้าใจมากที่สุด

ซึ่งวิธีการคิด OPS สามารถอธิบายได้เป็นแผนภาพจากในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 Optimising Problem Solving (OPS) Pentagon

ที่มา : Mechanical Engineering Communication Tutors, University of Adelaide, 2014,

จากการศึกษา พบว่า การดำเนินการของจิตนิสัยวิศวกรรมที่มีความเหมาะสมนั้น จำเป็นต้องเกิดกระบวนการในการวิเคราะห์ สังเคราะห์และการลงมือทดลอง ((Eitelberg, 1991)) ซึ่งเป็นกระบวนการทางจิตของมนุษย์ที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากปัญหาที่กำลังเผชิญด้วยการหาคำอธิบาย มองหาจุดอ่อนและวิธีการกำจัดความไม่สมเหตุสมผลจากปัญหาตรงหน้าให้คลี่คลายไปในที่สุด

3. คุณลักษณะของผู้เรียนสาขาวิศวกรรม

เป็ยเลเฟลและรูลิปสัน (Bielefeldt & Rulifson, 2016) ได้แสดงผลการวิจัยในเรื่องของคุณลักษณะที่ดีที่สุดที่มีต่อลักษณะนิสัยของวิศวกร โดยกล่าวว่าลักษณะนิสัยของวิศวกร

และลักษณะนิสัยส่วนบุคคลจะแสดงออกถึงเอกลักษณ์ของการเป็นวิศวกรในสาขานั้น ๆ ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายถึงกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มที่ใช้ในการวิจัย คือ กลุ่มที่ 1 เป็นนักศึกษาปี 1 สาขาวิศวกรรมผังเมือง วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมสถาปัตยกรรมจำนวนอย่างละ 1 ห้องเรียน กลุ่มที่ 2 เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมผังเมืองจำนวน 2 ห้องเรียน และกลุ่มที่ 3 เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่มีความหลากหลายทางสาขาการเรียนวิศวกรรม 3 ห้องเรียน จากการใช้แบบสอบถามที่มีคุณลักษณะทั้งหมด 18 ข้อและให้นักเรียนเรียงลำดับความสำคัญของคุณลักษณะที่แสดงถึงการเป็นวิศวกร และคุณลักษณะที่แสดงถึงลักษณะส่วนตัว ผลปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีลักษณะของคำตอบที่ใกล้เคียงกันสำหรับคำตอบในลักษณะที่แสดงถึงความเป็นวิศวกร แต่ทว่ากลุ่มตัวอย่างที่ 3 ที่มีนักศึกษาในสาขาวิศวกรรมที่หลากหลายให้ผลที่ไม่ตรงกับกลุ่มตัวอย่างในสองกลุ่มแรก แต่ในทางกลับกันนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มซึ่งข้อสังเกตที่ผู้วิจัยตั้งไว้ คือลักษณะส่วนตัวของนักศึกษาทั้งหมดที่เรียนสาขาวิศวกรรมมีความคล้ายคลึงกันจากการตอบแบบสอบถาม ซึ่งมีคำตอบมากที่สุด 6 ลักษณะ ดังนี้

1. ความมุ่งมั่น
2. ความใฝ่รู้
3. ความคาดหวังสูง
4. คำนึงถึงผู้อื่น
5. ความเคารพ/ยอมรับ
6. มองโลกในแง่ดี

โดยผลการสำรวจนี้ไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงถึงการบ่งบอกคุณลักษณะของการเป็นวิศวกรได้ แต่สามารถใช้สรุปได้ว่าคุณลักษณะเหล่านี้เป็นคุณลักษณะเบื้องต้นที่ดีของการเป็นวิศวกร

ในงานวิจัยของอดัมและคณะ (Adams et al., 2010, p. 13-15) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาและการสร้างสรรวิธีการแก้ปัญหาของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมปี 3 โดยในเนื้อหาของงานวิจัยมีขั้นตอนการสัมภาษณ์นักเรียนสาขาวิศวกรรม นักศึกษาสาขาวิศวกรรม และวิศวกรมืออาชีพจากคำถาม 3 ข้อนั้นคือ

Q_1 : คุณคิดว่าอะไรเป็นสิ่งที่ทำให้วิธีการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้ผลลัพธ์ที่ดี

Q_2 : คุณเข้าใจว่าอะไรเกี่ยวข้องความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับวิศวกรรม

Q_3 : คุณคิดว่าจะสามารถพัฒนาทักษะทางวิศวกรรมในระดับอุดมศึกษา
อย่างไร

ซึ่งคำตอบจากบุคคลทั้ง 3 กลุ่มกับข้อคำถามทั้ง 3 ข้อนี้มีความเหมือนและ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางช่วงวัยและระดับการศึกษา โดยระดับของการศึกษา ช่วงอายุและ
ประสบการณ์ก็มีส่วนต่อความเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณลักษณะที่ดีทางวิศวกรรมทั้งในทางการ
พัฒนาตนเองและทิศทางการพัฒนา ดูตาราง 3 ถึง ตาราง 5

ตาราง 3 ตารางแสดงคำตอบของคำถามข้อที่ 1 (Q_1)

นักเรียนวิศวกรรม	นักศึกษาวิศวกรรม	วิศวกร
ประยุกต์ใช้ตรรกะ	ประยุกต์ใช้ตรรกะ	ประยุกต์ใช้ตรรกะ
ใช้ทฤษฎีองค์ความรู้	ใช้ทฤษฎีองค์ความรู้	ใช้ทฤษฎีองค์ความรู้
ทำการวิจัย	ทำการวิจัย	ประยุกต์ใช้ความรู้จากการฝึกฝน และประสบการณ์
ทำความเข้าใจปัญหา	ทำความเข้าใจปัญหา	ทำความเข้าใจปัญหา
พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่น	มีขั้นตอนดำเนินงานและวางแผน ยุทธ	มีขั้นตอนดำเนินงานและวางแผน ยุทธ
ความคิดสร้างสรรค์	ความคิดสร้างสรรค์	ความคิดสร้างสรรค์
วางแผน	มีความมั่นใจ	พูดคุยเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดกับ ผู้อื่น
รับฟังเสียงสะท้อนและเปิดใจ	รับฟังเสียงสะท้อนและเปิดใจ	รับฟังเสียงสะท้อนและเปิดใจ
ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
	สังเคราะห์ข้อมูล	ใช้ความทรงจำที่มีกับปัญหาที่ คล้ายคลึงกัน

ที่ ม ๑ : (Adams et al., 2010) Problem solving and creativity in engineering:
conclusions of a three year project involving reusable learning objects and robots, pp.
12.

ตาราง 4 ตารางแสดงคำตอบของคำถามข้อที่ 2 (Q_2)

นักเรียนวิศวกรรม	นักศึกษาวิศวกรรม	วิศวกร
ความสามารถส่วนบุคคล	เป็นส่วนหนึ่งของกัน	ไว้ค้นหาส่วนที่ต้องการปรับปรุง
เป็นการเปิดใจยอมรับ	ปัญหาภัยพิบัติ	เป็นผลกระทบจากสภาพแวดล้อม
ปัญหาภัยพิบัติ	ความสามารถส่วนบุคคล	ความสามารถส่วนบุคคล
เป็นส่วนหนึ่งของกัน	ไว้ค้นหาแนวคิดใหม่ ๆ	ปัญหาภัยพิบัติ
ไว้ค้นหาส่วนที่ต้องการปรับปรุง	ไว้ค้นหาส่วนที่ต้องการปรับปรุง	ไว้ค้นหาแนวคิดใหม่ ๆ
ไว้ค้นหาแนวคิดใหม่ ๆ	เป็นแขนงวิชาที่เกี่ยวข้อง	เป็นการเปิดใจยอมรับ
เป็นการมองนอกกรอบ	เกี่ยวกับความเฉลียวฉลาด	เกี่ยวกับการหลีกเลี่ยง (สิทธิบัตร)
	เป็นการสร้าง	

ที่ ม ๑ : (Adams et al., 2010) Problem solving and creativity in engineering: conclusions of a three year project involving reusable learning objects and robots, pp. 13.

ตาราง 5 ตารางแสดงคำตอบของคำถามข้อที่ 3 (Q_3)

นักเรียนวิศวกรรม	นักศึกษาวิศวกรรม	วิศวกร
ฝึกฝนเป็นประจำ	ปัญหาในชีวิตจริง	ปัญหาในชีวิตจริง
การทำงานกลุ่ม	การทำงานกลุ่ม	การทำงานกลุ่ม
ทำโครงการ	ฝึกฝนจากโจทย์คำถาม	ความท้าทาย
มีความยืดหยุ่น	พัฒนาขั้นตอนและวิธีการ	เกี่ยวกับทฤษฎี/การฝึกฝน ความรู้
ฝึกฝนจากโจทย์คำถาม		มีแรงจูงใจจากสิ่งแวดล้อม

ที่ ม ๑ : (Adams et al., 2010) Problem solving and creativity in engineering: conclusions of a three year project involving reusable learning objects and robots, pp. 14.

มิตชิงแกรมและคณะ (Missingham, Shah, Sabir, & Willison, 2018, p.8) ได้เสนอรายงานการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนวิศวกรรมโดยใช้วิธี OPS ซึ่งในวิธีดำเนินการวิจัยนั้น ทางผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการทำแบบสอบถามทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบสอบถามชุดเดิมกับกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับมุมมองในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมของตนเอง โดยใช้ข้อคำถามทั้งหมด 15 ข้อ ปรากฏว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทำแบบสอบถามก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ตามตาราง 6

ตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบแบบสำรวจเกี่ยวกับมุมมองความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม

Pre survey			Post survey			
	N=229 (Cronbach's alpha = 0.93)		N=161 (Cronbach's alpha = 0.96)			
Item #	Pre mean	Pre std deviation	Post mean	Pre std deviation	Significance level of difference between pre & post means	Effect size
1	1.65	1.17	1.58	1.36	0.881	-0.05
2	1.00	1.19	1.25	1.19	0.015	0.21
3	0.99	1.09	1.31	1.19	0.000	0.30
4	1.07	1.20	1.33	1.26	0.014	0.22
5	0.87	1.21	1.37	1.25	0.000	0.41
6	1.06	1.24	1.50	1.37	0.000	0.36
7	1.03	1.17	1.64	1.20	0.000	0.52
8	0.89	1.26	1.31	1.37	0.000	0.34
9	0.76	1.32	1.25	1.38	0.000	0.37
10	1.06	1.20	1.39	1.27	0.002	0.28
11	0.79	1.20	1.22	1.28	0.000	0.36
12	0.45	1.61	1.02	1.37	0.000	0.36
13	0.55	1.47	1.21	1.34	0.000	0.45
14	0.89	1.42	1.34	1.38	0.002	0.31
15	1.97	1.45	1.95	1.45	0.997	0.01
P< 0.010						

ที่ ม ๑ (Missingham et al., 2018) Student engineers optimizing problem solving and research skills

จากการสังเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติที่ดีทางวิศวกรรมได้ข้อสรุปว่า คุณลักษณะที่ดีทางวิศวกรรม คือ เจตคติที่ดีในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมและมีลักษณะที่ดีในการเรียนและประกอบอาชีพทางวิศวกรรมซึ่งประกอบด้วย ความมุ่งมั่น ความใฝ่รู้ การมองโลกในแง่ดี เป็นต้น ประกอบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมที่อธิบายถึงความทักษะที่สามารถที่เพิ่มขึ้นหลังจากบรรลุการจัดการเรียนรู้แล้ว คุณลักษณะที่ผู้เรียนมีต่อวิธีในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมนั้นเพิ่มขึ้นตามระดับความรู้ที่เพิ่มมากขึ้น นั่นคือคุณลักษณะที่ดีทางวิศวกรรมของนักเรียนสามารถเพิ่มขึ้นได้จากความเชื่อของนักเรียนที่สามารถแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้ ซึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมในการเปิดรับความรู้ทางวิศวกรรมที่มากขึ้น โดยผู้วิจัยจะศึกษาคุณลักษณะที่ดีต่อสาขาวิศวกรรมของนักเรียนใน 7 หัวข้อ ดังนี้

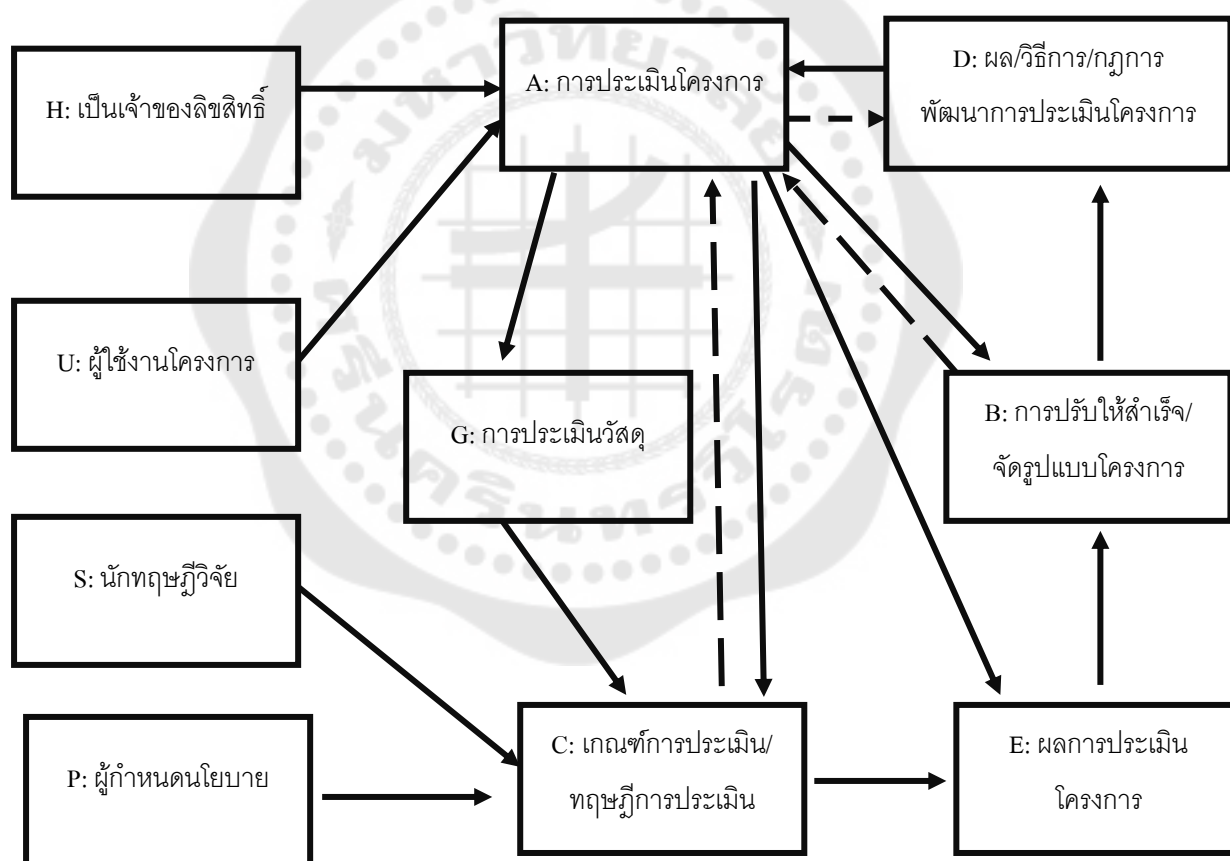
1. ความใฝ่รู้
2. จิตใจที่เปิดกว้าง
3. ความคิดที่ยืดหยุ่น
4. เป็นคนช่างคิด
5. การทำงานเป็นทีม
6. การสะท้อนคิด
7. ความมีจริยธรรม

1.3 การวัดและประเมินผลจิตนิสัยวิศวกรรม

เพื่อให้ทราบว่านักเรียนมีระดับความคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเป็นอย่างไร ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการวัดและประเมินผลจิตนิสัยวิศวกรรมที่เหมาะสมโดยมีรายละเอียดที่ได้ศึกษาดังนี้

ลี (Li & Xiong, 2011, p.352) ได้กล่าวว่า การทำงานของวิศวกรมักมีรูปแบบเป็นโครงการหรือโครงการงานซึ่ง การจะวัดและประเมินผลเพื่อให้ได้ผลการวัดและประเมินที่แม่นยำนั้น จำเป็นต้องมีระบบการประเมินที่เป็นขั้นตอนและมีความชัดเจนในแต่ละขั้นตอน (Rossi, Lipsey, & Freeman, 2004, p.134-135) ซึ่งการวัดและประเมินผลโครงการทางวิศวกรรมนั้นมีความจำเป็นต้องประเมินอย่างเป็นระบบในรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เพื่อนำขั้นตอนการดำเนินการและผลลัพธ์ที่ได้จากเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินโดยเฉพาะและเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจของผู้กำหนดนโยบายหรือเป้าหมายและการปรับปรุงโครงการให้ดีขึ้น การวัดและประเมินทางวิศวกรรมจะมีรูปแบบการประเมินที่ต่างแตกต่างกันออกไป โดยภาพรวม คือ การจำแนกหัวข้อที่

เกี่ยวข้อง เช่น การประเมินหัวข้อ, การประเมินวัตถุประสงค์/ชิ้นงาน, การประเมินเป้าประสงค์และมาตรฐาน, การประเมินระยะเวลาและสถานที่, การประเมินทฤษฎีและวิธีการ และการประเมินสภาพแวดล้อม (Li & Xiong, 2011, p.354-357) และแกนกลางที่สำคัญที่จะช่วยให้การวัดและประเมินในหัวข้อที่ได้กล่าวมาในข้างต้น นั้นคือจำเป็นต้องมีเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสมด้วย โดยระบบการประเมินโครงการที่เป็นระบบสามารถสังเกตได้จากภาพประกอบ 6 จะเห็นได้ว่าการประเมินทางวิศวกรรมนั้น นอกจากการประเมินทางทฤษฎีแล้วจะอาศัยการประเมินจากทางอื่นด้วย เช่น จากผู้เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ (สำหรับตรวจสอบในกรณีที่มีการเลียนแบบลิขสิทธิ์) จากผู้ใช้งานหรือลูกค้า จากผู้กำหนดนโยบาย (สำหรับโครงการที่มีผลต่อผู้กำหนดนโยบาย เช่น รัฐบาล) ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบในการประเมินมีความละเอียดมากกว่าการประเมินเพื่อตรวจคะแนน



ภาพประกอบ 6 The Structure of the Project evaluation system

ที่มา : (Li & Xiong, 2011) The Structure of Engineering Project Evaluation System: Model and Analysis

ราชบัณฑิตสถานวิศวกรรม (Royal Academy of Engineering, (Engineering, n.d.) ได้กล่าวว่า การวัดและประเมินผลจากการรวบรวมหลักฐานข้อมูลจะช่วยให้สามารถประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของโครงการได้ ที่สำคัญที่สุดคือการวัดและประเมินนี้สามารถช่วยชี้จุดที่สามารถปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาสำหรับงานต่อไปในอนาคตได้ การวัดและประเมินไม่ใช่สิ่งพิสูจน์ถึงความสำเร็จเท่านั้น แต่ยังหมายถึงสิ่งที่เป็นความรู้และบทเรียนจากการทำงานจากประสบการณ์ที่จะกลายเป็นความทรงจำที่มีคุณค่าสำหรับงานต่อไป การวางแผนหรือขั้นตอนการวัดและประเมินที่จะช่วยในการออกแบบการทำงาน โครงให้มีประสิทธิภาพ สามารถเริ่มต้นด้วยการตั้งคำถาม 6 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. ต้องการจะค้นหาอะไร
 2. สิ่งนี้จะช่วยคุณอย่างไร
 3. ปริมาณเวลา ทุนทรัพย์และบุคลากรมีเท่าใด
 4. ต้องการแสดงผลงานต่อผู้ชมในลักษณะใด ใจหายความท้าทายอะไรที่
ต้องการจะนำเสนอ
 5. อะไรคือวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่เป็นเป้าหมายของการประเมิน
 6. จะเผยแพร่ผลงานที่ประเมินแล้วให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับงานอย่างไร
- ทรอสคอฟสกีและซาแบก (Trotsky & Sabag, 2016, p.8434-8437) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลว่า การประเมินมีความสำคัญมากต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ซึ่งทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม (พีระมิดการเรียนรู้ของบลูม : Bloom's Taxonomy) ได้แสดงถึงขั้นตอน คุณภาพ และประสิทธิภาพในขั้นการเรียนรู้แต่ละขั้นที่จะส่งผลต่อความเข้าใจของผู้เรียน โดยในยุคปัจจุบันนี้ลักษณะการเรียนรู้ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจึงทำให้การตีความเกี่ยวกับการอธิบายการเรียนรู้ของบลูม (Anderson & Krathwohl, 2001) ซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจในหมายคามของทักษะหรือสมรรถนะที่ต้องการปลูกฝังกับผู้เรียนมากขึ้น เมื่อมีความชัดเจนในหมายคาม การวัดและประเมินผลย่อมมีความชัดเจนในเป้าหมายเช่นกัน (Dictionary, 1989), (Eitelberg, 1991) แต่ทว่าการวัดและประเมินผลที่เที่ยงตรงสำหรับผู้เรียนทุกคนนั้นทำได้ยาก ดังนั้นการวัดและประเมินผลโดยการประมาณค่าที่ใกล้เคียงความสามารถของผู้เรียนจึงเป็นสิ่งที่ใช้ในการอธิบายและระบุถึงระดับความสามารถของผู้เรียนกันไปในปัจจุบันนี้ มีงานวิจัยมากมายที่พยายามในการสร้างแผนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งการประเมินทักษะความรู้ ความสามารถ จนถึงระดับสมรรถนะของผู้เรียนที่เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาดตนเองได้อย่างต่อเนื่อง เป็นต้น

เกณฑ์การให้คะแนน (Rubric Score) เป็นการกำหนดคะแนนที่มีความละเอียด เป็นอย่างมากโดยการจำแนกหัวข้อที่ต้องการวัดและประเมินออกเป็นหัวข้อ และกำหนดน้ำหนัก คะแนนตามหัวข้อที่ต้องการวัดและประเมินไว้ตามความเหมาะสม ซึ่งคะแนนนั้นจะบ่งบอก สัมพันธ์ที่มีต่อคุณภาพและพฤติกรรมของคำตอบที่ผู้เรียนได้แสดงไว้เป็นหลักฐาน (M. Lammi et al., 2018, p.5) เกณฑ์การให้คะแนนนี้จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวัดและประเมินผลผู้เรียน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนที่สุด

ดูแกนและคณะ (Dugan, Mosyjowski, Daly, & Lattuca, 2022, p.840) ได้ เสนองานวิจัยที่เกี่ยวกับภาพรวมของการประเมินการคิดเชิงวิศวกรรมจากงานวิจัยที่ได้รวบรวมไว้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้เข้าถึงระบบการประเมินการคิดเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นประโยชน์ อย่างมากสำหรับเป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งรูปแบบของการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การวัดและประเมินตามลักษณะ

เป็นการประเมินจากลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยมี 4 ประเภท ดังนี้

1.1 การวัดและประเมินผลอิงตามพฤติกรรม ((Lavi, Dori, & Dori, 2020, p.157-160; Lavi, Dori, Wengrowicz, & Dori, 2019, p.42-45) ทักษะที่สำคัญทักษะหนึ่งของ วิศวกรนั้นคือการคิดอย่างเป็นระบบ และวิธีการที่ใช้ในการวัดและประเมินทักษะ ความรู้ ความสามารถ คือการวัดและประเมินตามหัวข้อ โดยผู้ประเมินต้องตั้งคำถามเพื่อให้ได้หัวข้อที่ ต้องการประเมินอย่างชัดเจน คือ 1) คุณลักษณะอะไรที่ควรตั้งเป็นหัวข้อการวัดและประเมินระบบ การคิดของนักเรียนวิศวกรรมและประกอบด้วยอะไรบ้าง 2) ควรแบ่งขอบเขตคะแนนอย่างไรเพื่อวัด ระดับระบบความคิดของนักเรียนวิศวกรรม ที่นักเรียนได้แสดงออกเกี่ยวกับรูปแบบแนวคิดที่เป็น ระบบของนักเรียนเอง

1.2 การวัดและประเมินผลอิงตามความชอบ ((Castelle & Jaradat, 2016, p.81-85),(Jaradat et al., 2019)) แบบวัดและประเมินผลทักษะความรู้ ความสามารถของ ระบบความคิดของแต่ละบุคคล ส่วนหนึ่งของระบบการคิดนั้นมีแรงจูงใจมาจากความเป็นตัวเอง หรือความชอบส่วนบุคคล โดยเราสามารถวัดได้โดยอิงจากการตอบข้อคำถามที่สามารถแสดงให้เห็นถึงความชอบของบุคคลนั้นได้

1.3 การรายงานตนเอง เป็นการประเมินที่ให้ผู้เรียนได้ตอบคำถาม เกี่ยวกับการพัฒนาของตนเอง เช่น “นักเรียนคิดว่านักเรียนควรให้คะแนนตนเองเท่าใดในแต่ละ ทักษะการเรียนรู้ที่ผ่านมา” การให้ผู้เรียนประเมินตนเองเป็นรูปแบบหนึ่งที่ใช้เพื่อกระตุ้นพัฒนาการ

แต่ต้องผสมผสานกับการชี้แนะที่เหมาะสมหากนักเรียนคนดังกล่าวมีความสามารถในการเรียนรู้ที่ช้า

1.4 การวัดและประเมินการรับรู้ ((Hu & Shealy, 2018)) ได้ใช้การประเมินผลการรับรู้ของสมองและประสาทสัมผัสโดยให้ผู้รับการประเมินสวมใส่เครื่องสแกนตรวจจับการทำงานของสมอง (functional near-infrared spectroscopy : fNIRS) และตั้งคำถามให้ผู้เข้ารับการประเมินตอบแล้วสังเกตความเปลี่ยนแปลงของสมอง ซึ่งวิธีการวัดในลักษณะนี้เป็นการวัดการทำงานของสมองโดยตรง โดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลทางการแพทย์

2. การวัดและประเมินตามรูปแบบ

เป็นการประเมินจากผลงาน ชิ้นงาน หรือการบ้านของนักเรียนเพื่อวัดและประเมินผลผู้เรียนมี 8 ประเภท ดังนี้

2.1 จากการสร้างแผนภาพ การสร้างแผนภาพความคิดหรือผังความคิดสามารถแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีระบบความคิดอยู่ในระดับใด โดยการวัดและประเมินผลงานในรูปแบบของแผนผังความคิดนั้นมียานวิจัยรองรับอย่างแพร่หลาย ทั้งการประเมินจากคำสำคัญจากความสมเหตุสมผลของการเชื่อมโยง เป็นต้น

2.2 จากโจทย์สถานการณ์ เป็นการตั้งโจทย์ปัญหาที่สมมติให้ผู้เรียนอยู่ในสถานการณ์และต้องแก้ปัญหาในขณะนั้น เช่น “นักเรียนเพิ่งจะซื้อตุ๊กตามาใหม่เพื่อเลี้ยงปลา หลังจากนั้นสองอาทิตย์พบว่าน้ำในตู้เปลี่ยนเป็นสีเขียว นักเรียนจะแก้ปัญหาอย่างไร” และให้นักเรียนตอบคำถามด้วยวิธีการแสดงคำตอบในรูปแบบต่าง ๆ ที่นักเรียนถนัด เช่นการวาดแผนภาพ หรือการเขียนแนวคิดและการแก้ปัญหา

2.3 จากคำถามปลายเปิด เป็นการวัดและประเมินจากการตอบสนองของนักเรียนต่อคำถามซึ่งไม่จำกัดวิธีการในการใช้ความรู้ การวางแผน และการนำเสนอ แต่จะมุ่งเน้นไปที่แนวคิดของการแก้ปัญหาในระยะยาวที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด และสามารถสอดแทรกปัญหาเฉพาะหน้าเพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาก็ได้

2.4 จากการถามตอบ ถามนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิด ความเกี่ยวข้อง การแก้ไข หรือคำถามอื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับหัวข้อที่ต้องการวัด หรือแม้กระทั่งให้นักเรียนพูดอธิบายแทนการนำเสนอแผนภาพเพื่อวัดความสามารถในการสื่อสาร เป็นต้น

2.5 จากการเติมคำลงในช่องว่าง วิธีการวัดโดยการเติมคำตอบ สามารถวัดและประเมินทักษะได้ในวงแคบเมื่อเทียบกับการวัดและประเมินในลักษณะอื่น เนื่องจากคำตอบที่ใช้เติมลงในช่องว่างจะอิงจากความรู้หรือการวิเคราะห์จากข้อมูล กราฟ หรือตารางที่โจทย์กำหนดให้

2.6 จากคำตอบหลายตัวเลือก หรือเรียกว่าข้อคำถามแบบปรนัย ซึ่งเป็นวิธีการในการวัดและประเมินที่แพร่หลายที่สุดเมื่อเทียบกับการวัดและประเมินอื่น สามารถรวบรวมข้อมูลได้เร็ว จัดการข้อมูลได้ง่าย ซึ่งคำตอบที่ต้องการจากการเก็บข้อมูลคำตอบในลักษณะนี้อาจไม่ได้คำตอบที่แม่นยำกับตัวนักเรียน การตั้งคำถามเพื่อให้ได้คำตอบและผลการประเมินที่ชัดเจนถือว่าเป็นความท้าทายของผู้ตั้งคำถามเป็นอย่างมาก

2.7 จากการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ให้นักเรียนเผชิญกับปัญหาตรงหน้า และแก้ปัญหาจริง ๆ โดยตนเอง ในวิธีการวัดและประเมินนี้มีความสามารถใช้เกมเป็นตัวช่วยในการประเมิน จาราดัตและคณะ (Jaradat et al., 2019) ได้นำอุปกรณ์เกม Virtual Reality (VR) มาใช้ในการวัดและประเมินผลการคิดของนักเรียนจากผลคะแนนที่ได้จากการแก้ปัญหาในเกม

2.8 จากการวัดและประเมินด้วยวิธี fNIRS ซึ่งก็คือการประเมินจากการสแกนการทำงานของสมองด้วยอุปกรณ์ โดยจะประเมินจากเวลาที่นานกว่าในแบบที่ 1.4) ซึ่งผู้เข้ารับการประเมินจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ fNIRS และตอบคำถามจากแบบวัดและประเมินในรูปแบบต่าง ๆ เช่นการเติมคำตอบ แบบหลายตัวเลือก เป็นต้น

3. ขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวัดและประเมินระบบการคิด

ในขอบเขตของเนื้อหาผู้ประเมินต้องประเมินให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ได้ถ่ายทอดหรือจัดการเรียนรู้กับนักเรียน ซึ่งระดับความยาก-ง่ายขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ และหัวข้อของการเรียนรู้ด้วย

มิชาลัคและคณะ (Michaluk, Martens, Damron, & High, 2016, p.93-96) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อ การพัฒนาการวิธีการจัดการเรียนการสอนและการประเมินทักษะการคิดในนักเรียนวิศวกรรมชั้นปีที่ 1 โดยการทดสอบจากการตอบปัญหาเกี่ยวกับปัญหาทางวิศวกรรมทั่วไป ซึ่งได้เสนอการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงวิศวกรรม โดยจำแนกลักษณะการให้คะแนนออกเป็น 6 หัวข้อตามขั้นตอนในการแก้ปัญหา (ตารางประกอบ 7) ดังนี้

ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินทักษะการคิดทางวิศวกรรม

หัวข้อ	
บทนำ	เต็ม 5 คะแนน
ที่มา	1
ความชัดเจนของบทนิยามเฉพาะระหว่างการผลิตและกระบวนการออกแบบ	1
จุดประสงค์สำคัญของการผลิตและกระบวนการออกแบบในวิศวกรรม	1
รายงานการค้นคว้า บทนำคำถามว่า “อะไรคือความแตกต่างระหว่างการผลิตและกระบวนการ”	1
การเลือกใช้แหล่งข้อมูลที่ต้องการ	1
วิธีการ	เต็ม 10 คะแนน
คำอธิบายการทำงานของทีม	2
ความชัดเจนของการอธิบายการทำงานของทีมในการตัดสินใจเลือกกระบวนการดำเนินการ การเลือกเครื่องบิน	2
การอธิบายการทำงานของทีมในการสร้างตัวต้นแบบ	2
การเลือกใช้วัสดุ	2
ขั้นตอนวิธีการในการสร้าง	2
ผลลัพธ์	เต็ม 10 คะแนน
การอธิบายระดับการทำงานทั้งในหัวข้อของการผลิตและกระบวนการออกแบบ	2
การนำเสนอข้อมูลที่ชัดเจนของทีมงาน (ในรูปแบบแผนภาพ)	2
เหตุผลของการให้คะแนนอันดับของทีมงานเอง	3
การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างทีมงานเองและทีมอื่นๆ	3

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อสรุป	เต็ม 5 คะแนน
บอกจุดเด่น/จุดด้อยของผลิตภัณฑ์	1
บอกจุดเด่น/จุดด้อยของการทำงานของทีมงานในเรื่องการผลิตและกระบวนการ ออกแบบ	2
การอธิบายการทำงานของทีมงานที่มีผลในการขับเคลื่อนการผลิตและกระบวนการ ออกแบบ	2
ความนัย	เต็ม 10 คะแนน
การแสดงความคิดเห็นความเข้าใจของตนเองระหว่างแนวคิดการผลิตและ แนวคิดกระบวนการออกแบบ (แตกต่างที่ และ สำคัญที่)	4
การแสดงความคิดเห็นถึงวิธีการการผลิตและกระบวนการออกแบบของกลุ่ม อื่นๆ	3
การแสดงความคิดเห็นที่ว่า “ทำไมความเข้าใจถึงวิธีการทางวิศวกรรมจึงสำคัญ”	3
ทักษะที่จำเป็นพื้นฐาน	เต็ม 10 คะแนน
การส่งงานทาง Dropbox/Microsoft Word	1
การกำหนดขนาดของหน้ากระดาษ	1
การกำหนดขนาดของตัวอักษร	1
การจัดกลุ่มหัวเรื่อง/หน้ากระดาษ	1
บรรณานุกรม	2
การพิสูจน์อักษร	2
การใช้ถ้อยคำที่ชัดเจน	2

ที่ ม ๑ : (Michaluk et al., 2016), Developing a Methodology for Teaching and Evaluating Critical Thinking Skills in First-Year Engineering Students.

สตรีเมลและคณะ (Strimel, Kim, Bartholomew, & Cantu, 2018) ได้ทำศึกษาหัวข้อ การทดสอบความรู้ทางการคิดเชิงวิศวกรรมที่มีต่อประสบการณ์และทักษะของผู้เรียนในนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนปลายเกรด 8 (8 Grade) และนักเรียนเตรียมวิศวกรรมเกรด 12 (12 port-secondary engineering students) ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลจากการทดสอบการกรองน้ำให้มีคุณภาพโดยวัดจากความขุ่นของน้ำ ในแต่ละหัวข้อดังนี้ การวิเคราะห์ การสื่อสาร การออกแบบ การตีความข้อมูล การคาดการณ์ การตั้งคำถามและการสังเคราะห์ โดยออกแบบเป็นเกณฑ์ตารางการให้คะแนน ดังตารางประกอบ 8 ต่อไปนี้

ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินทักษะการคิดเชิงวิศวกรรม

หัวข้อ	5 – 4 คะแนน	3 – 2 คะแนน	1 – 0 คะแนน
การค้นคว้า	มีการค้นคว้าที่ตรงกับเนื้อหา มีคำตอบและรายงานแนวคิดที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา	มีการค้นคว้าที่ตรงกับเนื้อหา บ้าง แต่ก็มีรายงานแนวคิดที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา	การค้นคว้าไม่ตรงกับเนื้อหา และไม่มีรายงานหรือร่องรอยใดที่เกี่ยวข้องกันเลย
การหาคำตอบที่หลากหลาย	มีการพัฒนาคำตอบหรือแนวคิดที่ได้จนได้ความหลากหลายในวิธีการ	มีการพัฒนาคำตอบหรือแนวคิดบ้าง และได้คำตอบมาพอประมาณ	ไม่มีการคิดต่อยอดหรือพัฒนาคำตอบที่ค้นคว้า ไม่มีแนวคิดและแนวทางการตอบปัญหาใหม่เลย
การให้เหตุผลรองรับ	มีเหตุผลที่หนักแน่นและชัดเจนในการอธิบายถึงโครงสร้างที่ออกแบบไว้	มีเหตุผลที่สามารถอธิบายถึงโครงสร้างที่ออกแบบไว้ได้ แต่ไม่ชัดเจน	ไม่มีเหตุผลที่ชัดเจนหรือนำเหตุผลของผู้อื่นมาอ้างโดยไม่พิจารณา
การเลือกใช้วัสดุ	มีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีที่เหมาะสมกับงบประมาณและเกณฑ์การใช้งาน	มีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม บ้าง แต่คุณภาพและประสิทธิภาพในการเกณฑ์ใช้งานไม่เหมาะสม	วัสดุไม่มีคุณภาพไม่มีการคัดกรองพิจารณาก่อนการนำมาใช้
ประสิทธิภาพของตัวต้นแบบ	มีคุณภาพการกรองน้ำในระดับดีสามารถทำให้น้ำมีค่าความขุ่นน้อยกว่าที่กำหนดไว้ได้	มีคุณภาพในการกรองน้ำที่พอใช้ สามารถกรองน้ำได้บ้าง แต่ยังคงความขุ่นอยู่	ไม่สามารถใช้กรองน้ำได้เลย หรือค่าความขุ่นของน้ำไม่แตกต่างจากเดิม

ตาราง 8 (ต่อ)

หัวข้อ	5 – 4 คะแนน	3 – 2 คะแนน	1 – 0 คะแนน
ความทนทานของตัวต้นแบบ	หลังจากผ่านการทดลองแล้ว ไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นกับตัวต้นแบบที่สร้าง ไม่มีจุดใดที่ต้องการการซ่อมแซมเลย	หลังจากผ่านการกรองน้ำแล้วมีความเสียหายเกิดขึ้นกับตัวต้นแบบ แต่สามารถซ่อมแซมและแก้ไขได้ หรือ ต้องการการแก้ไขในระดับหนึ่งถึงใช้งานต่อได้	มีความเสียหายเกิดขึ้นกับตัวต้นแบบหลังจากการกรองน้ำ ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือไม่สามารถซ่อมแซมได้เลย
การใช้งานตัวต้นแบบ	ตัวต้นแบบมีการใช้งานง่าย โครงสร้างที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายสำหรับผู้ใช้งาน	ตัวต้นแบบมีการใช้งานที่ต้องระมัดระวัง หรือโครงสร้างที่ดูเข้าใจถึงวิธีการใช้งานที่ค่อนข้างยาก	ใช้งานได้ยากมาก ต้องอาศัยการอธิบายหรือขยายความผ่านผู้สร้างหรือใบแนะนำการใช้สำหรับผู้ใช้งาน
การจดบันทึก	มีร่องการทำงานผ่านบันทึกที่มีมีร่องรอยการฝึกฝนและประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้บันทึกไว้	มีระดับการฝึกฝนที่พอใช้สามารถนำสิ่งที่จดไว้มาประยุกต์ใช้ได้ แต่บันทึกหรือร่องรอยการทำงานอาจตรวจสอบได้ยาก	มีระดับการฝึกฝนที่ควรปรับปรุง ร่องรอยการทำงาน การบันทึก หรือการฝึกฝนอยู่ในระดับที่ตรวจสอบได้ยาก
การทดสอบตัวต้นแบบ	มีการทดสอบตัวต้นแบบก่อนการนำมาใช้งานจริง มีอ้างอิงการทดสอบโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนที่ละขั้นตอนและสามารถวิเคราะห์ทิศทางของข้อมูลที่เก็บได้อย่างมีนัยสำคัญ	มีการทดสอบตัวต้นแบบบ้าง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบบ้าง แต่ผู้เก็บข้อมูลกลับไม่สามารถเห็นทิศทางหรือแนวโน้มของข้อมูลได้	มีการทดสอบตัวต้นแบบก่อนการใช้งานจริงเพียงเล็กน้อย ไม่มีการเก็บข้อมูลในการทดสอบหรือระบบการสอบที่ไม่เป็นขั้นตอน
การแก้ไขตัวต้นแบบ	มีการประเมินผลประสิทธิภาพในการทำงานของตัวต้นแบบที่ได้นำไปใช้งานจริงและนำมาปรับปรุงให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิมที่ละขั้นตอน	มีการประเมินผลประสิทธิภาพในการทำงานของตัวต้นแบบแต่มีการปรับปรุงที่เล็กน้อยและไม่ส่งผลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมากนัก	ไม่มีร่องรอยในการประเมินผลหรือปรับปรุงตัวต้นแบบเลย

ที่ ม ๑ : (Strimel et al., 2018), Examining Engineering Design Cognition with Respect to Student Experience and Performance.

เนื่องจากจิตนิตยวิศวกรรมเป็นทักษะที่เน้นปลูกฝังให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องและลงปฏิบัติเพื่อให้ได้ชิ้นงานออกมาอย่างเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถถ่ายทอดผลงานให้ออกมาเป็นที่ประจักษ์แต่นักเรียนไม่ได้เขียนหรือแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการคิดอย่างไร นั่นคือการที่นักเรียนไม่แสดงวิธีคิดไม่ใช่หมายความว่านักเรียนจะไม่มีหลักการคิดตามที่สอน ซึ่งในจุดนี้ผู้สอนจึงต้องวัดและประเมินจากผลงานของนักเรียนแทน โดยการประเมินที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของนักเรียนอีก 2 ลักษณะคือ การวัดและประเมินผลฐานสมรรถนะและการวัดและประเมินตามสภาพจริง

4. การวัดและประเมินผลฐานสมรรถนะ

การวัดและประเมินผลฐานสมรรถนะ (Competency-Based Assessment : CBA) เป็นการประเมินผลการจัดการเรียนรู้เพื่อบ่งบอกว่านักเรียนได้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด สิ่งใดที่มีประสิทธิภาพ สิ่งใดที่ควรปรับปรุง เพื่อพัฒนานักเรียนให้ได้เต็มศักยภาพ (วรรณดี แสงประทีปทอง, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินสมรรถนะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จำแนกเป็น 3 ประการ ดังนี้

1. การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) คือ การประเมินเพื่อวินิจฉัยปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียน หรือการทำงานของนักเรียนในระหว่างที่กำลังจัดการเรียนการสอน ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ของครูและนักเรียน เช่น พัง พุด ถาม ตอบ เพื่อให้ได้คำตอบที่สะท้อนความคิด การประเมินลักษณะนี้เป็นการประเมินความก้าวหน้า (Formative Assessment) ในชั้นเรียน

2. การประเมินขณะเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ของนักเรียนในขณะที่เรียนเพื่อให้นักเรียนได้เกิดการปรับปรุงและตระหนักถึงการเรียนรู้ของตนเอง เป็นการให้นักเรียนได้ประเมินตนเองขณะเรียนรู้ ซึ่งเป็นการประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง

3. การประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of Learning) เป็นการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยครูมีบทบาทหลักในการประเมินตามเกณฑ์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการประเมินแบบสรุปผลรวม (Summative Assessment)

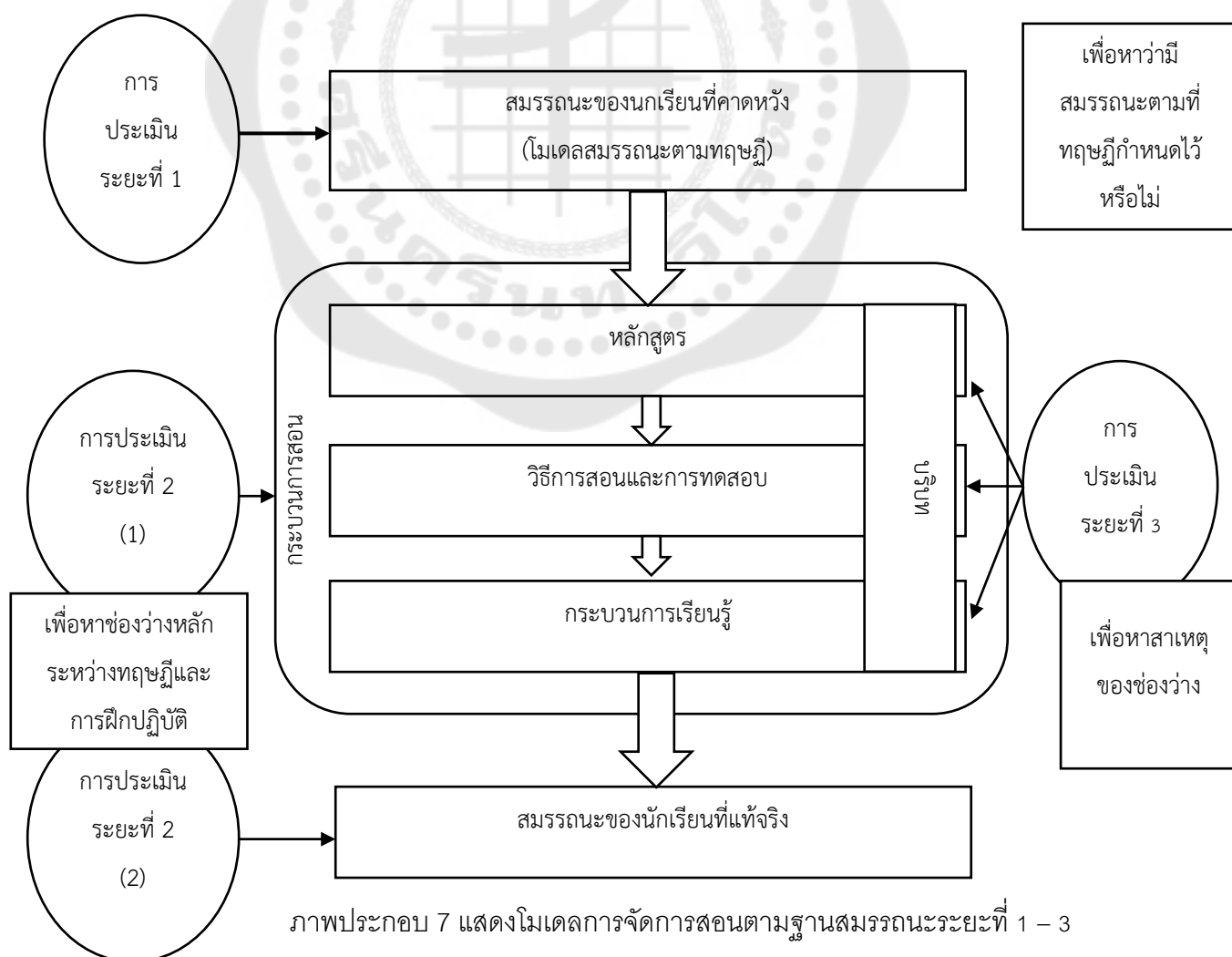
การประเมินผลสมรรถนะเป็นการประเมินที่อิงจากการประเมินตามสภาพจริง เป็นการประเมินที่นักเรียนได้ปฏิบัติจริง เช่น การประเมินการปฏิบัติ (Performance Assessment) การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio Assessment) การประเมินตนเอง

(Self-Assessment) รวมถึงการประเมินโดยเพื่อน (Peer-Assessment) แสดงคำอธิบายตามภาพประกอบ 7 ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผลโดยใช้สถานการณ์เป็นฐาน ((Bergsmann, Schultes, Winter, Schober, & Spiel, 2015, p.5-8)) ซึ่งการประเมินผลสมรรถนะสามารถประเมินได้ 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การประเมินผลฐานสมรรถนะตามรูปแบบทฤษฎี (Evaluation of Theoretical Competence Model)

ระยะที่ 2 การประเมินผลการสอนและคัดกรองนักเรียนตามสมรรถนะ (Evaluation of the Teaching Process and the Real Student Competencies Through a Screening)

ระยะที่ 3 การประเมินผลรายละเอียดกระบวนการสอนที่เป็นรูปธรรม (Detailed Evaluation of Concrete Aspects of The Teaching Process)



ที่มา : (Bergsmann et al., 2015)

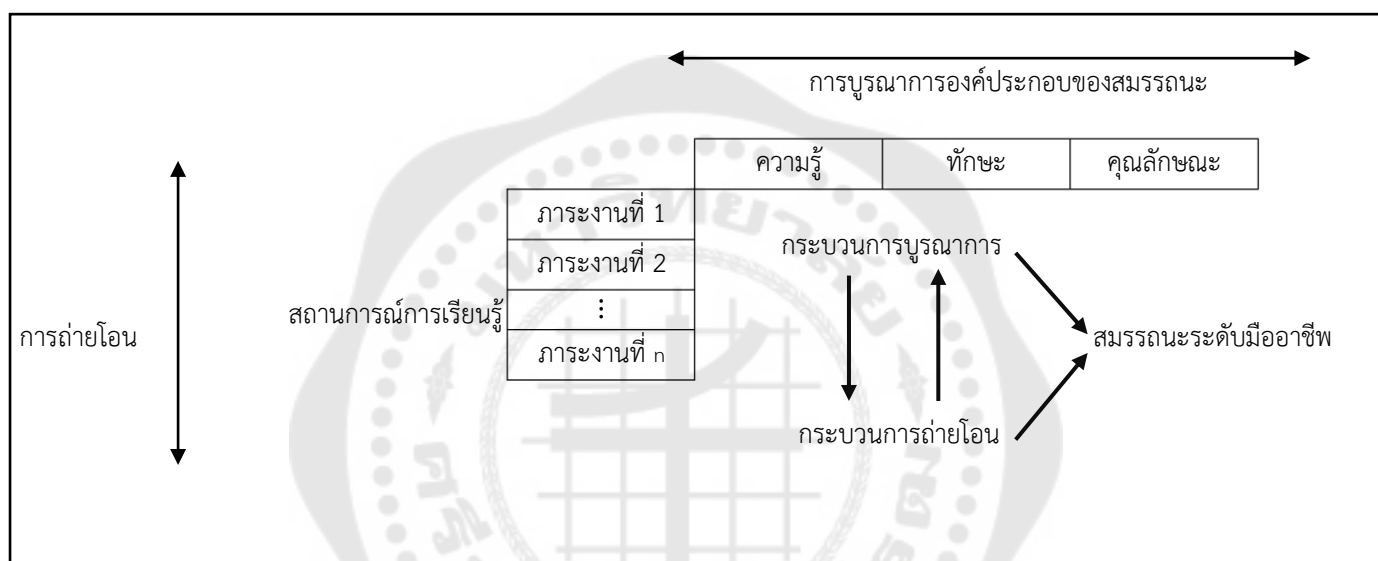
การประเมินผลที่เน้นการปฏิบัติ (Performance Based Assessment) เป็นการประเมินที่สามารถจำแนกได้เป็น 4 ด้าน (สุจิตรา ปทุมลังการ, 2552, น. 9-10) ดังนี้

1. ประเมินตามภาระงาน (Task Skill)
2. ประเมินตามการจัดการ (Task Management Skills)
3. ประเมินการคาดการณ์อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น (Contingency Skills)
4. ทักษะตามบทบาทและงานที่รับผิดชอบและสภาพแวดล้อม (Job/Role Environment)

ในการทำงานเดียวกันสำหรับการประเมินผลแบบฐานสมรรถนะยังสามารถจำแนกได้เป็น 5 ลักษณะ ดังนี้

- การประเมินผลเน้นกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) คือ การประเมินการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องเพื่อดูความก้าวหน้า วินิจฉัยจุดด้อย จุดเด่น เพื่อสะท้อนข้อมูลย้อนกลับให้นักเรียนและเป็นการประเมินการจัดการเรียนรู้ไปในตัวด้วย ทั้งนี้การประเมินกระบวนการเรียนรู้จำเป็นต้องประเมินการเรียนรู้รวมหรือการสอบเพื่อวัดและตัดสินผลการเรียนรู้
- ประเมินผลโดยใช้การอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced) คือ การวัดความสำเร็จของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ในการตัดสิน
- การประเมินสมรรถนะที่สำคัญ (Crucial Outcomes) คือ การกำหนดการประเมินผลสมรรถนะการเรียนรู้ที่มีความสำคัญและไม่สำคัญให้มีความชัดเจนกับความต้องการวัดของครู
- การประเมินผลบูรณาการสมรรถนะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน คือ การประเมินสมรรถนะที่หลากหลายพร้อมกัน โดยไม่แยกเป็นสมรรถนะย่อยรายข้อ เพราะสมรรถนะบางอย่างจำเป็นต้องเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งหมด การวัดรายข้อจะไม่ตอบโจทย์ว่านักเรียนมีสมรรถนะรวมหรือไม่
- การประเมินโดยใช้วิธีที่หลากหลาย ได้แก่ การสังเกต (Observation), รายการประเมิน (Checklist), การสาธิตและการตั้งคำถาม (Demonstration and Questioning), แบบทดสอบและข้อสอบอัตนัย (Pen and Paper Test and Essays), การสอบปากเปล่า (Oral Test), การทำโครงการ (Projects), สถานการณ์จำลอง (Simulations), แฟ้มผลงาน (Portfolios), การประเมินผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ (Computer-Based Assessment)

จากข้อมูลการประเมินฐานสมรรถนะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ ข้อมูลดังกล่าวและพบว่า การประเมินผลฐานสมรรถนะเป็นการประเมินความรู้ ทักษะ และ คุณลักษณะพร้อมกันในลักษณะที่หลากหลายแต่เน้นที่การประเมินผลงานหรือชิ้นงานที่ประจักษ์ ให้นิเห็นว่านักเรียนมีทักษะทางการคิดที่ชัดเจน ถึงแม้ว่านักเรียนจะไม่แสดงพฤติกรรมในการคิด ออกมาให้เห็นแต่ผลงานของนักเรียนก็สามารถถ่ายทอดความคิดของนักเรียนได้ ซึ่งเป็นการบูรณา การความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะในเวลาเดียวกัน ซึ่งสรุปได้เป็นภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 กระบวนการและการถ่ายโอนการบูรณาการความรู้ ทักษะและคุณลักษณะไปสู่
การพัฒนาสมรรถนะ

5. การวัดและประเมินตามสภาพจริง

การประเมินตามสภาพจริง ไพฑูรย์โพธิสาร (ไพฑูรย์โพธิสาร, 2558, น. 7-8) ได้ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงไว้ว่า การประเมินสภาพจริง (Authentic Assessment or Authentic Performance Assessment) หมายถึงการประเมินโดยอาศัยกระบวนการสังเกต การบันทึก และรวบรวมข้อมูลของครูจากผลงานของนักเรียนและกระบวนการที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้ของครู ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพัฒนาและตัดสินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

การประเมินตามสภาพจริง ราชบัณฑิตยสถาน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนจากพฤติกรรม กระบวนการทำงาน ผลงานในบริบทของการจัดการเรียนรู้

การประเมินตามสภาพจริง กุลยา ตันติผลาชีวะ (กุลยา ตันติผลาชีวะ, 2545) ได้ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงไว้ว่า การประเมินตามสภาพจริงมีที่มาจากคำ 2 คำ คือ สภาพจริง (Authentic) และการประเมินภาพ (Assessment) ซึ่งเมื่อรวมความหมายของคำ ทั้ง 2 คำนี้แล้ว จึงมีความหมายว่า การประเมินตามสภาพจริงเป็นการประเมินที่ได้มาจากการเก็บ ข้อมูลที่มาจากการกระทำจริงของเด็ก ซึ่งหมายถึง กระบวนการปฏิบัติ (Performance) และ ผลลัพธ์ (Outcome) หรือผลงานจากการปฏิบัติการเรียนรู้นั้น ๆ จากลักษณะนี้ทำให้เกิดความ สับสนระหว่างการประเมินการปฏิบัติ (Performance Assessment) บางครั้งมีผู้นำมาใช้ปะปนกัน ซึ่งโดยความหมายจริงแล้ว การประเมินตามสภาพจริงจะเน้นถึงผลงานและการกระทำตาม ธรรมชาติในชีวิตจริงเป็นหลัก (Arends, 1994, p.232-234)

ด้านลักษณะการประเมินสภาพจริง สามารถจำแนกได้เป็นลักษณะสำคัญ 4 ประการ (Darling-Hammond & McLaughlin, 1995, p.11-12) ดังนี้

1. การประเมินกระบวนการปฏิบัติในสถานการณ์จริง : การประเมินนี้จะ ลุ่มลึกถึงการใช้ความรู้ในการปฏิบัติการใช้สติปัญญาในการตัดสินใจ และการพัฒนาความเข้มแข็ง ของสมรรถนะต่าง ๆ จากการคิดและเรียนรู้
2. การประเมินเนื้อแท้ของการปฏิบัติโดยอิงมาตรฐานของการปฏิบัติที่ตกลง ความเห็นร่วมกัน : การประเมินในลักษณะนี้คือการประเมินในลักษณะเดียวกันทั้งชั้นเรียนโดยที่ ต้องไม่บิดบังกันและกัน ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ในชั้นเรียนจะเป็นในแนวเดียวกันและสนับสนุนกัน และกัน
3. การประเมินที่กระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินตนเองจากการทำงานของตน : การประเมินนี้นักเรียนจะได้รับการตรวจสอบอย่างต่อเนื่องและสะท้อนผลด้วยตัวนักเรียนเอง ซึ่ง มาตรฐานของการตรวจสอบนี้จะขึ้นอยู่กับความเห็นของนักเรียนเอง ซึ่งจะเป็นการจูงใจให้เกิด ความอยากทำงานให้ดีขึ้นตามมุมมองของตนเอง
4. การประเมินที่กำหนดให้ผู้เรียนนำเสนอผลงาน : การประเมินนี้จะ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานโดยกำหนดจุดประสงค์ของตนเอง และเพื่อสะท้อนสิ่งที่ นักเรียนรู้ สิ่งนี้นักเรียนเข้าใจออกมาเป็นรูปธรรมที่สื่อให้เห็นว่านักเรียนมีการใช้ทักษะการคิดเช่นไร

นอกจากนี้การประเมินตามสภาพจริงยังสามารถตอบโจทย์ในวัตถุประสงค์การเรียนรู้อื่นได้อย่างหลากหลาย แต่จุดประสงค์หลักในการประเมินสภาพจริงก็คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือทำ ลงมือปฏิบัติมากขึ้น ผู้เรียนจะเรียนรู้วิธีการคิดขั้นสูงมากกว่าการทำตามตัวอย่าง บรรยายภาคการเรียนในชั้นจะเป็นไปทางที่คาดหวังเพราะผู้เรียนมีโอกาสแสดงความคิดตามความเข้าใจในแบบของตนเอง การประเมินตามสภาพจริงจึงไม่เน้นที่ความถูกหรือผิด แต่เน้นที่การพัฒนาผู้เรียนโดยตรง นักเรียนจะได้รับการประเมินอย่างต่อเนื่องในหลาย ๆ ด้าน เช่น จากครู จากเพื่อน และจากตนเอง ผลงานเชิงประจักษ์จะทำให้นักเรียนเห็นว่าตนมีพัฒนาการมากขึ้นเพียงใด รวมถึงครูสามารถใช้ผลงานในการวัดประเมินความสามารถของนักเรียนได้อีกด้วย ((ไพฑูรย์ โพธิ์สาร, 2558, น.8), (Frazee & Rudnitski, 1995, p.286))

6. การวัดและประเมินจิตินิสัย

แบบการวัดและประเมินจิตินิสัยสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การวัดจิตินิสัย โดยใช้แบบทดสอบ และการวัดจิตินิสัยด้วยตนเอง ซึ่งการวิเคราะห์แบบวัดทางจิตินิสัย จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (Delphi technique) การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาเข้ารหัสและวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา แล้วรายงานผลออกมาในรูปแบบรายงานหรือความเรียง ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA) ((Bollen, 1989), (Millsap, 2014)) ซึ่งสอดคล้องกับตาราง 3 4 และ 5 ที่มีการยืนยันเชิงองค์ประกอบจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มที่เกี่ยวข้องได้แก่ นักเรียนเตรียมวิศวกรรม นักศึกษาวิศวกรรม และวิศวกร (Adams et al., 2010)

จากแนวคิดที่ผู้วิจัยได้ศึกษามาในข้างต้น สรุปได้ว่าการวิจัยนี้จะวัดและประเมินจิตินิสัยวิศวกรรมในด้านต่าง ๆ โดยใช้แบบทดสอบวัดจิตินิสัย และการวัดทักษะอ้างอิงจากการวัดประเมินตามสภาพจริงและการวัดประเมินฐานสมรรถนะที่สำคัญเฉพาะ ซึ่งมีรายละเอียดและเครื่องมือที่ใช้ ดังนี้

ตัวอย่าง : แบบสอบถามเกี่ยวกับจิตินัยวิศวกรรม

1.1 ให้ความหมายของจิตินัยวิศวกรรมที่คุณทราบ

	ความหมาย
a. การคิดอย่างเป็นระบบ (Systems thinking)	
b. การคิดค้นหาต้นตอของ ปัญหา (Problem-finding)	

c. การคิดออกมาเป็นภาพ (Visualizing)	
d. การคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น (Improving)	
e. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา (Creative problem-solving)	
f. การคิดดัดแปลงและ พัฒนา (Adaptability)	

1.2 ให้คะแนนลำดับความสำคัญ P ของการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมที่มีต่อ **ระเบียบวินัยของวิศวกร** ที่คุณทราบ

	ไม่ค่อย สำคัญ	ยังมี ความสำคัญ	สำคัญ	สำคัญมาก
a. การคิดอย่างเป็นระบบ (Systems thinking)				
b. การคิดค้นหาต้นตอของ ปัญหา (Problem-finding)				
c. การคิดออกมาเป็นภาพ (Visualizing)				
d. การคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น (Improving)				
e. การคิดสร้างวิธี แก้ปัญหา (Creative problem-solving)				
f. การคิดดัดแปลงและ พัฒนา (Adaptability)				

ตัวอย่าง : เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตและประเมินพฤติกรรมการคิดเชิงวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แบบทดสอบปฏิบัติ/แบบสังเกต)

รายการที่ทำการประเมิน	ระดับ คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3. การคิดออกมาเป็นภาพ หมายถึง การถ่ายทอด การ สื่อสาร การคิดเพื่อแปลเปลี่ยน สิ่งที่เป็นนามธรรมให้ออกมา เป็นรูปธรรม เพื่อถ่ายทอดการ นำเสนอผู้อื่นให้เข้าใจไปใน ทิศทางเดียวกัน โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การสเก็ตภาพ การสร้าง แผนภาพ การออกแบบ เป็นต้น รวมถึงการเขียนรายละเอียด ส่วนประกอบต่างๆ การจัดการ วัสดุ การจินตนาการ ส่วนประกอบของวัสดุที่เป็นไป ได้และถ่ายทอดออกมาเป็น รูปภาพ แผนภาพให้ได้ในโลก แห่งความจริง และสามารถทำ ให้เป็นจริงขึ้นมาได้	2	นักเรียนได้ทำการบันทึกเป็นภาพสเก็ตหรือแผนภาพที่มีการ เสริมรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ที่สามารถเข้าใจได้ง่ายและ ชัดเจน
	1	นักเรียนได้ทำการบันทึกเป็นภาพสเก็ตหรือแผนภาพแบบคร่าว ๆ ที่ยังไม่มีรายละเอียดที่ชัดเจนแต่พอจะสื่อให้เข้าใจว่ากำลัง ทำอะไร
	0	นักเรียนไม่ทำการบันทึก

1.4 แนวทางการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

จิตนิสัยวิศวกรรมเป็นทักษะหนึ่งที่มีส่วนในการพัฒนาผู้เรียนที่ประสงค์จะประกอบอาชีพในสายวิศวกรรมได้ในระยะยาว ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพแรงงานที่ดีขึ้นในสายวิชาชีพวิศวกรรมเนื่องด้วยผู้เรียนได้รับการปลูกฝังและส่งเสริมตั้งแต่อายุน้อย ดังนั้นการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนสามารถเข้าศึกษาต่อในสาขาวิศวกรรมและมีความประสงค์จะประกอบวิชาชีพวิศวกรรมจึงเป็นสิ่งสำคัญต่องานวิจัยชิ้นนี้ โดยแนวทางการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมมีดังนี้

ชุลแมน ((Shulman, 2005)), ได้ให้นิยามของการจัดการศึกษาที่เป็นเอกลักษณ์/ที่เป็นสัญลักษณ์ (Signature Pedagogies) เอาไว้ว่า “รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถวางโครงสร้างการเรียนรู้ ที่เข้าถึงหัวใจสำคัญของเส้นทางในอนาคตที่ผู้เรียนเลือกเดินได้นั้น คือ การศึกษาที่ทำให้ผู้เรียนกลายเป็นผู้เชี่ยวชาญ” โดย Shulman ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า การศึกษาที่เป็นเอกลักษณ์ที่สอดคล้องกับนิยามนั้น สามารถแบ่งได้เป็น 3 โครงสร้าง คือ

1. โครงสร้างการเรียนรู้แบบขั้นผิว
2. โครงสร้างการเรียนรู้แบบลึก
3. โครงสร้างการเรียนรู้โดยปริยาย

ซึ่งลักษณะโครงสร้างทั้ง 3 ได้อธิบายระดับของเนื้อหาและความเข้มข้นของการเรียน เอาไว้ตามระดับวุฒิของผู้เรียนเพื่อให้เกิดศักยภาพตามช่วงวัยอย่างเหมาะสม ซึ่งการจัดการศึกษาที่เป็นเอกลักษณ์นี้จะเป็นการส่งเสริมทักษะ แนวคิด เจตคติ และความสามารถด้านต่างๆที่จำเป็นต่อสายวิชาชีพนั้น ๆ ได้อีกด้วย

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. ((ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556)), ได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดของผู้เรียนใจความว่า ส่วนหนึ่งในการพัฒนาการคิดของผู้เรียนมาจากครูผู้สอน โดยสิ่งที่ครูต้องให้ความสำคัญกับการสอนเพื่อพัฒนาการคิดคือ 1. ครูต้องมีความรู้ที่แม่นยำ ถ้าครูเป็นผู้ที่มีความรู้อย่างชัดเจนแล้วการถ่ายทอดความรู้สู่ผู้เรียนจะสามารถอธิบายได้ชัดเจนเช่นกัน 2. ครูต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับระดับความคิด ซึ่งในการสอนเพื่อพัฒนาการคิดนั้นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นเพื่อให้เกิดระดับของความคิดตามขั้น 3. ครูต้องใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย การพัฒนาความคิดจะมีประสิทธิภาพเมื่อใช้เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายหรือมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยร่างกายได้ 4. ครูเป็นผู้สร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ ครูต้องมีการจัดการชั้นเรียนที่เปิดโอกาสการเรียนรู้ในห้องเรียนไปเป็นด้วยความสุขและความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่ายากเข้าใจอยากเรียนรู้บทเรียนในชั้นเรียน

ลูคัสและคณะ ((Lucas et al., 2014)) ได้เสนอรายงานการส่งเสริมจิตนิสัยเชิงวิศวกรรมในปี 2014 การจะปลูกฝังจิตนิสัยใหม่ ๆ แก่ผู้เรียนครูสอนต้องมีความเข้าใจในรายละเอียดพื้นฐาน 3 ข้อ ดังนี้

1. รูปแบบการสอนและการใช้ภาษา
2. เทคนิคการสอน วิธีการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา
3. การจัดการระบบ

และจิตินัยวิศวกรรมจากภาพประกอบ 1 ซึ่งมีทั้ง 6 หัวข้อ ลูคัสและคณะยังได้ให้คำจำกัดความและวิธีการในการส่งเสริมองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 6 ไว้ ดังนี้

1. การคิดอย่างเป็นระบบ : การส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ ครูผู้สอนต้องทำความเข้าใจให้ลึกซึ้งว่าแท้จริงแล้วสิ่งที่เรียกว่าระบบ มีลักษณะอย่างไร แบบไหนถึงเรียกว่าระบบอธิบายเช่น สิ่งมีชีวิตทั้งหมดเกิดจากทะเล มนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่ชอบอยู่รวมกันเป็นสังคม สังคมขนาดใหญ่จะก่อเกิดการรวมตัวจนเป็นหมู่บ้านเป็นเมือง การอยู่รวมกันของมนุษย์ทำให้ต้องมีสิ่งปลูกสร้างตามจำนวนประชากร เป็นต้น ฉะนั้นในการส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบนั้น ครูมีบทบาทในการตั้งคำถามที่กระตุ้นความคิดแก่นักเรียนในการคิดต่อยอดของสิ่งต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อกันเป็นห่วงโซ่ และอีกวิธีที่ได้ผลก็คือ การส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบด้วยการเล่นเกม เช่น หมากรุก และเกมอื่น ๆ ที่ทำให้ผู้เรียนรับรู้ถึงบทบาทและหน้าที่ในการจัดการทรัพยากรของตนเองอย่างเป็นระบบ โดยให้คำสำคัญเกี่ยวกับการส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบไว้ ดังนี้

- แผนภาพความคิด
- การประเมินพฤติกรรมในรูปของกราฟ
- การดำเนินการเข้าไปเข้ามา
- ผลสะท้อนของระบบ

ซึ่งจากคำสำคัญเหล่านี้ ถ้าครูสามารถพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบให้นักเรียนได้จนนักเรียนเข้าใจความหมายของคำสำคัญนี้ได้ นั่นแสดงว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดอย่างเป็นระบบอย่างชัดเจน

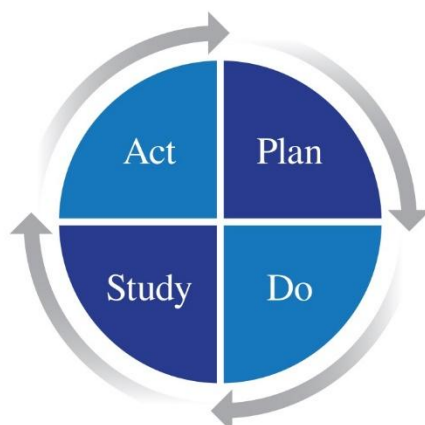
2. การคิดค้นหาค้นต่อของปัญหา : การส่งเสริมการคิดค้นหาค้นต่อควรควบคู่กับการกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดในการอยากค้นหา เช่น การสร้างโจทย์จากสถานการณ์หรือยกตัวอย่างสถานการณ์ให้นักเรียนนักเรียนจะต้องเรียนรู้ สิ่งที่เป็นปัญหามา การสำรวจ การตรวจสอบและตรวจซ้ำ นั่นคือการจัดรูปแบบของปัญหาใหม่เพื่อให้ง่ายแก่การค้นหาค้นต่อของปัญหาที่แท้จริง สิ่งที่สำคัญและท้าทายสำหรับครูผู้สอนนั่นคือการสอนให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูง เรียนรู้ในการตั้งคำถามและหาคำตอบด้วยตัวเอง โดยที่ครูต้องไม่เป็นผู้นำแต่ครูจำเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำเท่านั้น เพราะการคิดที่สามารถพัฒนาได้เองคือการลงมือคิดด้วยตนเองในทุกขั้นตอน เมื่อผ่านการฝึกฝนนานเข้าจะกลายเป็นความรู้ฝังลึก (Tacit Knowledge) การคิดค้นหาค้นต่อของปัญหานี้เป็นหัวข้อหนึ่งที่มีความสำคัญ เพราะถ้าไม่สามารถค้นพบปัญหาที่แท้จริงแล้วการแก้ปัญหาให้หมดไปย่อมไม่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน ซึ่งหลักหรือวิชาการที่สำคัญที่นักเรียนควรได้รับหลังจากการส่งเสริมการคิดค้นหาค้นต่อแล้ว มีดังนี้

- การสร้างแนวคิด
- การปรับโครงสร้าง
- การตั้งคำถาม
- การค้นคว้า
- การคิดค้นต้นแบบ
- การทดลองใช้ต้นแบบ
- การทำงานเป็นทีม
- การจัดการโครงการ

3. การถ่ายทอดความคิด : การส่งเสริมทักษะในการถ่ายทอดความคิด คือการเปิดโอกาสหรือสร้างโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนการอธิบายวิธีการหรือสิ่งที่คิดในสมองที่เป็นนามปธรรมให้ออกมามีลักษณะเป็นรูปธรรม ผ่านมาภาพวาด รูปภาพ แผนภาพ หรือสิ่งใดก็ตามที่สามารถอธิบายได้ชัดเจนขึ้นจากคำพูดที่ใช้ในการอธิบาย การเรียนรู้ของมนุษย์ที่มีประสิทธิภาพก็คือการใช้ประสาทสัมผัสให้ครบทุกส่วน ((Anderson & Krathwohl, 2001)) ดังนั้นการถ่ายทอดความคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างมีประสิทธิภาพคือการอธิบายควบคู่ไปกับการแสดงภาพ วิธีการหรือเทคนิคเฉพาะที่จะช่วยให้นักเรียนมีทักษะการถ่ายทอดที่ดีจากการหัวข้อนี้คือ

- การพูดเสียงดังชัดเจนจากสิ่งที่คิด
- ซ้อมพูดในสมองหรือจินตนาการ
- การสร้างแบบจำลอง
- การสร้างกระดานเรื่องราว
- ใช้แผนภาพหรือกราฟในลักษณะต่าง ๆ
- การอธิบายข้อมูลด้วยกราฟและเนื้อความอย่างย่อ
- ใช้โครงสร้างเครือข่ายในลักษณะของเกมช่วยเรื่องที่ต้องการถ่ายทอด

4. การคิดเรียบเรียง : การคิดเรียบเรียงหรือการคิดเพิ่มพูนเป็นวิธีการคิดเพื่อพัฒนาวิธีการ ข้อมูลและอุปกรณ์ต้นแบบที่ใช้เพื่อการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือเรียกได้ว่าเป็นการตรวจสอบความคิดและปรับปรุงก่อนที่จะเริ่มแก้ปัญหา เนื่องจากในการแก้ปัญหาดทางวิศวกรรมจะเป็นโจทย์ที่อ้างอิงจากความจริง ซึ่งในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบหรือการทดลองแก้ปัญหาย่อมมีค่าใช้จ่าย ดังนั้นการคิดเรียบเรียงจึงเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายไปมากจากการคิดทบทวนสิ่งที่มี โดยขั้นตอนการส่งเสริมการคิดจะมีลักษณะเป็นการคิดทบทวนซ้ำไปซ้ำมาตามภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 PDSA Cycle (Plan-Do-Study-Act)

ที่มา : The W. Edwards Deming Institute. Retrieve from

<https://deming.org/explore/pdsa/>

ซึ่งอธิบายถึงขั้นตอนการคิดที่วนกลับมาในขั้นตอนแรกเริ่มถ้าหากว่าวิธีการหรือข้อสรุปจากการคิดทบทวนนั้นยังไม่เรียบร้อย เมื่อนักเรียนได้ฝึกฝนการคิดเรียบเรียงตามแผนการคิดนี้ นักเรียนจะมีพัฒนาทางทักษะการคิดเรียบเรียงที่สูงขึ้นโดยนักเรียนจะสามารถ

- ตั้งตัวอย่างเพื่ออธิบายได้
- เป็นผู้ฟังที่ดีแต่ไม่ประนีประนอม
- สามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นได้
- สามารถช่วยแนะนำวิธีการให้ผู้อื่นและช่วยให้ผู้อื่นมีแนวคิดที่ดีขึ้นโดยไม่ยึดติดกับความล้มเหลวในอดีต

ติดกับความล้มเหลวในอดีต

5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา : ในหัวข้อนี้ถือว่าเป็นหัวข้อที่เป็นสำคัญสำหรับจิตนิสัยวิศวกรรม ซึ่งนักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาได้นั้นต้องผ่านการเตรียมการ การสร้างต้นแบบ การทดลอง และหัวข้อก่อนหน้าถึงจะสามารถคิดวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากการคิดสร้างวิธีแก้ปัญหานั้นต้องอาศัยข้อมูลในปริมาณมาก สำหรับวิธีการเสริมสร้างทักษะการคิดสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพที่สุดวิธีหนึ่งคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning : PBL) นั่นคือการเรียนรู้จากปัญหาจะเป็นเสริมสร้างและส่งเสริมที่ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากปัญหา ซึ่งครูจะมีบทบาทในการเป็นผู้แนะนำในระดับแรกๆ ที่เริ่มการจัดการเรียนรู้ ความก้าวหน้าของนักเรียนแต่ละคนจะขึ้นอยู่กับจิตนิสัยในหลาย ๆ ด้าน เช่น ความใฝ่รู้ เป็นคนช่างคิด เป็นต้น ซึ่งสิ่งที่นักเรียนจะได้รับจากการฝึกฝนการแก้ปัญหานี้

จะเป็นประสบการณ์ที่สำคัญมากสำคัญการศึกษาต่อในสายวิศวกรรม โดยสิ่งที่นักเรียนได้จากการ
 คิดสร้างวิธีการแก้ปัญหา มีดังนี้

- ได้สั่งสมวิธีการและเครื่องหมายที่รองรับถึงการเป็นผู้ดำเนินงาน
- ในงานที่มีระดับที่สูงขึ้นจะได้รับสัญญาที่เป็นสิทธิครอบครอง (ลิขสิทธิ์ทาง
 ปัญญา)
- การเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และความท้าทาย
 ทางความคิด
- สร้างโอกาสในการเรียนรู้ตลอดเวลาและพัฒนาตนเองในทางแนวคิดและ
 กลยุทธ์

6. การคิดดัดแปลงและพัฒนา : การคิดดัดแปลงเป็นทักษะที่สามารถส่งเสริม
 ได้หลากหลายวิธี โดยเน้นให้นักเรียนมีความคิดดัดแปลงจากคำตอบหรือการพัฒนาวิธีการจาก
 สิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่ด้วยการดำเนินตรวจสอบระบบหรือการทําขึ้น SWOT กับวิธีการในการ
 แก้ปัญหาในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ว่ามีจุดใดที่บกพร่องหรือเปล่า มีจุดใดที่สามารถพัฒนาให้ผลลัพธ์
 มีประสิทธิภาพได้มากกว่านี้หรือไม่ สิ่งทีนักเรียนจะได้รับเมื่อผ่านกระบวนการส่งเสริมการคิด
 ดัดแปลงและพัฒนา มีดังนี้

- การปรับโครงสร้างความคิด
- การวิเคราะห์ SWOT และ PEST
- การวิเคราะห์อัตรากำลัง
- การวิเคราะห์ช่องโหว่
- การเก็บรายละเอียด

จากแนวคิดเรื่องการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมในข้างต้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้
 เทคนิคในการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมตามแนวคิดของ ลูคัสและคณะโดยมีรายละเอียดในการจัด
 กิจกรรมที่ส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม ดังนี้

1. ใ้ปัญหาที่ท้าทายและเป็นปัญหาปลายเปิด
2. ใ้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่อ้างอิงจากสถานการณ์จริง
3. เทคนิคการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของผู้เรียน
4. ใ้ให้นักเรียนได้มีโอกาสในการลงมือทำในทุกขั้นตอน
5. ใ้ให้นักเรียนได้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนความคิด
6. ใ้ให้นักเรียนได้มีโอกาสในการทำงานเป็นทีม

7. เน้นตรวจสอบความก้าวหน้าจากผลงานชิ้นงานมากกว่าการเขียนตอบ
8. ใช้วิธีการประเมินการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและสะท้อนผลการประเมินแก่นักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาตนเอง

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจิตนัยวิศวกรรม

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมได้มีการกล่าวถึงมานาน โดยแนวคิดในการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมจะได้รับการปรับปรุงและพัฒนาอยู่ในขอบเขตของสาขาวิชาวิศวกรรม ซึ่งนักเรียนที่จะมีโอกาสในการเรียนทักษะนี้ก็ในระดับอุดมศึกษาในสาขาวิชาของนักศึกษาวิศวกรรม

ดิมและคณะ (Dym et al., 2005, p.105). ได้แสดงแนวคิดในการปลูกฝังทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมให้กับนักเรียนสาขาวิศวกรรม โดยกล่าวว่าทักษะการคิดเป็นทักษะที่ควรให้ความสำคัญและปลูกฝังตั้งแต่แรกเริ่มเพื่อพัฒนาในระยะยาว ซึ่งในงานวิจัยได้เทคนิคการปลูกฝังทักษะการคิดเชิงออกแบบของวิศวกรรมโดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน และเพื่อค้นคว้าและพัฒนาวิธีการในการวัดและประเมินผลทักษะการคิด

จากแนวคิดในการปลูกฝังทักษะทางการคิดที่ส่งผลต่อคุณภาพในสาขาวิชาชีพวิศวกรรม ลูคัสและคณะ ((Lucas et al., 2014)) ได้รายงานผลการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมหรือจิตนัยวิศวกรรมให้กับนักเรียนในระดับที่ต่ำกว่าอุดมศึกษา ซึ่งประกอบด้วย ระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการในการสร้างหลักสูตรการจัดการเรียนรู้ที่ปลูกฝังและส่งเสริมทักษะเชิงวิศวกรรมให้กับนักเรียนซึ่งมีหลายลักษณะ เช่น นักเรียนที่มีความสนใจในการประกอบอาชีพวิศวกรรมในอนาคต โรงเรียนที่ต้องการปลูกฝังทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการทางการคิดของนักเรียนในระยะยาว เป็นต้น โดยผลรายงานเผยว่า การจัดการศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการคิดในเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้รับความสนใจมากที่สุดและโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการในการพัฒนาหลักสูตรนี้สามารถวัดและประเมินผลทักษะการคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายซึ่งได้ผลการประเมินทักษะแสดงว่านักเรียนมีทักษะการคิดในระดับที่สูงขึ้น จากการเปรียบเทียบก่อน – หลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ต่อมาคือนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งนักเรียนที่สนใจต่อทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมมีน้อยกว่านักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และผลลัพธ์ที่ได้แสดงออกมว่านักเรียนมีทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมที่สูงขึ้นแต่ไม่ถึงระดับที่คาดหวังไว้ โดยทางผู้วิจัยได้ให้คำจำกัดความและสมมติฐาน

เกี่ยวกับผลลัพธ์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นไว้ว่า ส่วนหนึ่งนักเรียนยังไม่ค้นพบความถนัดและความชอบของตนเองซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจในการเรียนรู้ทักษะการคิดเชิงวิศวกรรม เป็นต้น ด้วยสมมติฐานนี้ยังอธิบายได้ถึงผลลัพธ์ของการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมคัดทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมในระดับชั้นประถมศึกษา ซึ่งนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีวิธีคิดที่ต่างแตกต่างจากนักเรียนระดับมัธยมศึกษาอย่างสิ้นเชิงในลักษณะของการคิดเพื่อแก้ปัญหา

ดังนั้น ลูคัสและคณะจึงสรุปผลลัพธ์ของการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมที่มีต่อนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและประถมศึกษาไว้ว่า การปลูกฝังทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมนั้นสามารถจัดการเรียนรู้ได้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งสามารถตอบแนวคิดในการปลูกฝังทักษะการคิดได้ถึงการปลูกฝังการคิดตั้งแต่อายุน้อยได้อย่างชัดเจน และในงานวิจัยถัดไปของโครงการนี้ นั่นคือการจัดการศึกษาที่ปลูกฝังทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยหลักการการจัดการศึกษาตามช่วงวัยและ นักเรียนในแต่ละระดับชั้นการศึกษาจะมีลักษณะในการเรียนที่ตอบสนองต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต่างกัน ด้วยเหตุนี้การปลูกฝังทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมหรือการปลูกฝังทักษะการคิดของสายวิชาตั้งแต่อายุน้อยถือว่าเป็นประเด็นสำคัญที่จะส่งผลต่อคุณภาพแรงงานของประเทศในอนาคตได้

ต่อมาคือลักษณะของการจัดการศึกษาที่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนควรมีลักษณะเช่นใด ลูคัสและแฮนสัน, ((Lucas & Hanson, 2016)) ได้กล่าวว่าการจัดการศึกษาที่จะทำให้ให้นักเรียนได้กลายเป็นผู้เชี่ยวชาญในอนาคตนั้นต้องควรมีสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการทำงานของมืออาชีพเพื่อให้นักเรียนได้สัมผัสถึงบทบาทสมมติได้ดี ดังเช่น ชูลแมน ((Shulman, 2005)), ได้ให้นิยามของการจัดการศึกษาที่เป็นเอกลักษณ์/ที่เป็นสัญลักษณ์ (Signature Pedagogies) เอาไว้ว่า “รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถวางโครงสร้างการเรียนรู้ ที่เข้าถึงหัวใจสำคัญของเส้นทางในอนาคตที่ผู้เรียนเลือกเดินได้นั้น คือการศึกษาที่ทำให้ผู้เรียนกลายเป็นผู้เชี่ยวชาญ”

ดังนั้น การจัดการศึกษาที่เหมาะสมกับอนาคตในการประกอบอาชีพวิศวกรของนักเรียนจึงเป็นสิ่งที่มองข้ามไม่ได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบ STEM เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบหนึ่งที่สามารถตอบสนองต่อการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมได้ดีอีกวิธีหนึ่ง แต่ทว่าบทบาทของการเรียนรู้นั้นจะต้องมีการปรับเปลี่ยนตามไปด้วย เช่น การส่งการบ้านในการทำงานจริงของวิศวกร การบ้านก็คือชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือโครงการที่สร้างเรียบร้อยแล้วสำหรับการนำไปใช้งาน ดังนั้น การบ้านของนักเรียนที่จะได้รับการปลูกฝังทักษะการคิดเชิงวิศวกรรมควรเป็นลักษณะของชิ้นงานมากกว่าการเขียนคำตอบลงในกระดาษ หรือแม้กระทั่งการสอบภาคทฤษฎี สามารถ

เปลี่ยนเป็นการทดสอบภาคปฏิบัติแทน เพื่อวัดและประเมินทักษะการคิดของนักเรียนในเชิงลึกยิ่งกว่า

ลูคัสและแฮนสัน ((Lucas & Hanson, 2017)) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง (Theory of Change) ในมุมมองของการจัดการศึกษาที่ปลูกฝังทักษะเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยมีเป้าหมายในการสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการศึกษาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับนักเรียนที่ต้องการเป็นวิศวกร นั่นคือการปฏิรูปการศึกษาของวิศวกรรมโดยเน้นการปลูกฝังทักษะการคิดมากขึ้น การกำหนดขอบเขตเนื้อหาและการวัดประเมินที่ชัดเจนให้มากขึ้น การสนับสนุนแนวคิดหรือองค์ความรู้ที่ใช้ในการจัดการศึกษาสำหรับโรงเรียนที่ประสงค์ต้องการเข้าร่วมการจัดการศึกษานี้ โดยมีเป้าประสงค์ที่ชัดเจนคือการทำให้นักเรียนสามารถฝึกฝนทักษะทางวิศวกรรมได้ตั้งแต่การเรียนที่โรงเรียนจนถึงการประกอบอาชีพเป็นวิศวกรในอนาคต

สตรีเมลและคณะ ((Strimel et al., 2018, p.1910)) ได้ศึกษาผลการออกแบบการเรียนรู้เชิงวิศวกรรมที่มีผลต่อประสบการณ์และศักยภาพของนักเรียนระดับ Grade 8 (8 secondary) และ Grade 12 (12 post-secondary engineering) ในแผนการเรียนเตรียมวิศวกรรมโดยใช้คำถามและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลักษณะเดียวกัน ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงถึงนัยสำคัญของประสบการณ์และศักยภาพของนักเรียนทั้งสองกลุ่มว่า นักเรียนเตรียมวิศวกรรมมีลักษณะในการแก้ปัญหาที่เป็นขั้นเป็นตอนมากกว่าโดยลักษณะของขั้นตอนที่นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหานั้น นักเรียนเตรียมวิศวกรรมใช้เวลาไปกับการจัดการการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ ในขณะที่นักเรียนมัธยมศึกษาจะใช้เวลาในการวิเคราะห์ปัญหามากกว่า นั้นแสดงให้เห็นว่าประสบการณ์มีผลต่อทักษะการคิดในการแก้ไขปัญหาอย่างชัดเจน ดังนั้น การจัดการศึกษาเชิงวิศวกรรมควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับและฝึกประสบการณ์อย่างตลอดเนื่องจะส่งผลต่อศักยภาพทางวิศวกรรมได้ในระยะยาว

แลมมีและคณะ (M. Lammi et al., 2018, p.5) ได้ศึกษาการจัดการศึกษาวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจากงานวิจัยที่หลากหลายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิศวกรรมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้คำจำกัดความที่เหมาะสมแก่การใช้เป็นหัวข้อในการจัดการศึกษานั้นคือ

- คุณลักษณะ
- จิตนิสัย
- การฝึกฝน

- การศึกษา

ซึ่งคำเหล่านี้เป็นหัวข้อที่ใช้ในการระบุถึงสิ่งที่จำเป็นต่อการจัดการศึกษาที่เข้าถึงหัวใจสำคัญของวิชานั้นๆ ในที่นี้คือการกล่าวถึงการจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนวิศวกรรมนั่นเอง ต่อมาแลมมีและคณะ ((M. D. Lammi et al., 2022, p.311)) ได้ศึกษาพฤติกรรมในการแก้ปัญหาของนักเรียนเตรียมวิศวกรรมกับนักเรียนที่สามารถเข้าศึกษาต่อในสายวิศวกรรมได้โดยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลระยะยาว (2 ปี) ซึ่งได้แสดงผลสรุปจากการอภิปรายและสมมติฐานไว้ว่า พฤติกรรมในการออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกัน ซึ่งนักเรียนเตรียมวิศวกรรมจะทำการสร้างองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาเตรียมไว้ก่อนในขณะที่นักเรียนอีกกลุ่มจะไม่ได้สร้างหรือรวบรวมความองค์ความรู้ที่จำเป็นเตรียมไว้ ซึ่งนักเรียนเตรียมวิศวกรรมจะใช้เวลาในการดำเนินการที่เร็วกว่าอย่างชัดเจนแต่นักเรียนที่ไม่ใช่ นักเรียนเตรียมวิศวกรรมจะใช้เวลากับทุกขั้นตอนและทุกส่วนของปัญหาจนใช้เวลานานกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าคุณลักษณะในการเตรียมความรู้ที่จำเป็นของนักเรียนเตรียมวิศวกรรมนั้นจะช่วยในการตัดสินใจขั้นตอนหรือสิ่งที่เกิดความจำเป็นในการแก้ปัญหาออกไปได้ในระดับหนึ่งจนทำให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างรวดเร็วและตรงจุด

2. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร

2.1 ความหมายของหลักสูตร

กระทรวงศึกษาธิการ ((กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)) ได้ให้ความหมายคือประมวลความรู้และประสบการณ์ที่จัดขึ้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถ ทักษะ และคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้ หลักสูตรจึงเป็นเสมือนแผนที่กำหนดทิศทางในการพัฒนาผู้เรียนไปสู่มาตรฐานการเรียนรู้ซึ่งเป็นเป้าหมาย และมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เพื่อให้ทราบความก้าวหน้าของผู้เรียนในการพัฒนาไปสู่มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งได้ให้คำจำกัดความของหลักสูตรสถานศึกษาไว้ว่า แผนหรือแนวทางในการจัดประมวลความรู้และประสบการณ์ซึ่งจัดทำโดยคณะบุคคลในระดับสถานศึกษา เพื่อใช้ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถตามมาตรฐานการเรียนรู้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตนเอง มีชีวิตอยู่ในโรงเรียน ชุมชน และสังคมอย่างมีความสุข การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาพิจารณาจากหลักสูตรแกนกลาง และกรอบหลักสูตรระดับท้องถิ่น นอกจากนั้นสถานศึกษาแต่ละแห่งสามารถพัฒนาเพื่อเติมในส่วนที่สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทและจุดเน้นของสถานศึกษา ตลอดจนความต้องการความถนัด และความสามารถของผู้เรียน

ไทเลอร์ ((Tyler, 2013)) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรไว้ว่า หลักสูตรเปรียบเสมือนกำหนดการณ์ในการเรียนตามรายวิชาของนักเรียน ซึ่งนักเรียนต้องผ่านการเรียนรู้และเติมเต็มตามลำดับเพื่อให้ได้การรับรองทางการศึกษาตามระดับชั้น

ทาบา ((Taba & Spalding, 1962)) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรว่า หลักสูตรเปรียบเสมือนรายงานหรือกำหนดการณ์ของเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์เฉพาะ ที่ระบุถึงเนื้อหาที่ผ่านการคัดเลือกและจัดโครงสร้างแล้วพร้อมทั้งระบุถึงความหมายและรูปแบบของการเรียนและการสอน และรวมถึงการประเมินตามข้อวัตถุประสงค์ของผู้ผ่านหลักสูตรด้วย

โอลิวา ((Oliva, 2005)) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรว่า เป็นแผนหรือโปรแกรมสำหรับการฝึกประสบการณ์ทั้งหมดที่ผู้เรียนจะได้รับภายใต้การกำกับดูแลจากโรงเรียน ในทางปฏิบัติหลักสูตรนั้นจะต้องประกอบด้วยแผนการสอนที่เขียนไว้อย่างเป็นแบบแผนและแตกต่างกันไปตามขอบเขตและรายละเอียดที่เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ นอกจากนี้หลักสูตรอาจหมายถึง บทเรียน รายวิชา ลำดับของรายวิชา ที่โรงเรียนเรียบเรียงเพื่อจัดการเรียนการสอนให้นักเรียน ที่รวมถึงการจัดการชั้นเรียนทั้งในและนอกห้องเรียนในแบบฉบับของโรงเรียนเอง

อาร์มสตรอง ((Armstrong, 2003)) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรว่า หลักสูตรเปรียบเสมือนเป็นแผนการสอนขั้นสูงที่ใช้สำหรับการเลือกเนื้อหาและการวางโครงสร้างเพื่อจัดการเรียนการสอนและฝึกประสบการณ์เพื่อตอบสนองเป้าหมายที่ต้องการเพื่อพฤติกรรมของผู้เรียนให้เป็นไปตามที่มุ่งหวัง

วิชัย วงษ์ใหญ่ ((วิชัย วงษ์ใหญ่, 2552)) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรไว้ว่า เป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนตามที่กำหนดไว้ในรายวิชา กลุ่มวิชา เนื้อหาสาระ รวมทั้งกิจกรรมต่าง ๆ ที่ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอน จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ธำรง บัวศรี ((ธำรง บัวศรี, 2542)) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรไว้ว่า หลักสูตรเป็นแผนการสอนชนิดหนึ่งที่ได้มีการวางแผน ออกแบบ และการจัดการเพื่อแสดงถึงจุดมุ่งหมายในการจัดกิจกรรม เนื้อหาสาระการเรียนการสอนหรือมวลประสบการณ์ในแต่ละแผนการศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านต่าง ๆ ที่ดีขึ้นตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

สงัด อุทรานันท์ ((สงัด อุทรานันท์, 2538)) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรในหลายความหมาย ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นใจความหลักได้ว่า หลักสูตร คือ สิ่งี่สร้างขึ้นในลักษณะของรายวิชาที่ประกอบด้วยเนื้อหาที่มีการจัดเรียงและวางขั้นตอนไว้และประกอบกับการวางแผนการ

สอนไว้ล่วงหน้า ซึ่งรวมถึงการกำหนดจุดมุ่งหมายที่เป็นไปตามแนวทางของโรงเรียน ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและประมวลประสบการณ์เรียนรู้

เอกวิทย์ ณ ถลาง ((เอกวิทย์ ณ ถลาง, 2521)) ได้ให้ความหมายของหลักสูตรไว้ว่าเป็นมวลประสบการณ์ที่จัดให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาวิชา ทักษะ ทักษะคิด แบบพฤติกรรม กิจกรรม สิ่งแวดล้อม ฯลฯ เมื่อรวมส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันจนเกิดเป็นกระบวนการสัมประสมประสบการณ์ให้นักเรียนทั้งหมดนี้เรียกว่าหลักสูตร

จากการศึกษาความหมายของหลักสูตรจึงสรุปเป็นแนวคิดได้ว่า หลักสูตร คือ แบบแผนในการจัดการศึกษาที่มีการวางแผน การจัดการ การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีจุดมุ่งหมายในการสัมประสมประสบการณ์และพัฒนาทักษะต่าง ๆ ของนักเรียนให้ไปเป็นตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่จัดขึ้นโดยโรงเรียน

2.2 องค์ประกอบของหลักสูตร

ไทเลอร์ ((Tyler, 2013)) มีแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของหลักสูตรในเชิงของวัตถุประสงค์หลักของหลักสูตร เพราะเชื่อว่าวัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่ชัดเจนจะช่วยให้สามารถวางแผนจัดการและประเมินผลการศึกษาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตรประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของหลักสูตร : การกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตรเป็นสิ่งแรกสำหรับการสร้างหลักสูตร เพื่อเป็นหัวข้อหลักในการเลือกวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จิตวิทยาในการสอนและสามารถวางแผนการสอนล่วงหน้าได้ โดยการกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตรจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 เป็นการกำหนดจุดประสงค์อย่างคร่าว ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และวางแผนการจัดการเรียนรู้ จนกระทั่งหลักสูตรมีความชัดเจนในการจัดการเรียนรู้แล้วจึงกำหนดวัตถุประสงค์อีกครั้ง

2. ประสบการณ์การเรียนรู้ : หรือเนื้อหาการเรียนรู้ที่หลักสูตรจัดสรรให้นักเรียนได้เกิดทักษะหรือพัฒนาที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ซึ่งไทเลอร์เชื่อว่านักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากการค้นคว้าและสำรวจด้วยตัวเองดังนั้นผู้สอนจะต้องจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีโอกาสในการลงมือทำ ได้ปฏิบัติจึงจะทำให้นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีต่อประสบการณ์การเรียนรู้หรือในเนื้อหาวิชานั้น ๆ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัตินั้นจะส่งผลในด้านอื่นนอกเหนือจากทักษะของประสบการณ์ด้วย เช่น เจตคติที่ดี ได้รับรู้ถึงความถนัดของตนเอง ได้รับข้อมูลจากการค้นคว้าที่สามารถทำได้ในระยะยาว

3. การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ : เพื่อให้การประเมินเป็นไปได้อย่างเรียบง่าย
เกณฑ์การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมประสบการณ์จึงประกอบด้วย 3 หลักเกณฑ์ คือ

3.1 ความต่อเนื่อง

3.2 การสอนอย่างเป็นขั้นเป็นตอน

3.3 การบูรณาการ

โดยการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนตามแนวคิดหลักสูตรของไทเลอร์
จำเป็นต้องประกอบด้วย 3 หลักเกณฑ์ดังกล่าว ทั้งนี้ในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้จะช่วย
ให้ผู้เรียนมีโอกาสได้เกิดการฝึกฝนและการทำซ้ำเพื่อความต่อเนื่องในประสบการณ์ ผู้เรียนจะได้เห็น
และได้เรียนในปัญหาที่มีระดับตั้งแต่ง่ายไปจนถึงระดับยากตามลำดับ และเพื่อให้ผู้เรียนเห็น
ความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชาที่ได้เรียนกับสิ่งรอบตัว การบูรณาการจึงเป็นขั้นการสอนที่ส่งเสริมให้
ผู้เรียนได้พบกับปัญหาในชีวิตประจำวันด้วย

4. การประเมิน : การประเมินของไทเลอร์ จะตอบสนองและอ้างอิงจาก
วัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่ได้กำหนดไว้ในเริ่มแรก ว่านักเรียนที่ผ่านหลักสูตรมีทักษะ
ความสามารถอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่ได้วางไว้หรือไม่ ผลลัพธ์ของ
หลักสูตรซึ่งวัดจากคุณภาพผู้เรียนจำเป็นต้องมีการปรับปรุงอย่างไร ซึ่งการประเมินนี้เป็นขั้นตอนที่
จำเป็นและสำคัญอีกหนึ่งขั้นตอนสำหรับหลักสูตร

ทาบา ((Taba & Spalding, 1962)) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของ
หลักสูตรที่แตกต่างกับ ไทเลอร์โดยรวมแล้วองค์ประกอบหลักสูตรของทาบาจะให้ความสำคัญกับ
สิ่งที่นักเรียนต้องการเรียน นั่นคือการกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตรจะอ้างอิงตามสิ่งที่ต้องการ
ของนักเรียนและโรงเรียน แล้วจึงเลือกเนื้อหาหรือวิธีการสอนที่เป็นรายละเอียดย่อย ๆ ในแต่ละชั้น
ซึ่งแนวคิดองค์ประกอบหลักสูตรมี 7 องค์ประกอบ ดังนี้

1. วินิจฉัยสิ่งที่ผู้เรียนต้องการ: ในขั้นตอนของการวินิจฉัยถือว่าเป็นการเริ่มต้น
ที่สำคัญไม่ต่างจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ซึ่งในการวินิจฉัยความต้องการจะแบ่ง
ออกเป็น 5 ลักษณะ ดังนี้

1.1 วินิจฉัยจากผู้เรียน – เป็นการวินิจฉัยโดยอ้างอิงจากพื้นฐานลักษณะ
สังคมของผู้เรียนว่า ต้องการเข้าสังคมหรือมีมนุษยสัมพันธ์เท่าใด มีความต้องการทางวิชาการหรือ
การรับรู้หนังสือมากนักน้อยเพียงใด ซึ่งหลักสูตรที่สร้างขึ้นนี้ต้องสอดคล้องกับธรรมชาติทางสังคมของ
ผู้เรียนด้วย

1.2 วินิจจยจากผลสัมฤทธิ์ – เป็นการวินิจจยโดยอ้างอิงจากพื้นฐานการศึกษาที่นักเรียนมี วินิจจยจากความสามารถหรือความรู้ของนักเรียนว่ามีมากน้อยเพียงใด

1.3 วินิจจยจากคุณค่า – เป็นการวินิจจยจากเนื้อหาความรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละช่วงวัยและกลุ่มผู้เรียนให้เหมาะสมที่สุด เพื่อให้นักเรียนมีพัฒนาการที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา

1.4 วินิจจยจากสิ่งอำนวยความสะดวกและทรัพยากรที่โรงเรียนมี

1.5 วินิจจยจากสิ่งที่หลักสูตรต้องปรับปรุง

2. ร่างวัตถุประสงค์หลักสูตร: ถัดจากขั้นตอนในการวินิจจยความต้องการแล้วจะทราบในสิ่งที่สภาพแวดล้อมต้องการหลักสูตรที่ตอบโจทย์อย่างตรงประเด็น และการกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตรจะชัดเจนขึ้นโดยอาศัยหลักการดังนี้

- วัตถุประสงค์หลักสูตรควรมีประโยชน์และชัดเจน
- วัตถุประสงค์ของหลักสูตรควรมีคำอธิบายสำหรับแต่ละหัวข้อ
- ขอบเขตของวัตถุประสงค์ควรมีลักษณะกว้าง ๆ
- วัตถุประสงค์ควรปฏิบัติได้จริง
- วัตถุประสงค์ควรเอื้อให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงทักษะ
- มีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียน

3. เลือกเนื้อหา: ในขั้นการเลือกเนื้อหาของหลักสูตรจะขึ้นอยู่กับการวินิจจยความต้องการในขั้นต้น ซึ่งเนื้อหาที่เลือกนั้นจะง่ายขึ้นเมื่อมีการวินิจจยและตั้งวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน โดยการเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมนั้นจะประกอบด้วย

- การจัดระดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก
- มีความน่าสนใจ
- มีความสอดคล้องกับอายุของนักเรียน
- เป็นที่ต้องการของสังคม
- การใช้จิตวิทยาที่เหมาะสมกับระดับนักเรียน
- มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ
- ครูผู้สอนมีสมรรถนะในการสอน
- เลือกหัวข้อที่เหมาะสม
- เลือกแนวคิดพื้นฐานที่เหมาะสม
- มีการจัดลำดับเนื้อหา

- เลือกเนื้อหาเฉพาะ
- เนื้อหาสามารถปฏิบัติได้
- เนื้อหาควรอยู่ฐานของควมมีเหตุผล

4. วางแผนการจัดการเนื้อหา : ในการจัดประสบการณ์การสอนของหลักสูตร ถือว่าเป็นเนื้อหาสุดท้ายที่จำเป็นต้องมีการจัดการโครงสร้างอย่างเป็นระบบ นั้นหมายความว่าแผนการสอนอย่างเป็นขั้นเป็นตอน มีการกำหนดเนื้อหาก่อนหลัง เนื้อหาต่อเนื่องจากที่เคยได้เรียนรู้ มีการเพิ่มระดับจากการคิดที่เป็นรูปธรรมสู่การปลูกฝังเนื้อหาความรู้ในลักษณะนามธรรม โดยรวมแล้วในขั้นตอนนี้คือการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีเป้าหมายการสอนในระดับความรู้ที่สูงขึ้น เนื่องจากความรู้ที่สูงขึ้นจะเป็นความรู้ที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการพิสูจน์มากกว่าการลงมือทำเป็นรูปแบบซ้ำ ๆ

5. เลือกวิธีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้: ในขั้นการเลือกประสบการณ์ที่ต้องการให้นักเรียนจำเป็นต้องใช้เกณฑ์ในการเลือกเบื้องต้นซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม เช่น อะไรคือประสบการณ์ที่นักเรียนควรได้รับจากเนื้อหา ในลำดับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ต้องรวมไปถึงการปลูกฝังพฤติกรรมหรือสมรรถนะที่สามารถวัดประเมินได้ในการเรียนรู้ด้วย เช่น การอ่าน การเขียน การสังเกต การวิเคราะห์ เป็นต้น

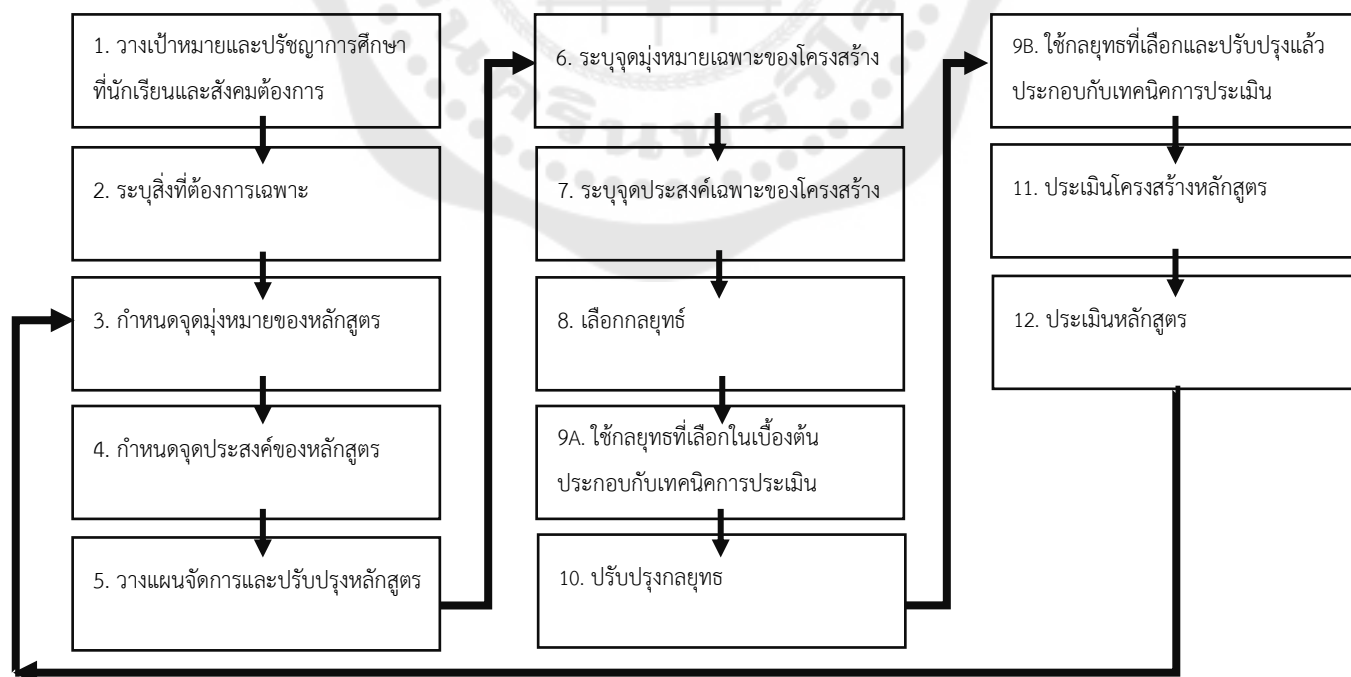
6. วางแผนการจัดการประสบการณ์การเรียนรู้: การจัดประสบการณ์การเรียนรู้หรือการจัดกิจกรรมการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้มีอยู่หลายทฤษฎี หลายวิธี ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้แต่ละแบบนั้นควรมีสิ่งที่จำเป็นต่อการสอนในชั้นเรียน โดยเริ่มจากการนำเข้าบทเรียน การสอนเนื้อหาและให้นักเรียนวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจ มีการจัดระบบหรือรูปแบบให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่ายหรือทำให้อยู่ในรูปของทฤษฎีพื้นฐาน การลงมือทำ การประยุกต์ใช้ และการสรุปความรู้

7. ประเมินผล: แผนหลักสูตรจำเป็นต้องมีการประเมินเพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์ของการใช้หลักสูตร ซึ่งในการประเมินนี้สามารถทำได้ในหลายลักษณะที่สามารถแสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนออกมาเป็นระดับคะแนน แต่ทั้งนี้ในการประเมินควรอาศัยการประเมินในหลาย ๆ รูปแบบและต้องมีความแม่นยำในการวัด

โอลิวา ((Oliva, 2005)) เป็นหลักสูตรที่ผสมผสานวิธีการของ SAL Model และ CIPP Models และพัฒนาเป็นหลักสูตรของ Oliva โดยการนำข้อดีของทั้งสองหลักสูตรมาปรับใช้ ซึ่งมีองค์ประกอบของหลักสูตร 12 องค์ประกอบ ดังนี้

1. วางเป้าหมายและปรัชญาการศึกษาที่นักเรียนและสังคมต้องการ
2. ระบุสิ่งที่ต้องการเฉพาะ
3. กำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร
4. กำหนดจุดประสงค์ของหลักสูตร
5. วางแผนจัดการและปรับปรุงหลักสูตร
6. ระบุจุดมุ่งหมายเฉพาะของโครงสร้าง
7. ระบุจุดประสงค์เฉพาะของโครงสร้าง
8. เลือกกลยุทธ์
- 9A. ใช้กลยุทธ์ที่เลือกในเบื้องต้นประกอบกับเทคนิคการประเมิน
10. ปรับปรุงกลยุทธ์
- 9B. ใช้กลยุทธ์ที่เลือกและปรับปรุงแล้วประกอบกับเทคนิคการประเมิน
11. ประเมินโครงสร้างหลักสูตร
12. ประเมินหลักสูตร

จากองค์ประกอบและวิธีการของหลักสูตร จะเห็นว่าจะมีการปรับปรุงเพื่อพัฒนาหลักสูตรอยู่ตลอดในขั้นตอนดำเนินงานในตัวหลักสูตรเอง ซึ่งสามารถดูจากภาพประกอบ 10 เพื่อเพิ่มความเข้าใจ



ภาพประกอบ 10 Oliva Model

ที่มา : ((Daud, Ahmad, & Johari, 2012), Oliva Model in Malaysian Logistics Curriculum: A Conceptual Framework Paper.

จากองค์ประกอบของหลักสูตรตามแนวคิดของไทเลอร์จะมีการวางโครงสร้างของหลักสูตรไว้ในมุกกว้างโดยจะหาศักยภาพที่ต่ำสุดมาวางเป็นหัวข้อ โดยจุดประสงค์หลักของหลักสูตรจะเน้นในการตอบคำถามของเจ้าของหลักสูตรว่าอยากให้ผู้ผ่านหลักสูตรมีพฤติกรรมตามที่กำหนดไว้หรือมีพฤติกรรมพึงประสงค์ตามที่กำหนด ในทำนองเดียวกันทาบาก็จะมีการโครงสร้างหลักสูตรโดยการเพิ่มเติมรายละเอียดของวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ให้เป็นไปตามทิศทางของที่สังคมต้องการ จากการกำหนดวัตถุประสงค์ตามความต้องการของผู้เรียน และกำหนดเนื้อหาวิชาตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เพื่อให้เกิดพฤติกรรมอันพึงประสงค์กับผู้ผ่านหลักสูตร และองค์ประกอบของหลักสูตรตามแนวคิดของโอลิวาจะมีลักษณะการกำหนดจุดประสงค์เช่นเดียวกับทาบาก็จะมีการวางโครงสร้างที่ใกล้เคียงกัน ในส่วนที่แตกต่างคือองค์ประกอบหลักสูตรของโอลิวาจะเป็นหลักสูตรที่มีการประเมิน ปรับปรุง และพัฒนาในส่วนของจุดมุ่งหมายและจุดประสงค์ของหลักสูตรอย่างต่อเนื่องเพื่อนำไปปรับปรุงจุดมุ่งหมายของหลักสูตรจนสามารถหาจุดสมดุลระหว่างผู้เรียนและมาตรฐานความคาดหวังของสังคม และจากแนวคิดองค์ประกอบหลักสูตรของไทเลอร์ ทาบา และโอลิวา จะมีสิ่งที่เหมือนกันอยู่ 4 ประการ นั่นคือ

1. องค์ประกอบของหลักสูตร ควรมีวัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่ชัดเจนเพื่อตอบสนองความต้องการขององค์กรหรือเพื่อตอบสนองความต้องการของสังคม และเพื่อเป็นการแสดงให้เห็นว่าหลักสูตรมีรายละเอียดหรือจุดมุ่งหมายอย่างไร ผู้ผ่านหลักสูตรจะต้องมีทักษะความสามารถอะไร ซึ่งในองค์ประกอบของหลักสูตรในหัวข้อวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ผู้วิจัยเลือกใช้แนวคิดของไทเลอร์ เพราะหลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ นักเรียนเกิดทักษะการคิดทางวิศวกรรม

2. เนื้อหาของหลักสูตร คือส่วนที่เป็นสาระความรู้ที่ผู้เรียนต้องรู้และได้เรียนรู้ เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปฝึกฝนพัฒนาจนเกิดประสบการณ์ เกิดทักษะตามที่วัตถุประสงค์ของหลักสูตรกำหนดไว้ ซึ่งการกำหนดเนื้อหาของหลักสูตรจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมกับผู้เรียนและจำเป็นต่อผู้เรียน ตลอดจนการกำหนดเวลาที่ใช้ในการเรียนและมีการกำหนดหน่วยการเรียนรู้ไว้เป็นอย่างดีเพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

3. การจัดการเรียนรู้/เทคนิคการจัดการเรียนรู้ของหลักสูตร เป็นส่วนที่วางระบบการถ่ายทอดความรู้ให้กับผู้เรียนอย่างเป็นขั้นเป็นตอน มีแบบแผน มีการกำหนดกลยุทธ์หรือแผนการจัดการเรียนรู้ในการถ่ายทอด เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามระยะเวลาและความยากง่ายในระดับที่เหมาะสม ซึ่งจะสามารถส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการที่สูงขึ้นตามลำดับ เพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

4. การประเมินผล ในกระบวนการระบุว่าผู้เรียนสามารถผ่านหลักสูตรได้หรือไม่ การประเมินผลเป็นวิธีที่สามารถระบุได้ว่าผู้เรียนคนใดที่สามารถเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรบ้าง ในขณะที่เดียวกันปริมาณของผู้ที่สามารถผ่านหลักสูตรได้ สามารถเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ได้อีกทางว่าหลักสูตรนี้มีประสิทธิผลมากน้อยเพียงใด และหากผู้เรียนมีระดับทักษะความสามารถจากการประเมินในระดับที่ดีได้ จะสามารถบอกได้ว่าหลักสูตรมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดได้อีกด้วย

2.3 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตร

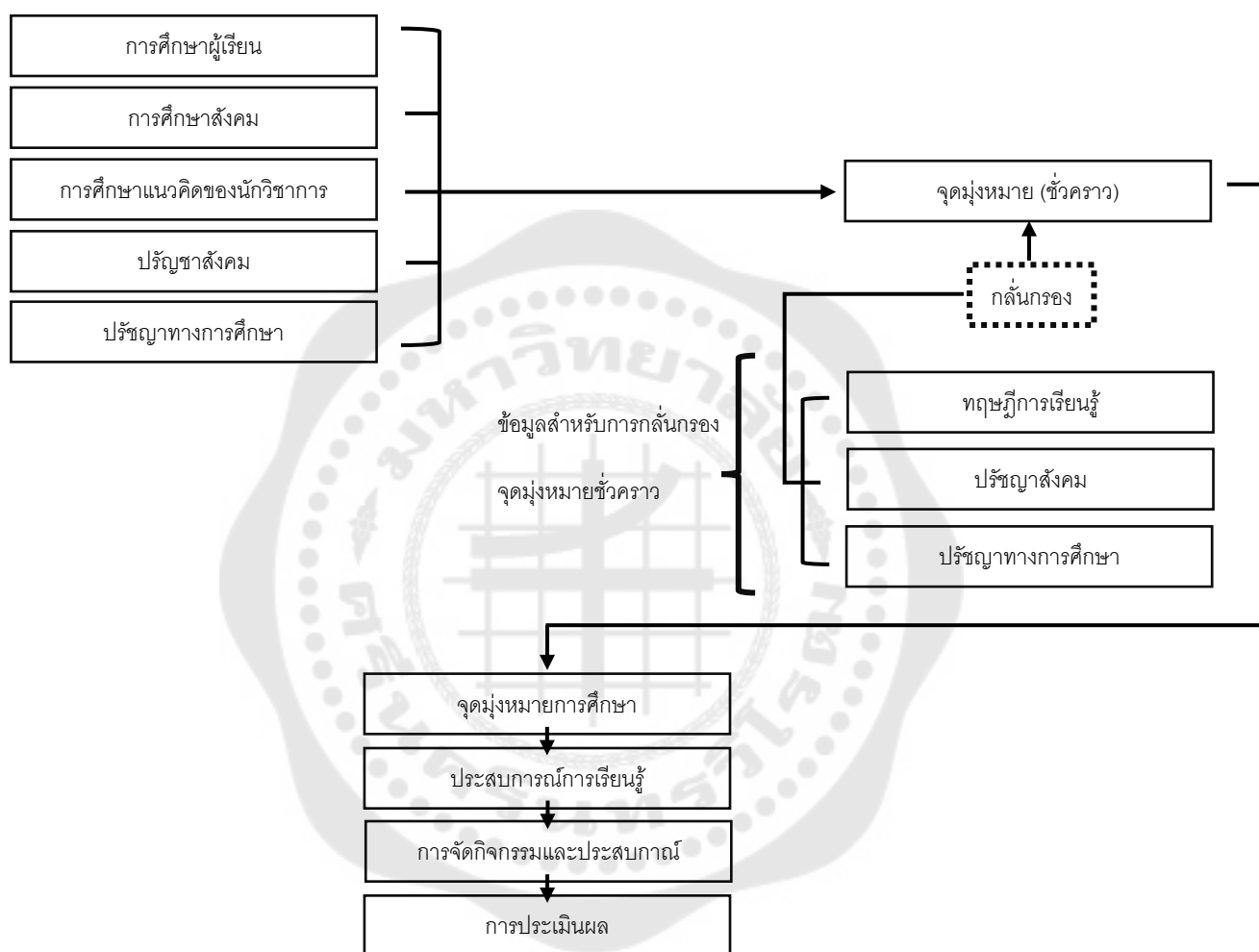
หลักสูตรที่ดีคือหลักสูตรที่มีการพัฒนาต่อเนื่องอย่างไม่หยุดนิ่ง และปรับเปลี่ยนไปตามกระแสของยุคสมัยและความต้องการของสังคม ฉะนั้น การพัฒนาหลักสูตรจึงเป็นสิ่งที่ควรเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะไม่มีหลักสูตรใดในโลกที่คิดขึ้นเพียงครั้งเดียวและใช้ได้ตลอดไป หรือใช้ได้กับทุกภูมิภาค หลักสูตรที่เป็นต้นแบบจะต้องผ่านกระบวนการพัฒนาและปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมตามกาลเวลาอย่างสม่ำเสมอ โดยมีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านคิดค้นและวิจัยรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาหลักสูตรอย่างกว้างขวาง เช่น ไทเลอร์ (Ralph W. Tyler) ทาบา (Hilda Taba) โอลิวา (Peter F. Oliva) เป็นต้น

รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรที่ผู้วิจัยศึกษา พบว่า รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ เป็นรูปแบบการพัฒนาที่มุ่งเน้นในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดหลักสูตร เช่น ทางสังคม ทางผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการศึกษาพัฒนาการนิยม (Progressivism Education) ที่มีจุดเด่นว่า การศึกษาที่ดีต้องเปลี่ยนโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ได้ลงมือทำ/เข้าร่วม กิจกรรมทางการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติและศักยภาพของตัวผู้เรียน ซึ่งรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์นั้น มีแนวทางที่สำคัญ คือ เข้าใกล้จุดมุ่งหมายให้มากที่สุด (ends and mean approach) ((Tyler, 2013)) โดยใช้คำถามเป็นหลักการในการตั้งจุดมุ่งหมายในการพัฒนาหลักสูตร ดังนี้

1. จุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่ควรเป็นคืออะไร
2. มีประสบการณ์ทางการศึกษาอะไรที่ทำให้จุดมุ่งหมายประสบความสำเร็จได้
3. ประสบการณ์ทางการศึกษาสามารถทำให้มีประสิทธิภาพอย่างไร
4. เมื่อไรที่หลักสูตรจะสำเร็จตามจุดมุ่งหมาย และจะทราบได้อย่างไร

ซึ่งการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์จะให้ความสำคัญกับข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์และการกำหนดจุดมุ่งหมายประกอบด้วย การศึกษาสังคม การศึกษาผู้เรียน การศึกษา

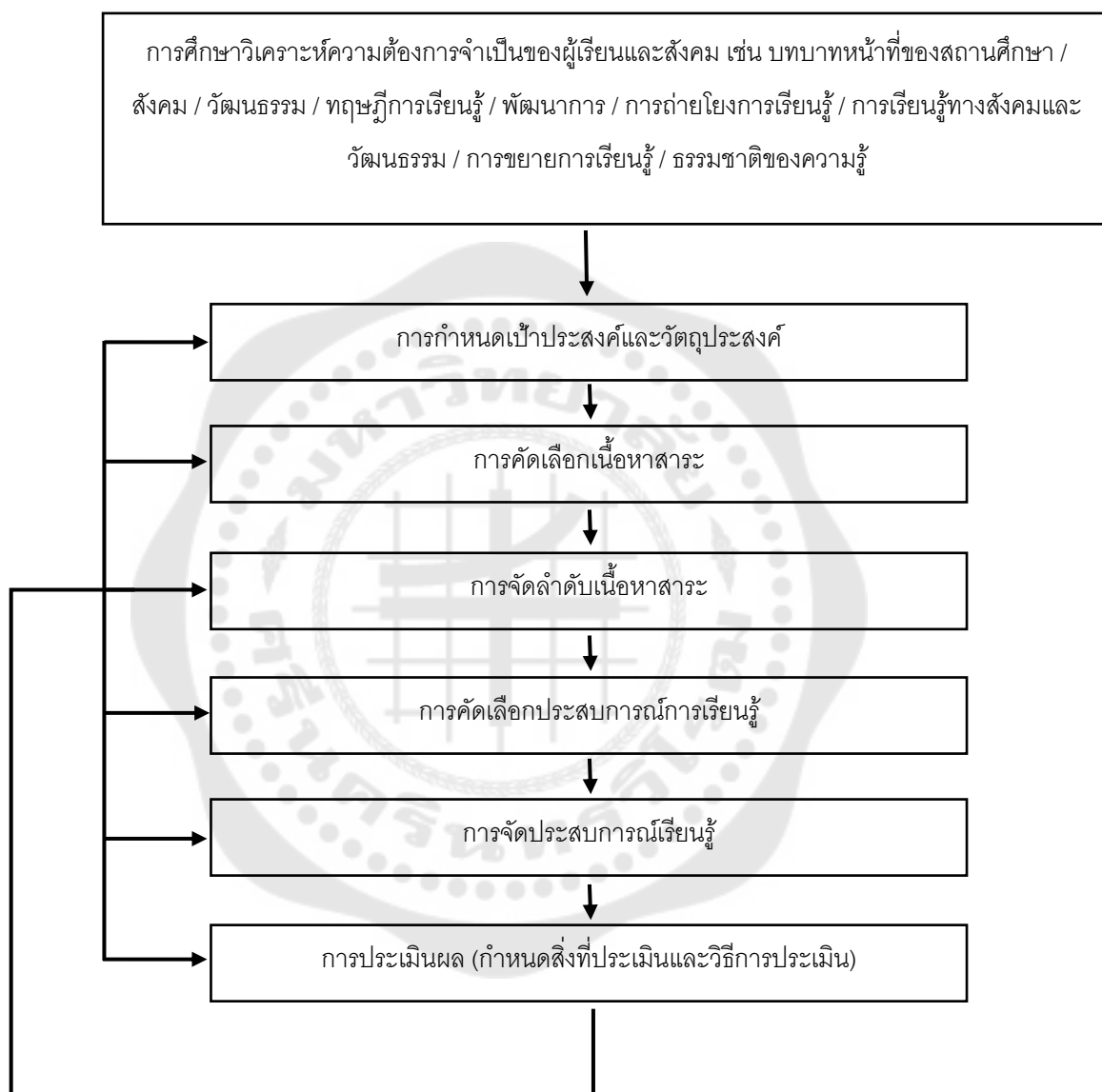
แนวคิดของนักวิชาการ การศึกษาปรัชญาสังคมและปรัชญาการศึกษา รวมถึงการศึกษา
ประสบการณ์การเรียนรู้ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ และการประเมินที่หลากหลายอธิบายตาม
ภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ (ปรับปรุงจาก วิชัย วงษ์ใหญ่. 2544: 44)

อีกรูปแบบของการพัฒนาหลักสูตรที่ผู้ศึกษา พบว่ารูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของ
ทาบ (Taba & Spalding, 1962)) มีแนวทางในการพัฒนาเชิงระบบ หรือให้ความสำคัญกับ
ระบบของหลักสูตร กล่าวคือการพัฒนาองค์รวมซึ่งแตกต่างจากการพัฒนาของไทเลอร์ที่ให้
ความสำคัญกับจุดมุ่งหมายแล้วจึงพัฒนาลงไปในระบบ การพัฒนาเชิงระบบนี้ประกอบด้วย
การศึกษาวิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียนและสังคม การกำหนดเป้าประสงค์และวัตถุประสงค์
การคัดเลือกเนื้อหาสาระ การจัดลำดับเนื้อหาสาระ การคัดเลือกประสบการณ์เรียนรู้ การจัด

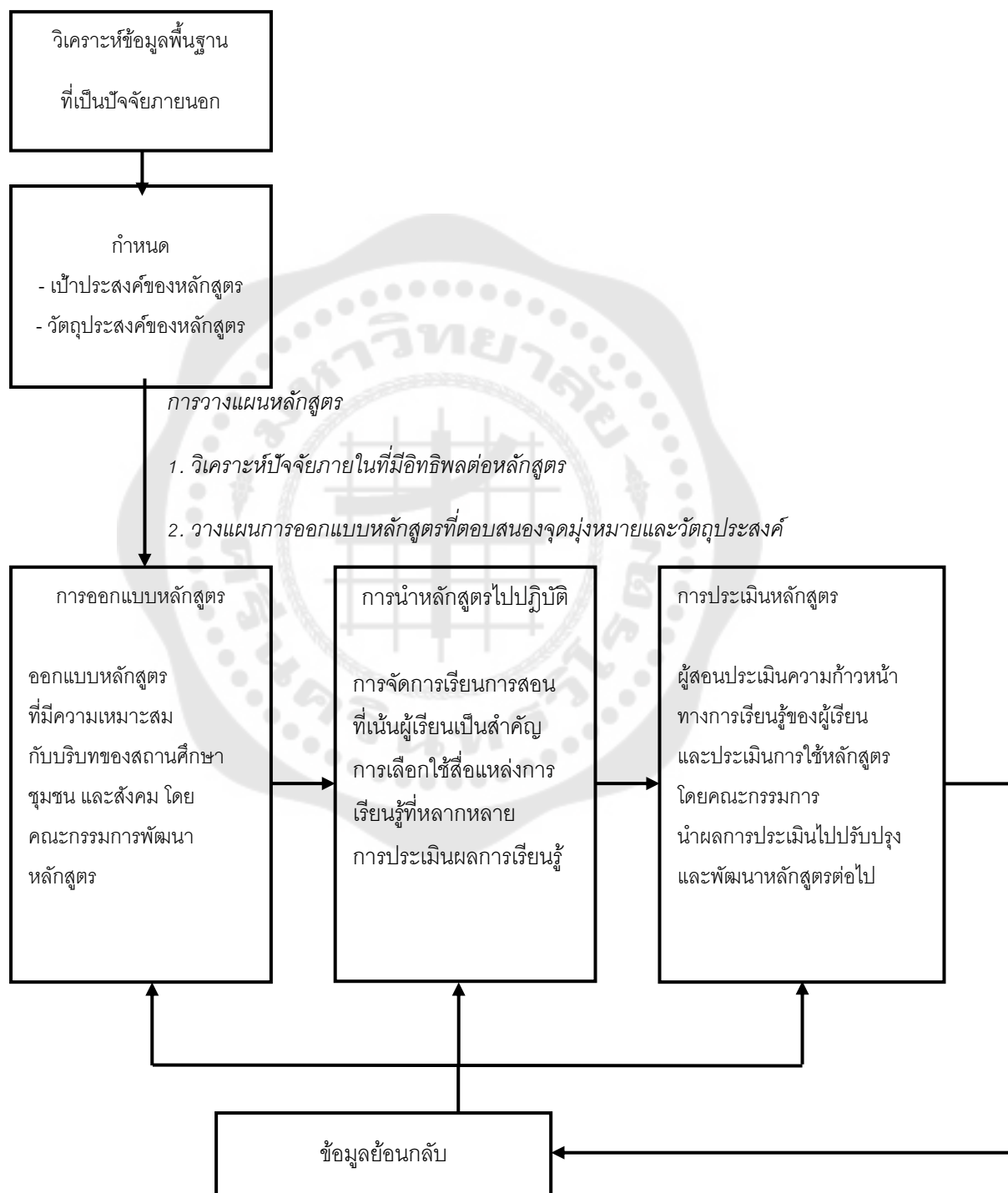
ประสบการณ์การเรียนรู้ การประเมินผล โดยเมื่อผ่านกระบวนการศึกษาวิเคราะห์และประเมินแล้ว จะนำผลการดำเนินงานกลับมาปรับปรุงในส่วนที่ต้องแก้ไข ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของทาบา (ปรับปรุงจาก วิชัย วงษ์ใหญ่. 2544: 50)

รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของเซเลอร์และอเล็กซานเดอร์ (Saylor & Alexander, 1974, p. 22-23) มีแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรเชิงระบบคล้ายกับของทาบา ซึ่งจะทำให้ความสำคัญในอีกมุมมอง ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า (input) คือ การศึกษาความแตกต่างระหว่างผู้เรียนที่ได้เข้ารับการศึกษากับหลักสูตร กระบวนการ (process) จะประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของ

หลักสูตร การวางแผนหลักสูตร การใช้หลักสูตร และการประเมินผล และผลผลิต (output) คือ คุณภาพของผู้เรียน ที่ผ่านกระบวนการเรียนจากหลักสูตรจนสำเร็จการศึกษา โดยรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของเซเลอร์และอเล็กซานเดอร์แสดงดังภาพประกอบ 13

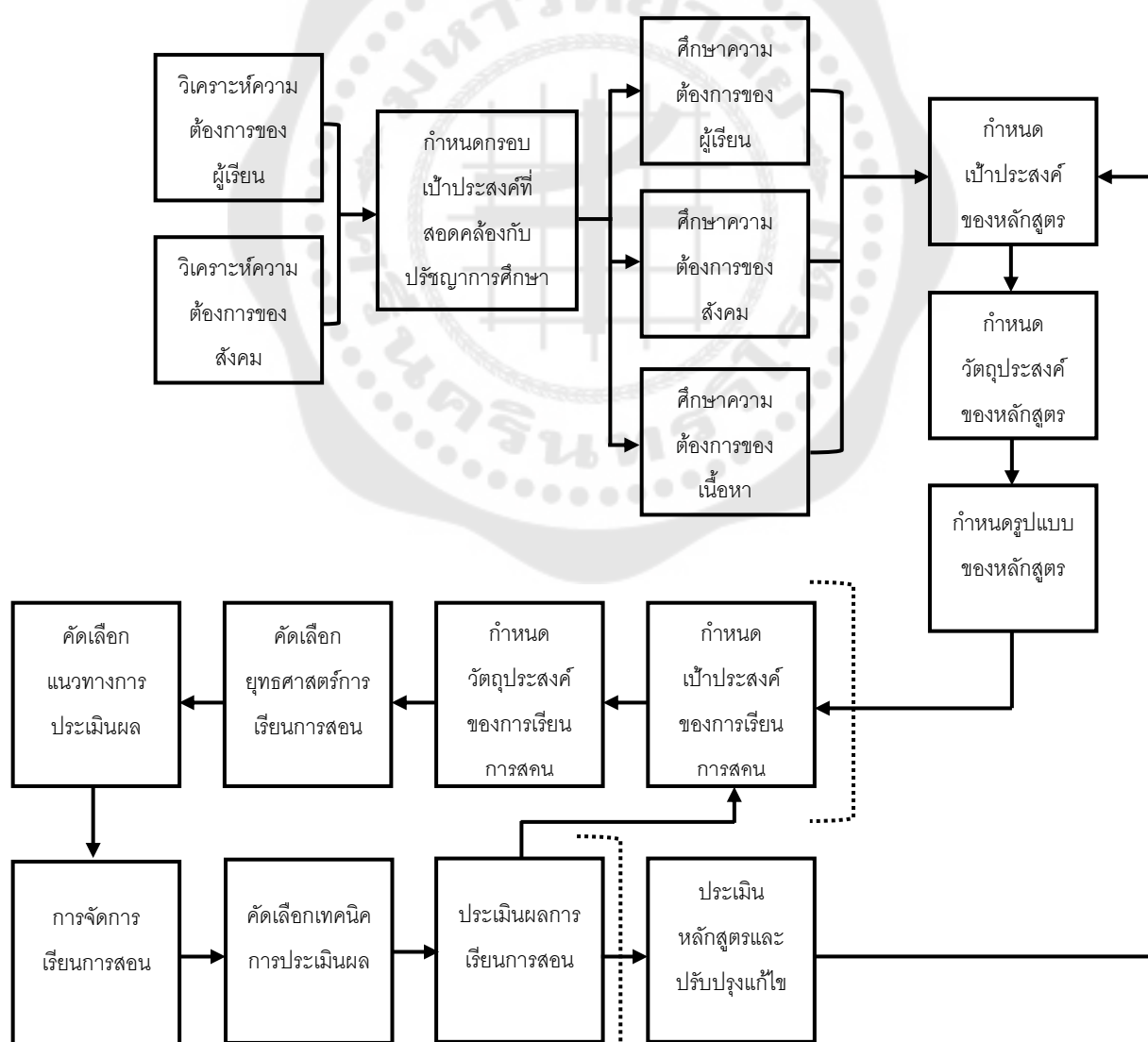


ภาพประกอบ 13 กระบวนการวางแผนพัฒนาหลักสูตร (ปรับปรุงจาก Saylor & Alexander. 1974: 27)

รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา เป็นรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรที่มีความเป็นระบบที่ชัดเจน เนื่องจากมีความครอบคลุมในการพัฒนาหลักสูตรทั้งระบบซึ่งมีลักษณะเด่นคือ สามารถสะท้อนรายละเอียดในการพัฒนาได้อย่างชัดเจน การประเมินผลในรูปแบบสะท้อนมีความเกี่ยวข้องกันทั้งหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน และสามารถสะท้อนความเชื่อมโยงของหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนได้ชัดเจนด้วย โดยหลัก ๆ แล้ว องค์ประกอบของการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา มีองค์ประกอบ 3 ส่วน (Oliva, 2005) ดังนี้

- 1) ระบบการวางแผนและออกแบบหลักสูตร
- 2) ระบบการใช้หลักสูตร
- 3) ระบบการประเมินผลหลักสูตร

รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา แสดงได้ดังภาพประกอบ 14 ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 14 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา (ปรับปรุงจาก Oliva, 2005:)

รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของวิทย์ วงศ์ใหญ่ มีความเป็นระบบคล้ายกับรูปแบบของทาบา เซเลอร์และอเล็กซานเดอร์ และโอลิเวา นั่นคือมีรูปแบบการพัฒนาในเชิงระบบเช่นกัน โดยได้สรุปแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรไว้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลจากสภาพปัญหาและความต้องการของสังคมปัจจุบัน โดยอาศัยการจัดตั้งคณะกรรมการ และปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาของหลักสูตรเพื่อให้สามารถกำหนดจุดมุ่งหมาย หลักการและโครงสร้างและออกแบบหลักสูตรได้

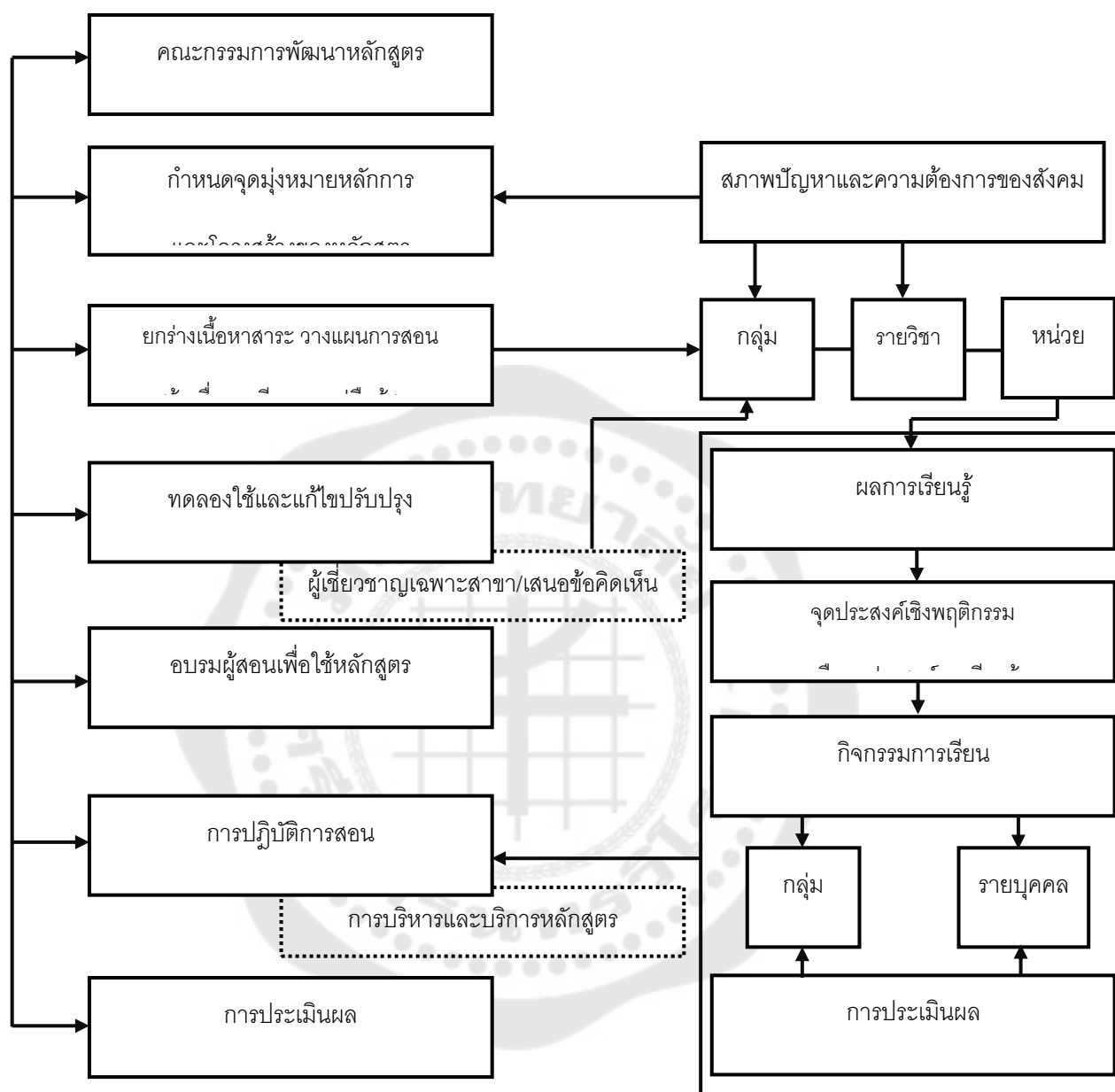
2) ยกร่างเนื้อหาสาระ ในแต่ละสาขาวิชาจากคำปรึกษาของผู้เชี่ยวชาญแต่ละสาขาวิชา โดยกำหนดผลการเรียนรู้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หรือจุดประสงค์การเรียนรู้ วางแผนการสอน ทำบันทึกการสอน เป็นต้น

3) ทดลองใช้หลักสูตรที่พัฒนาแล้วเพื่อศึกษาผลการทดลอง และแก้ไขปรับปรุง โดยจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญตลอดเวลา

4) จัดอบรมครูผู้สอน ผู้บริการและผู้เกี่ยวข้องทางการศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงหลักสูตรใหม่ และเพื่อนำหลักสูตรไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

5) นำหลักสูตรไปปฏิบัติการสอนในโรงเรียนนำร่องก่อนประกาศใช้จริงเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของหลักสูตร

ทั้งนี้ในการประเมินผลหลักสูตรนั้น ต้องมีการดำเนินการประเมินอย่างต่อเนื่อง เพราะปัจจัยแทรกซ้อนอาจทำให้ผลการศึกษาหรือประสิทธิภาพของหลักสูตรลดลง เช่น การเมือง การปกครอง เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม เป็นต้น จะเห็นว่าสิ่งเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้หลักสูตรนั้นต้องมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเช่นกัน ซึ่งรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรจึงสรุปเป็นภาพประกอบ 15 ได้ (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2554, น. 57-59) ดังนี้



ภาพประกอบ 15 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรและการสอนของ วิชัย วงษ์ใหญ่

จากการวิเคราะห์และศึกษาขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ ทาบา เซเลอร์ และอเล็กซานเดอร์ โอลิวา และ วิชัย วงษ์ใหญ่ พบว่ามีรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรที่คล้ายกันอยู่ 4 ขั้นตอน คือ 1) วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาหลักสูตร 2) กำหนดหลักสูตรที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล 3) นำหลักสูตรไปใช้ 4) ประเมินผลหลักสูตร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการในการพัฒนาหลักสูตรตามขั้นตอนที่ได้จากการสังเคราะห์ 4 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพิจารณาโครงสร้างหลักสูตร คือ ระยะเริ่มต้น

พิจารณาจากการศึกษาความต้องการของผู้เรียน ความต้องการของสังคมที่เป็นสภาพปัญหาพื้นฐานและนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดจุดมุ่งหมาย แล้วดำเนินการวางแผนออกแบบหลักสูตรตามขั้นตอนในการสร้างหลักสูตร ระยะที่ 2 การปรับปรุงหลักสูตรตามแผนที่วางไว้และการใช้งานหลักสูตร คือ ระยะการพิจารณาเนื้อหาของหลักสูตร การจัดประสบการณ์เรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร และการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรที่แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและองค์ประกอบของหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ ผ่านการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงนำหลักสูตรไปใช้ ระยะที่ 3 คือ ระยะการประเมินหลักสูตรเพื่อปรับปรุงพัฒนา เป็นระยะประเมินประสิทธิผลจากการใช้งานหลักสูตรโดยพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางจิตนิตยวิศวรรรมและความพึงพอใจของหลักสูตร ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะถูกนำมาวิเคราะห์และปรับปรุงเพื่อให้ได้ซึ่งหลักสูตรที่สมบูรณ์

2.4 การประเมินหลักสูตร

การประเมินหลักสูตร หมายถึง กระบวนการในการหาคุณภาพของหลักสูตร ซึ่งการประเมินหลักสูตรเป็นส่วนสำคัญที่ชี้ให้เห็นได้ว่าหลักสูตรที่ใช้นั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลหรือไม่อย่างไร ในกระบวนการประเมินหลักสูตรจะเป็นการชี้ให้เห็นถึงจุดที่ควรปรับปรุงเพื่อให้หลักสูตรมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น การประเมินหลักสูตรประกอบด้วย

2.4.1 จุดมุ่งหมายของการประเมินหลักสูตร

ทาบา ((Taba & Spalding, 1962, p.310)) กล่าวว่า การประเมินหลักสูตร มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการต่าง ๆ ของหลักสูตรมีการเปลี่ยนแปลงหรือขัดแย้งกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรหรือไม่ ดังนั้น การประเมินหลักสูตรจะมีความครอบคลุมกระบวนการและเนื้อหาทั้งหมดของหลักสูตรที่เกี่ยวข้อง เช่น จุดประสงค์ ขอบเขตเนื้อหา ความสัมพันธ์ของวิชาต่าง ๆ เป็นต้น

ทิศนา แคมมณี (ทิศนา แคมมณี, 2535, น. 134) กล่าวว่า การประเมินหลักสูตรมีความมุ่งหมายเพื่อหาคุณค่าของหลักสูตร เพื่อตัดสินใจในการวางแผนของหลักสูตร และการสอนตามหลักสูตร ที่ถูกต้อง ตลอดจนประเมินผู้เรียนที่เป็นผลผลิตของหลักสูตรว่าเป็นอย่างไร

การประเมินหลักสูตรมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรในทุกภาคส่วนสามารถพิจารณาข้อมูลจากการใช้หลักสูตรมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้หลักสูตร ซึ่งสามารถวิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรได้ 4 หัวข้อ (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2554) ดังนี้

- 1) เพื่อตรวจสอบว่าเอกสารของหลักสูตร เช่น หลักการ จุดหมาย โครงสร้าง เนื้อหา การจัดการเรียนการสอน การวัดประเมินผล มีความสอดคล้องกันหรือไม่
- 2) เพื่อตรวจสอบว่าการนำหลักสูตรไปปฏิบัติ หรือประสิทธิภาพของหลักสูตรมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรหรือไม่
- 3) เพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนมีคุณภาพตรงตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรหรือไม่
- 4) เพื่อตรวจสอบว่าหลักสูตรสามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนและสังคมได้หรือไม่เพียงใด

2.4.2 รูปแบบของการประเมินหลักสูตร

สงัด อุทรานันท์ (สงัด อุทรานันท์, 2530, น.146-157) ได้เสนอว่า การประเมินหลักสูตรสามารถจำแนกรูปแบบได้เป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. รูปแบบการประเมินผลโดยยึดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objective Model)

ไทเลอร์ (Tyler, 2013) เป็นผู้ริเริ่มการประเมินโดยยึดตามจุดประสงค์ เพราะว่าหลักสูตรของไทเลอร์เป็นหลักสูตรที่มีแนวคิดในการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนตามจุดประสงค์ของหลักสูตร ซึ่งถือว่าหลักสูตรจะสัมฤทธิ์ผลหรือไม่ให้ประเมินผลโดยยึดจุดประสงค์หรือประเมินผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากหลักสูตร

2. รูปแบบการประเมินผลโดยไม่ยึดเป้าหมาย (Goal – Free Evaluation Model)

สครีเวน (Scriven อ้างอิงจาก : (Saylor, Alexander, & Caswell, 1981, p.324-327)) เป็นผู้คิดค้นวิธีการประเมินผลโดยไม่ยึดเป้าหมาย เพราะการประเมินผลต้องเป็นการประเมินจากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง (Actual Effects) ที่ไม่ขึ้นตรงกับจุดประสงค์ของหลักสูตร เพราะการยึดติดกับจุดประสงค์ของหลักสูตรสามารถทำให้ผลการประเมินมีความเที่ยงตรงหรือเอนเอียงได้ ซึ่งการประเมินในรูปแบบไม่ยึดติดนี้จะเป็นการประเมินที่มีความเป็นอิสระและเที่ยงตรง โดยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมักจะอยู่ในรูปของข้อมูลเชิงคุณภาพ

3. รูปแบบการประเมินผลการตอบสนอง (Responsive Model)

สเตค (Stake, 2003) เป็นผู้กำหนดลักษณะข้อมูล 3 ประเภทที่จำเป็นต่อการประเมิน คือ 1) ข้อมูลก่อนการดำเนินการ (antecedents) 2) ข้อมูลระหว่างการดำเนินการ (transaction) 3) ข้อมูลหลังการดำเนินการ (outcomes) ซึ่งในการเก็บข้อมูลการตอบสนองนั้นคือการเก็บข้อมูลในแต่ละระดับของการดำเนินการหลักสูตร

4. รูปแบบการประเมินในลักษณะของการตัดสินใจ (Decision Making Model) แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

4.1 รูปแบบการประเมินของคณะกรรมการสมาคมฟาย เดลตา แคปปา (Phi Delta Kappa Committee's Model) หรือที่คุ้นกันในชื่อของการประเมินแบบ CIPP Model ซึ่งมีรูปแบบการประเมินผลจากข้อมูล 4 ส่วน คือ 1) การประเมินผลสภาพแวดล้อมซึ่งมีผลต่อการกำหนดจุดมุ่งหมายเรียกว่า “Context Evaluation” 2) การประเมินทรัพยากรป้อนเข้าซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการทำงานเรียกว่า “Input Evaluation” 3) การประเมินกระบวนการทำงาน “Process Evaluation” 4) การประเมินผลผลิต “Product Evaluation”

4.2 รูปแบบการประเมินผลความแตกต่าง (Discrepancy Evaluation Model) เป็นรูปแบบที่ใกล้เคียงกับ CIPP Model ที่มีการดำเนินการประเมินตามขั้นตอน ดังนี้ 1) นิยามหรือกำหนดมาตรฐานของโครงการ 2) พิจารณาความแตกต่างระหว่างผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่ได้จากหลักสูตรกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 3) ใช้ข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาความแตกต่างในการตัดสินใจสำหรับปรับปรุงวิธีการหรือเกณฑ์ของหลักสูตร

4.3 รูปแบบการประเมินหลักสูตรโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบภายในของโกว์ (Intrinsic Analysis Model) เป็นรูปแบบการประเมินเพื่อตัดสินคุณภาพของหลักสูตรโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบภายในของโกว์ (Gow) ซึ่งมีองค์ประกอบอยู่ 2 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบของหลักสูตร และ ทำการตัดสินคุณภาพของหลักสูตร

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตร

ดอาสและคณะ (Daud et al., 2012) ได้พัฒนาหลักสูตรรายวิชาโลจิสติกส์ในสถาบันอุดมศึกษาของมาเลเซีย โดยใช้รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา ซึ่งแบ่งเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ระยะศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เริ่มต้นจากการตั้งหัวข้อคำถามเพื่อใช้ในการกำหนดแผนการพัฒนา 3 ข้อ คือ 1) หลักสูตรมีทำงานอย่างต่อเนื่องหรือไม่ 2) ถ้าใช้วิธีการโลจิสติกส์ที่ดีที่สุด วัสดุอุปกรณ์ที่ดีที่สุดและปฏิบัติตามขั้นตอนที่ดีที่สุด แล้วจะมีผลลัพธ์เช่นไร 3) หลักสูตรมี

ความคุ้มค่าหรือไม่ ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียได้รับประโยชน์สูงสุดจากเงินที่จ่ายไปหรือไม่ จากคำตอบของคำถามทำให้สามารถกำหนดเป้าหมายของหลักสูตรได้ ระยะที่ 2 ระยะของการพิจารณาคัดเลือกเนื้อหาประสบการณ์เรียนรู้ ตามขั้นตอนการออกแบบหลักสูตร ที่ 5 – 10 ของโอลิวา และประเมินหลักสูตรเพื่อวัดความเหมาะสม ความสอดคล้องตั้งแต่กลยุทธ์ แผนการสอน เป็นต้น ระยะที่ 3 ระยะของการทดลองและประเมินหลักสูตรเพื่อวัดความเหมาะสมและความสอดคล้องกับเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของหลักสูตร รายงานการวิจัยพบว่า การพัฒนาหลักสูตรและการออกแบบหลักสูตรตามรูปแบบของโอลิวา มีประสิทธิภาพในการแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนและผลผลิตที่ได้จากการวางแผน และการประเมินที่ได้จากการออกแบบ หลักสูตรนี้ หลักสูตรรายวิชาโลจิสติกส์นี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรโลจิสติกส์ซึ่งรายวิชานี้สามารถพัฒนานักเรียนให้มีทักษะความสามารถ ความรู้ความเข้าใจ ให้นักเรียนสามารถประกอบอาชีพโลจิสติกส์ได้

สุจินต์ บุญพัฒนาภรณ์ ((สุจินต์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)) ได้นำรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของไทยเลอร์และทาบามาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน 2) การสร้างหลักสูตร 3) การทดลองใช้หลักสูตร 4) การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร โดยพิจารณาการประเมินผลหลักสูตรจาก เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในหลักสูตร เช่น จำนวนและการดำเนินการ เรขาคณิต พีชคณิต เป็นต้น โดยมีการบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นกระตุ้นความคิด 2) ขั้นเสนอและทำความเข้าใจปัญหา 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 4) ขั้นนำเสนอแผนที่วางไว้ 5) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา 6) ขั้นตรวจสอบคำตอบและสรุป 7) ขั้นขยายความคิด รายงานการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนในหลักสูตรการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังการทดลองใช้หลักสูตร มีคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรที่ระดับสถิติ .01

อิสเมลและคณะ ((Ismail & Khalifa, 2010)) ได้ศึกษาการออกแบบและการพัฒนาหลักสูตรสำหรับวิศวกรรมโดยการกำหนดโครงร่างของหลักสูตร เช่น ภาพลักษณ์ของวิศวกรในอนาคต ปรัชญา บทบาทและการตอบสนองของการพัฒนาหลักสูตรที่มีความครอบคลุมต่อการศึกษาในสาขาวิศวกรรม เพื่อเตรียมความพร้อมนักเรียนวิศวกรรมสู่ระดับที่สูงขึ้นของอาชีพวิศวกร ซึ่งหลักสูตรที่ดีควรเป็นหลักสูตรที่มีการออกแบบแผนผังหลักสูตรที่สามารถตอบสนองความต้องการได้ตรงจุดประสงค์และเป็นหลักสูตรไปรูปแบบที่สามารถปรับปรุงพัฒนาได้อย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับการวิจัย R&D โดยการตั้งคำถามเพื่อกำหนดจุดประสงค์หลักสูตรเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของการกำหนดหลักสูตร 4 ข้อ คือ 1) หลักสูตรควรจะต้องสะท้อนภาพของวิศวกรที่

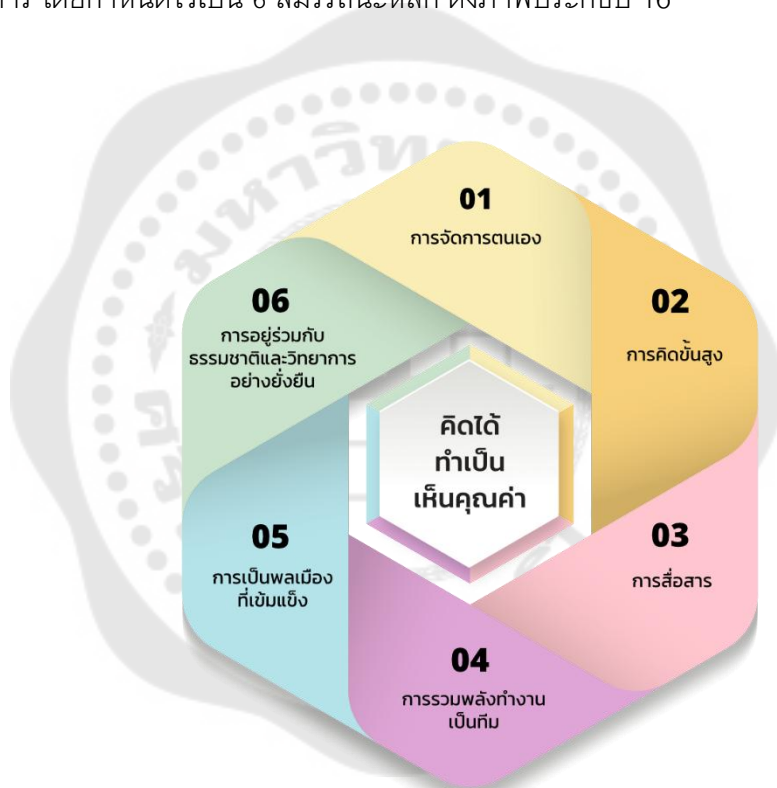
เป็นระเบียบชัดเจน ทักษะอะไรบ้างที่วิศวกรควรมี 2) หลักสูตรต้องมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างเฉียบพลันได้ เนื้อหาของหลักสูตรต้องมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป 3) ผลผลิตของผู้เรียนควรมีลักษณะที่พร้อมต่อการพัฒนาตนเองแม้จะสำเร็จการศึกษาแล้ว ผลผลิตที่ดีคือผู้เรียนจะต้องมีมุมมองในการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องเมื่อผ่านกระบวนการหลักสูตร 4) หลักสูตรควรมีการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ นวัตกรรม ความสร้างสรรค์ และความเป็นมืออาชีพที่เพิ่มเติมอยู่ในกระบวนการจัดประสบการณ์และเนื้อหาของหลักสูตร โดยสรุปคือ การพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมในมุมมองของอาเมทและออดแมน จะมีความคล้ายคลึงกับการพัฒนาหลักสูตรที่เน้นจุดสำคัญของหลักสูตรผสมผสานกับการพัฒนาหลักสูตรเชิงระบบควบคู่กัน ซึ่งเปรียบเสมือนการพัฒนาหลักสูตรที่ดีนั้นคือการพัฒนาหลักสูตรในเชิงการวิจัย R&D นั่นเอง

3. แนวคิดเกี่ยวกับการกำหนดสมรรถนะของนักเรียน

การศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยมีจุดมุ่งหมายให้ประชากรไทยมีความสามารถในการคิดและต่อยอดความรู้จากการศึกษาขั้นพื้นฐานสู่การดำเนินชีวิตในสังคม นั่นคือประชาชนต้องมีสมรรถนะในการใช้ชีวิตเมื่อผ่านกระบวนการหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้ว ซึ่งจากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2544 มีแนวคิดและหลักการในการจัดการศึกษาที่สำคัญประการหนึ่งเกี่ยวกับผู้เรียน คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาและเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยถือว่า ผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดสามารถพัฒนาได้ตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ ตามการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 และหลักการเกี่ยวกับหลักสูตร คือ เป็นหลักสูตรที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระ เวลา และการจัดการเรียนรู้ เป็นหลักสูตรที่จัดการศึกษาได้ทุกรูปแบบ ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์ โดยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีความเป็นไทยและเป็นสากล ซึ่งจากการวิเคราะห์หลักสูตรที่ส่งเสริมสมรรถนะในปีพ.ศ. 2544 พบว่ามีการส่งเสริมสมรรถนะตามกลุ่มสาระรายวิชาโดยกำหนดในมาตรฐานการเรียนรู้ กล่าวคือ ผู้เรียนจะต้องมีสมรรถนะสำคัญตามแต่ละรายวิชาอย่างครอบคลุมจากวิชาพื้นฐาน ต่อมาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพ.ศ. 2551 มีแนวคิดและหลักการมีหลักการในการจัดการศึกษาเดียวกันคือเนื้อผู้เรียนเป็นสำคัญและมีจุดมุ่งหมายคือให้ผู้เรียนมีศักยภาพในการศึกษาต่อเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ซึ่งในส่วนของสมรรถนะผู้เรียนของหลักสูตรปี พ.ศ. 2551 จะมีการระบุสมรรถนะของผู้เรียนไว้อย่างชัดเจน 5

ประการคือ 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

กรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานประเทศไทย กล่าวว่านักเรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนาการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เป็นความสามารถติดตัวเมื่อจบการศึกษา นั่นคือนักเรียนจะได้รับความรู้ความสามารถและพัฒนาในกระบวนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นสมรรถนะได้จากการเรียนในสาระความรู้ต่าง ๆ เรียกว่าเป็นสมรรถนะที่ไม่ขึ้นตรงกับเนื้อหาของกลุ่มสาระใดสาระหนึ่งอย่างเดียว แต่ความรู้ที่ได้จะกลายเป็นองค์ประกอบของสมรรถนะ ซึ่งเป็นความรู้เชิงกระบวนการ โดยกำหนดไว้เป็น 6 สมรรถนะหลัก ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 สมรรถนะหลัก 6 ประการ

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

Retrieve from: www.cbethailand.com

ประกอบด้วย

สมรรถนะที่ 1 : การจัดการตนเอง ผู้เรียนสามารถรู้จักรัก เห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น มีเป้าหมายในชีวิต จัดการอารมณ์ของตนเองได้ แก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง สามารถฟื้นฟูสภาวะจิตใจจากวิกฤตและมีสุขภาวะที่ดี

สมรรถนะที่ 2 : การคิดขั้นสูง ผู้เรียนสามารถสามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณ เข้าใจเหตุผลความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ร่วมกันจนเป็นระบบ ใช้จินตนาการในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้

สมรรถนะที่ 3 : การสื่อสาร ผู้เรียนสามารถรับสารและส่งสารได้อย่างปราศจากอคติ มีสติ เคารพในความคิดที่แตกต่าง และสามารถเลือกใช้เทคนิคในการสื่อสารที่เหมาะสมกับสถานการณ์ได้

สมรรถนะที่ 4 : การรวมพลังทำงานกันเป็นทีม ผู้เรียนสามารถจัดระบบและออกแบบกระบวนการทำงานในลักษณะของการทำงานเป็นทีมได้ มีความเป็นผู้นำและการเป็นผู้ตามที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์และสามารถจัดการกับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานเป็นทีมได้

สมรรถนะที่ 5 : การเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง ผู้เรียนสามารถเป็นพลเมืองของไทยและพลเมืองของโลกที่มีความรับผิดชอบต่อทั้งสังคมไทยและสังคมสากลโลก เคารพกติกาสาธารณะ ยึดมั่นในความเท่าเทียม มีประชาธิปไตย

สมรรถนะที่ 6 : การอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและวิทยาการจากการเรียนรู้มาสร้างสรรค์เพื่อการอยู่ร่วมกับธรรมชาติได้ เข้าใจปรากฏการณ์ของธรรมชาติ ความสัมพันธ์ของความรู้เพื่อการปรับตัวในชีวิตประจำวันได้

จากเดิมที่หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยมีการสอดแทรกความเป็นสมรรถนะในมาตรฐานการเรียนรู้จนปัจจุบันมีการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะและมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน ทำให้การวัดประเมินความเป็นสมรรถนะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างท้าทายเป็นอย่างมาก ซึ่งต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในการประเมินเพื่อการวางรากฐานมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดเพื่อการจัดการเรียนการสอนที่ต้องบูรณาการเข้าด้วยกันกับสมรรถนะของผู้เรียนที่คาดหวัง

4. แนวคิดเกี่ยวกับปรัชญาการศึกษาและทฤษฎีการเรียนรู้

จากความมุ่งหมายของการวิจัยที่ต้องการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผ่านการจัดกิจกรรมตามเนื้อหาที่ได้กล่าวไว้ในบทนำ โดยการจัดการเรียนรู้ที่อิงสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความมุ่งมั่นและตั้งใจที่ใฝ่อยากเป็นวิศวกร ซึ่งนักเรียนจะได้มีโอกาสในการคิด ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจึงศึกษาปรัชญาการศึกษา ทฤษฎีการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดในการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนี้

4.1 ปรัชญาการศึกษา

ปรัชญาการศึกษา หมายถึง ความเชื่อ แนวคิดที่เป็นจริงอย่างมีหลักการทางการศึกษา เป็นจุดมุ่งหมายที่แสดงออกในลักษณะของอุดมการณ์ทางการศึกษา เป็นการวางเป้าหมายทางการศึกษาในอุดมคติว่าควรมีทิศทางไปในทิศทางใด มีความคล้ายคลึงกับปรัชญาชีวิต แต่เป็นการประยุกต์นำมาปรับใช้กับการศึกษา มีการแสดงความคิดเห็นต่อปรัชญาในเชิงการพิสูจน์บนฐานข้อเท็จจริงของกระบวนการจัดการโดยพิจารณาองค์ประกอบของการศึกษาในทุกส่วน ซึ่งปรัชญาทางการศึกษานี้ถือเป็นศาสตร์ประยุกต์ ที่นักการศึกษานำปรัชญาพื้นฐาน หลักการสำคัญของปรัชญา มาประยุกต์เข้ากับการจัดการศึกษาเพื่อใช้ในการจัดการศึกษา ซึ่งมีหลากหลายกลุ่มปรัชญา ดังนี้

1. ปรัชญาการศึกษาสารัตถนิยม (Essentialism)
2. ปรัชญาการศึกษานิรันตรนิยม (Perennialism)
3. ปรัชญาการศึกษาพิพัฒนาการนิยม (Progressivism)
4. ปรัชญาการศึกษาปฏิรูปนิยม (Reconstructionism)
5. ปรัชญาการศึกษาอัตถิภาวะนิยม (Existentialism)

โดยแต่ละปรัชญาการศึกษาจะมีการให้ความหมายหรือสาระสำคัญ ผู้คิดค้นปรัชญา แนวคิดพื้นฐานของปรัชญา แนวคิดของหลักสูตร และการจัดการเรียนสอนที่สอดคล้องกับปรัชญาแต่ละสาขา โดยสามารถทำความเข้าใจจากการอธิบาย (Yanavetee, 2021) ตามตาราง 9 ต่อไปนี้

ตาราง 9 ตารางแสดงแนวคิดของปรัชญาการศึกษา (ปรับปรุงจาก พระวิทยา ญาณเวที 2563)

ปรัชญา	แนวคิดของปรัชญา	ผู้คิดค้น
1. สรรัตถนิยม	เป็นแนวคิดเชิงอนุรักษที่แบ่งเป็น 2 ฝ่ายคือ ฝ่ายจิตนิยม คือ ผู้ที่ให้ความสำคัญกับ แนวคิด และ ฝ่ายวัตถุนิยม คือ ผู้ที่ให้ความสำคัญกับวัตถุ หรือสิ่งที่สามารถจับต้องและสัมผัสได้	วิลเลียม แชนด์เลอร์ แบกลีย์ (William C. Bagley) และคณะ
การเชื่อมโยงปรัชญากับหลักสูตร		การเชื่อมโยงปรัชญากับการจัดการเรียน การสอน
ปรัชญาสรรัตถนิยม : จะมีแนวคิดของหลักสูตร ในการยึดถือเนื้อหาวิชาเป็นสำคัญ ให้ ความสำคัญกับวิชาพื้นฐานหรือความรู้พื้นฐาน		การจัดการเรียนการสอนจะมีครูเป็นศูนย์กลาง ของการจัดการเรียนการสอน โดยครูจะเป็นผู้ ชี้แจง อธิบายให้นักเรียนเข้าใจถึงวิธีการ ซึ่งมี วิธีการสอนแบบบรรยายเป็นหลัก
ปรัชญา	แนวคิดของปรัชญา	ผู้คิดค้น
2. นິรันตรนิยม	เป็นแนวคิดที่ยึดถือในสิ่งที่เป็นความจริงและ ไม่มีวันเปลี่ยนแปลง ให้ความสำคัญกับความ เป็นเหตุเป็นผลที่ชัดเจน ซึ่งได้รับอิทธิพลมา จากวัตถุนิยมเชิงเหตุผล	อริสโตเติล (Aristotle) และ เซนต์ โทมัส อควีนาส (St. Thomas Aquinas)
การเชื่อมโยงปรัชญากับหลักสูตร		การเชื่อมโยงปรัชญากับการจัดการเรียน การสอน
ปรัชญานິรันตรนิยม : จะมีแนวคิดของหลักสูตร ที่ให้ความสำคัญกับการฝึกฝนการใช้สติปัญญา เหตุผล และความรู้ โดยการพิสูจน์เพื่อให้ได้ซึ่ง ความจริงที่ชัดเจน		การจัดการเรียนการสอนจะเน้นที่การท่องจำ และฝึกฝนให้คิดหาเหตุผลโดยอาศัยหลักการ ของวิชาที่ได้เรียนรู้ เป็นแนวทางในการพิสูจน์ ข้อเท็จจริงใหม่ ๆ

ตาราง 9 (ต่อ)

ปรัชญา	แนวคิดของปรัชญา	ผู้คิดค้น
3. พัฒนาการนิยม	เป็นแนวคิดการหาความรู้อย่างอิสระโดยไม่ยึดติดกับความรู้ที่บัญญัติไว้ มีการค้นคว้าและทดลองอย่างต่อเนื่องไม่หยุดนิ่ง ต่อต้านหรือหาข้อขัดแย้งในการล้มล้างทฤษฎีเดิมเพื่อได้มาซึ่งทฤษฎีและความรู้ใหม่	ฟรานซิส เวย์แลนด์ พาร์กเกอร์ (Francis W. Parker)
การเชื่อมโยงปรัชญากับหลักสูตร		การเชื่อมโยงปรัชญากับการจัดการเรียนการสอน
ปรัชญาพัฒนาการนิยม : จะมีแนวคิดของหลักสูตรที่ให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างประสบการณ์ในชีวิต เน้นวิชาที่สร้างเสริมประสบการณ์ของผู้เรียนโดยตรง		การจัดการเรียนการสอนจะเน้นที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนจะมีบทบาทในการค้นคว้า ลงมือทำและทดลองโดยที่ครูจะมีหน้าที่ในการแนะนำ เพื่อให้ผู้เรียนเห็นหนทางและสร้างแนวคิดในรูปแบบของตนเอง
ปรัชญา	แนวคิดของปรัชญา	ผู้คิดค้น
4. ปฏิรูปนิยม	เป็นแนวคิดในการเสริมสร้างความรู้ให้ตนเอง โดยมีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในอนาคต เน้นการแก้ไขปัญหามากกว่าการยอมรับในความเป็นไป	ธีโอดอร์ บราเมลด์ (Theodor Brameld) และ จอร์จ ซิลเวสเตอร์ เคาท์ส (George S. Counts)
การเชื่อมโยงปรัชญากับหลักสูตร		การเชื่อมโยงปรัชญาการจัดการเรียนการสอน
ปรัชญาปฏิรูปนิยม : จะมีแนวคิดของหลักสูตรที่ให้ความสำคัญกับวิชาสังคมศาสตร์อย่างชัดเจน กระบวนการเสริมสร้างผู้เรียนให้เป็นผู้บุกเบิกในการแก้ปัญหากล้าแสดงความคิดเห็นและยึดถือการพัฒนาสู่อนาคตเป็นหลัก		การจัดการเรียนการสอนจะให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนสังเกตปัญหาและวิเคราะห์สิ่งที่ปัญหาออกมา ครูจะเป็นผู้แนะนำและผู้เรียนจะเป็นผู้ที่ต้องเข้าใจปัญหาและสิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง

ตาราง 9 (ต่อ)

ปรัชญา	แนวคิดของปรัชญา	ผู้คิดค้น
5. อัตถิภาวนิ ยม	เป็นแนวคิดของเสรีภาพในการหาความรู้ตาม ความเป็นส่วนตัวของแต่ละบุคคล ให้ ความสำคัญกับศาสตร์ที่ตนเองชอบมากกว่า การรับความรู้แบบทั่วไป	โซเรน เคียร์เคการ์ด (Soren Kierkegaard)
การเชื่อมโยงปรัชญากับหลักสูตร		การเชื่อมโยงปรัชญากับการจัดการเรียน การสอน
ปรัชญาอัตถิภาวนิยม : จะมีแนวคิดของ หลักสูตรที่ให้ความสำคัญของแต่ละรายวิชา อย่างเท่าเทียมกับ ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนได้ ตามความสนใจ		การจัดการเรียนการสอนจะให้สำคัญกับผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้บนพื้นฐานของความเป็นตัว ของตัวเอง โดยครูจะมีหน้าที่ในการใช้คำถาม กระตุ้นผู้เรียนเพื่อดำเนินการเรียนการสอน

จากการศึกษาปรัชญาการศึกษา พบว่า ปรัชญาการศึกษาพัฒนาการนิยม เป็นปรัชญาที่มีความเหมาะสมที่สุดกับการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื่องด้วยปรัชญาทางการศึกษานี้มีหลักการในการจัดการเรียนรู้แบบเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำและค้นคว้าทดลองด้วยตนเอง ((Khammanee, 2004, p.27)) ประสพการณ์ของผู้เรียนที่ได้จากการสั่งสมความรู้ด้วยตนเองนั้นสามารถทำให้ผู้เรียนได้สังเคราะห์ความรู้ที่ได้เป็นความรู้เฉพาะของตนเอง และก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องได้ ซึ่งองค์ประกอบของการจัดการศึกษาตามปรัชญาการศึกษาพัฒนาการนิยม ((ลิขิตพล อาจอินทร์, 2563, น.111)) มีองค์ประกอบดังนี้

1. จุดมุ่งหมายของการศึกษา การศึกษาคือชีวิต มนุษย์จะต้องเฝ้าหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องเพื่อการดำเนินชีวิต และสามารถเผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเองได้
2. หลักสูตร : หลักสูตรจะให้ความสำคัญกับเนื้อหาวิชาที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือ เนื้อหาวิชาที่สอดคล้องกับสิ่งที่ผู้เรียนต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง การลงมือทำ การทดลองให้ได้มาซึ่งความรู้ที่เป็นลักษณะเฉพาะของตนเอง เน้นที่ประสบการณ์ชีวิต และเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

3. ครู : ครูมีหน้าที่ในการให้คำแนะนำ คำปรึกษาเพื่อชี้ทางให้นักเรียนเห็นถึงสภาพปัญหาและดำเนินการค้นคว้า ให้การช่วยเหลือมากกว่าการสอนหรืออธิบายตรง ๆ ใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดด้วยตนเอง
4. ผู้เรียน : ผู้เรียนมีหน้าที่ในการค้นคว้า ทดลอง ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อค้นหาประสบการณ์ด้วยตนเอง การเรียนรู้ส่วนใหญ่จะมาจากประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนเอง
5. การจัดการเรียนรู้ : การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เรียนรู้จากการปฏิบัติ และเรียนรู้จากปัญหา

ดังนั้น ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปรัชญาการศึกษาพัฒนาการนิยม เป็นปรัชญาการศึกษาของหลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม เพราะเป็นปรัชญาการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนรู้และสร้างเสริมประสบการณ์ของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยวิศวกรรมที่ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ต้องการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามองค์ประกอบที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อข้างต้น พบว่า เนื้อหาสาระที่เป็นองค์ประกอบของหลักสูตรจะเน้นไปที่การปลูกฝังการคิด การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การเสริมสร้างการคิดของผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียบเรียงองค์ความรู้ในลักษณะเฉพาะของตนเอง ซึ่งทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตรส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม มีดังนี้

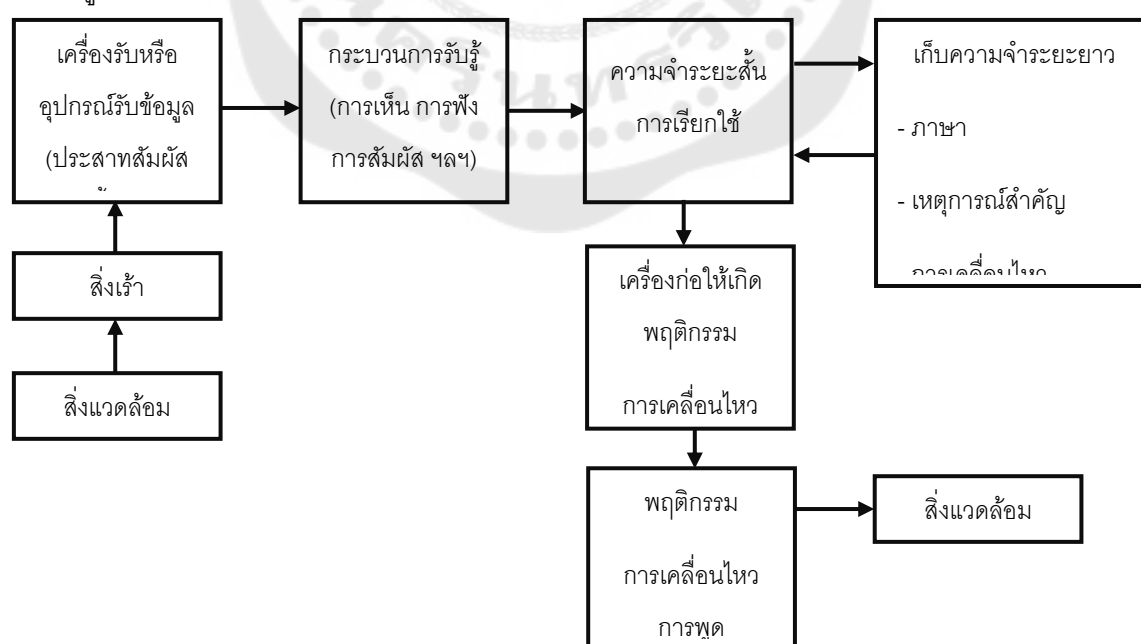
4.2.1 ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory)

คลอสไมเออร์ (Klausmeier, อ้างอิงจาก (ทศนา แหมมณี, 2562, น.80-85)) อธิบายว่ากระบวนการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ เริ่มต้นจากการรับสาร (Input) จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของร่างกาย ซึ่งมนุษย์จะรับสารเฉพาะหรือสิ่งที่ชอบและให้ความสนใจมากกว่าและข้อมูลที่ได้นั้น จะถูกเก็บบันทึกไว้ในสมองส่วนที่เป็นความทรงจำระยะสั้น (short – term memory) โดยความทรงจำระยะสั้นนี้สามารถเปลี่ยนแปลงกลายเป็นความจำทรงจำระยะยาวได้ (long – term memory) ผ่านปัจจัย 2 ประการ คือ การรู้จัก (recognition) และความใส่ใจ (attention) กล่าวอีก

นัยหนึ่งคือ ข้อมูลที่จะถูกบรรจุอยู่ในส่วนของความทรงจำระยะยาวได้ ต้องมีการฝึกฝนใช้งานและเรียนรู้ซ้ำ ๆ หลาย ๆ ครั้งผ่านช่วงเวลาหนึ่งจนเกิดเป็นความชำนาญ สมองจะทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ เป็นความทรงจำระยะยาวไว้โดยการจำแนกประเภทแปลงข้อมูลให้เป็นรหัส (encoding) แทนการ บันทึกข้อมูลทั้งหมด ซึ่งข้อมูลที่ถูกบันทึกในความทรงจำระยะยาวนี้จะมี 2 ลักษณะคือ ความทรง จำเกี่ยวกับภาษา (semantic) และความทรงจำเกี่ยวกับเหตุการณ์ (episodic) นอกจากนั้นยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ความจำประเภทกลไกที่เคลื่อนไหว (motoric memory) และ ความจำประเภทอารมณ์ความรู้สึก (affective memory) หลังจากข้อมูลต่าง ๆ ถูกเก็บบันทึกไว้ใน ความทรงจำระยะยาวแล้ว เมื่อต้องพบเจอเหตุการณ์หรือปัญหาที่มีความใกล้เคียงกัน การเรียกใช้ ข้อมูลหรือการส่งออกข้อมูล (output) ที่บันทึกไว้จะถูกนำมาประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์นั้น ๆ มนุษย์ จึงสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่พบเจอมาแล้วมากกว่า 1 ครั้งได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับการประสบ ปัญหาในครั้งแรก การรับรู้ในลักษณะนี้ทางวิชาการเรียกว่า “metacognition” หรือ “การรู้คิด” ซึ่งค รอสไมเออร์ได้เปรียบเทียบการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ในลักษณะการทำงานของคอมพิวเตอร์ ตามลำดับคือ

1. การรับข้อมูล (input) : จากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการป้อนข้อมูล
2. การเข้ารหัส (encoding) : จากซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
3. การส่งออกข้อมูล (output) : จากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการแสดงผล

ข้อมูล ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 กระบวนการทางสมองในการประมวลผลข้อมูล (Klausmeier, 1985: 105)

ที่มา : ทิศนา แคมมณี,

ปัจจัยที่ช่วยให้การเรียนรู้และการทำงานประสบผลสำเร็จตามที่ต้องการนั้น จำเป็นต้องใช้ความรู้และความสามารถ และการวางแผนยุทธวิธีในการทำงานเพื่อเรียบเรียง กระบวนการคิดและขั้นตอนการลงมือทำ องค์ประกอบสำคัญของการรู้คิดหรือการประมวลผล ข้อมูล คือ แรงจูงใจ ความตั้งใจ และความมุ่งมั่นต่าง ๆ ซึ่งประสิทธิภาพของการเรียนรู้ในทฤษฎีนี้ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกมิติหนึ่ง ประกอบด้วย บุคคล (person) ที่ เป็นความแตกต่างของแต่ละบุคคล งาน (task) ประกอบด้วยลักษณะที่แตกต่างกัน ยุทธวิธี (strategy) ประกอบด้วยยุทธวิธีในการเข้า งานที่แตกต่างกันตามประเภทของงาน ซึ่งสามารถจำแนกเป็น 3 ประเภทของการรับรู้ ได้แก่ ความรู้เชิงปัจจัย (declarative knowledge) ความรู้เชิงกระบวนการ (procedural knowledge) ความรู้เชิงเงื่อนไข (conditional knowledge) ((Osman & Hannafin, 1992, p.83-99), (Eggen & Kauchak, 2004, p.260), (Paris, Lipson, & Wixson, 1983, p.293-316))

4.2.2 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎีการเรียนรู้เริ่มต้นจากการศึกษาพัฒนาทางทฤษฎีของเพีย เจต์ (Piaget) และ วีกอทสกี (Vygotsky) (สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2541, น.61) โดยมีแนวคิดว่ กระบวนการทางปัญญาของบุคคลจะมีลักษณะในการซึมซับหรือดูดซึมข้อมูล (assimilation) ทำ ให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) จากข้อมูลที่ได้รับทำให้เกิดการ เทียบข้อมูลกับความรู้เดิมที่มี หากข้อมูลไม่สัมพันธ์กันจะเกิดสภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) ทำให้บุคคลพยายามปรับสภาวะทางสมองให้อยู่ในสภาวะที่สมดุล (equilibrium) ซึ่งการปรับ โครงสร้างทางสมองนี้จะมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์ของบุคคลโดยตรง ประกอบด้วย ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับความคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ ความรู้ทางสังคม วัฒนธรรม และ กระบวนการพัฒนาความสมดุล จะมีผลโดยตรงกับกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญาของแต่ละ บุคคล (Piaget, 1952) การจัดการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มพัฒนาการของบุคคลควรมีการเพิ่ม ระดับการสอน หรือเนื้อหาขึ้น เพราะหากบุคคลได้รับการสอนที่เป็นระดับที่สอดคล้องกับ พัฒนาการเดิม บุคคลนั้นก็จะได้เพียงพัฒนาการเดิมแต่ไม่มีพัฒนาที่เพิ่มขึ้นเพราะไม่มีการปรับ สมดุลทางปัญญานั้นเอง ((Vygotsky, 1978, p.90)) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนี้จะเน้นที่ กระบวนการและวิธีการของแต่ละบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจในลักษณะเฉพาะของ ตนเองจากประสบการณ์และความหมายที่ตนเองเข้าใจ ทฤษฎีการเรียนรู้กล่าวว่าสมองเป็น เครื่องมือที่สำคัญที่สุดในการแปลความหมายและจัดกระทำกับข้อมูลไม่ใช่เพียงรับข้อมูล (Jonassen, 1992, p.138-139), (Fosnot, 2013, p.171))

4.2.3 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้โดยการสร้างชิ้นงาน (constructionism)

ทฤษฎีการสร้างความรู้โดยการสร้างชิ้นงาน มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) นั่นคือการเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างความรู้ นอกเหนือจากการประมวลผลในสมองให้มีการถ่ายทอดออกมาเป็นรูปธรรมมากขึ้น กล่าวคือ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างชิ้นงานขึ้นมาและใช้ความรู้ความเข้าใจในชิ้นงานนั้นต่อยอดความรู้ของตนเองหรือเข้ากระบวนการปรับสมดุลทางสมองตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง แต่ผ่านชิ้นงาน ซึ่งในมิติของทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างชิ้นงานสื่อทางธรรมชาติจะช่วยให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีขึ้น เช่น กระดาษ กระดาษแข็ง ไม้ โลหะ พลาสติก เป็นต้น แต่ถึงแม้ว่าผู้เรียนจะได้มีโอกาสในการเรียนรู้จากภาพอุปกรณ์หรือวัสดุที่พบจริงแต่ยังไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้ที่ดี ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพก็คือ บรรยากาศ บรรยากาศที่มีสามารถเลือกได้หรือการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้จะส่งผลให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ที่ดีขึ้นได้ รวมถึงสภาพแวดล้อมที่ดี กล่าวคือแม้ว่าจะอยู่ในห้องเรียนเดียวกัน แต่ห้องเรียนหนึ่งมีการตกแต่งด้วยอุปกรณ์หรือสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาจะส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาที่ดีขึ้นมากกว่าห้องเรียนเปล่า รวมไปถึงสภาพแวดล้อมทางสังคม เช่น อายุ กลุ่มคน ความถนัด ความสามารถที่เหมือนกันก็เป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ช่วยให้พัฒนาการในการเรียนรู้ดีขึ้นเช่นกัน ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างชิ้นงานนี้จะมีประสิทธิผลมากน้อยเพียงใด ปัจจัยหลักอีกอย่างก็คือครู ครูจะต้องทำหน้าที่ให้ผู้เรียนโดยการอำนวยความสะดวกในการเรียนให้แก่ผู้เรียน การให้คำปรึกษาแทนการสอนแบบบรรยาย ซึ่งในด้านการประเมินการเรียนรู้สามารถใช้การประเมินที่หลากหลายได้ ทั้งการสังเกต การประเมินโดยครูและเพื่อน การประเมินจากแฟ้มผลงาน การประเมินชิ้นงาน เป็นต้น

4.2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Theory of Cooperative or Collaborative Learning)

เดวิด จอห์นสัน และ โรเจอร์ จอห์นสัน ((Johnson Roger & David, 1994, p.31-32)) กล่าวว่า การความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนเป็นมิติที่มักจะถูกกละเลยไป แต่ทว่า มีผลการวิจัยมากมายแสดงให้เห็นว่า ความรู้สึกละเลยของผู้เรียน ที่มีต่อเพื่อน ต่อโรงเรียน ต่อครูนั้นส่งผลต่อการเรียนรู้ได้ ซึ่งปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนสามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะคือ

1. ลักษณะการแข่งขัน
2. ลักษณะต่างคนต่างเรียน
3. ลักษณะการเรียนรู้แบบร่วมมือ

โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือไม่ใช่เพียงว่านักเรียนอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มและให้ งานและช่วยกันทำเท่านั้น ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือมี 5 ประการ ดังนี้

1. การพึ่งพาเกื้อกูลกัน (positive interdependence) : ผู้เรียน จะต้องมีความตระหนักว่า สมาชิกกลุ่มทุกคนมีความสำคัญ ความสำเร็จของบุคคลในกลุ่มจะ ขึ้นอยู่กับกันและกัน หากต้องการให้กลุ่มประสบความสำเร็จ แต่ละคนในกลุ่มจึงต้องมีความ รับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเองและช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มไปพร้อมกัน เพื่อประโยชน์ ร่วมกัน การส่งเสริมให้ผู้มีเรียนมีการพึ่งพาช่วยเหลือกันสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การกำหนด เป้าหมายในการทำงานร่วมกัน การให้รางวัลตามผลงานของกลุ่ม การให้วัสดุในการทำงานร่วมกัน การมอบหมายบทบาทหน้าที่ในการทำงานร่วมกัน เป็นต้น

2. การปรึกษากัน (face to face promotive interaction) : ปัจจัยที่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกันในทางที่จะช่วยให้กลุ่มบรรลุเป้าหมาย การพูดคุยหรือ การมีปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มอยู่ตลอดเวลาถือเป็นปัจจัยหนึ่ง que การเรียนแบบบุคคลไม่มี การส่งเสริมให้ เกิดสัมพันธภาพที่ดีจะทำให้พัฒนาการดีขึ้นไปพร้อมกันได้

3. ความรับผิดชอบของสมาชิกในกลุ่ม (individual accountability) : หน้าที่และความรับผิดชอบของบุคคลในกลุ่มเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกหนึ่งประการ วิธีการในการ ส่งเสริมให้ทุกคนในกลุ่มเห็นความสำคัญและทำหน้าที่ของตนเองให้ดีและเต็มที่หลายวิธี ทั้งนี้ เพื่อให้กลุ่มประสบความสำเร็จ ครูจึงมีหน้าที่ในการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน จัดให้ในกลุ่มมีการ สังเกตกันและกัน เป็นต้น

4. การใช้ทักษะปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่ม ย่อย (interpersonal and small-group skills) : ทักษะในการทำงานร่วมกันเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วย ให้การทำงานกลุ่มประสบความสำเร็จได้ ความเข้าใจซึ่งกันและกัน การยอมรับซึ่งกันและกันเป็น สิ่งหนึ่งที่สมาชิกในกลุ่มต้องเรียนรู้ไปพร้อมกันระหว่างการทำงานกลุ่ม

5. การวิเคราะห์กระบวนการกลุ่ม (group processing) : กลุ่มการ เรียนรู้แบบร่วมมือจะต้องมีการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของกลุ่ม เพื่อช่วยในการประเมิน ความคืบหน้าและเป็นการตรวจสอบการทำงานเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และปรับปรุงให้เกิดผลลัพธ์ที่ดี ขึ้น การสะท้อนคิดในการทำงานเป็นกลุ่มจะช่วยให้ทุกคนในกลุ่มเกิดการเรียนรู้ไปพร้อมกันและ ช่วยฝึกทักษะในการรู้คิดไปพร้อมกันได้อีกด้วย ประเภทของกลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยทั่วไปมี อยู่ 3 ลักษณะคือ

1. กลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างเป็นทางการ คือ การจัดกลุ่มโดยมีครูเป็นผู้วางแผน จัดระเบียบ กำหนดกฎเกณฑ์ เพื่อให้ผู้เรียนต่างได้ร่วมมือกันเรียนรู้ ซึ่งอาจจะใช้เวลาในการเรียนในกลุ่มนี้ในระยะยาวติดต่อกันหลายวัน หลายสัปดาห์ จนกระทั่งผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบรรลุจุดมุ่งหมายตามที่กำหนด

2. กลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างไม่เป็นทางการ คือ การจัดกลุ่มที่ครูจัดขึ้นเป็นครั้งคราว ในการสอนรายคาบหรือรายชั่วโมง เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการเรียนรู้แบบร่วมมือในการระดมความคิดสำหรับปัญหาพิเศษบางอย่าง

3. กลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างถาวร คือ การจัดกลุ่มที่ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมทั้งหมดร่วมกัน ผู้เรียนจะมีพัฒนาการที่เพิ่มอย่างใกล้ชิด มีประสบการณ์การทำงาน/การเรียนรู้ร่วมกัน นานจนกระทั่งเกิดสัมพันธภาพที่เหนียวแน่น

จากการศึกษาทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมาในข้างต้น พบว่าทฤษฎีที่สอดคล้องกับการส่งเสริมการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมนั้นมีความเหมาะสมมากกว่าหนึ่งทฤษฎี นั่นคือต้องมียุทธศาสตร์ในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และนิยามความรู้ความเข้าใจในลักษณะของตนเองแบบเฉพาะบุคคล แบบทฤษฎีการประมวลผลและทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การจัดการความรู้และประสบการณ์ด้วยตนเองจะทำให้ผู้เรียนมีความชำนาญและความคุ้นเคยในเนื้อหาความรู้ตามแบบฉบับของตนเองมากกว่าการทำตามตำรา ต้องมีลักษณะการเรียนรู้ที่สามารถลงมือทำและสร้างชิ้นงานได้ด้วยตนเองจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างชิ้นงาน การให้รับรู้ถึงคุณสมบัติของวัสดุ การทดลองสร้างต้นด้วยตนเองจะทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์มากขึ้น เพราะเนื้อหาทางวิศวกรรมนั้นจำเป็นต้องมีความรู้ทางวัสดุศาสตร์เป็นเนื้อหาสอดแทรกในการเรียนด้วย และต้องมีลักษณะในการเรียนรู้แบบร่วมมือเนื่องจากวิศวกรรมเป็นวิชาที่ต้องมีการทำงานเป็นทีม จากหัวข้อที่ 1 ความหมายของวิศวกร วิศวกรมีรูปแบบในการทำงานเป็นทีมซึ่งไม่ใช่การทำงานคนเดียว ดังนั้นทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือจึงเป็นอีกทฤษฎีหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้โดยปริยาย ดังนั้น การจากสังเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมา ในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้แนวคิดของทฤษฎีเป็นแนวทางในการวางแผนและกำหนดหลักสูตรต่อไป

5. แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมในระดับมัธยมศึกษา

ราชบัณฑิตยสถานวิศวกรรมศาสตร์ (Royal Academy of Engineering) เป็นสถาบันวิจัยและค้นคว้าทางด้านความรู้และด้านการศึกษาในสาขาวิศวกรรมของประเทศอังกฤษที่มีอุดมการณ์เพื่อพัฒนาการจัดการศึกษาวิศวกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการด้านแรงงานวิศวกร

ของประเทศอังกฤษว่าวิศวกรที่ดีคือผู้ที่มีการฝึกฝนจนเชี่ยวชาญและมีการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในทางการศึกษาแล้วเดิมวิศวกรรมศาสตร์เป็นวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนเฉพาะเพียงในระดับอุดมศึกษาเท่านั้น ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสในการเรียนรู้และฝึกฝนทักษะทางด้านวิศวกรรมเพียงเวลาที่ได้เรียนอยู่ในรั้วมหาวิทยาลัยเท่านั้น ถึงแม้ว่าจะมีการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ STEM แล้ว ก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจในผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ แต่ทว่าในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ STEM ก็ไม่ใช่วิธีการส่งเสริมทักษะทางด้านวิศวกรรมอย่างแท้จริง แต่เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่อาศัยแนวคิดบางส่วนของวิศวกรรมในด้านการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการอธิบายและเสริมพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ให้ออกมาเป็นรูปธรรมและบูรณาได้ ดังนั้น ทางสถาบันจึงเริ่มให้ความสนใจในการจัดการศึกษาทางวิศวกรรมให้กับผู้เรียนในระดับชั้นที่ต่ำกว่าระดับอุดมศึกษาลงมาซึ่งประกอบด้วย ระดับชั้นประถมศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยมีแนวคิดที่ว่าวิศวกรที่ดีจำเป็นต้องอาศัยการเรียนรู้และฝึกฝนมาเป็นเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดในการจัดการศึกษาว่า การเริ่มต้นเรียนรู้ตั้งแต่อายุน้อยจะทำให้กลายเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณค่าได้ในอนาคต ซึ่งเป็นแนวคิดการจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริมความเชี่ยวชาญเฉพาะ (Signature Pedagogy) ของ ลี ชุลแมน (Lee S. Shulman อ้างอิงจาก (Lucas & Hanson, 2016, p.8-9)) ซึ่งเป็นนักปฏิรูปการศึกษาของประเทศอเมริกา ซึ่งอธิบายว่าการศึกษาที่ จะทำให้ผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นเพิ่มขึ้น คือการจัดการศึกษาที่มีรูปแบบในการทำงานของผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นให้มากที่สุด ฉะนั้น การจัดการศึกษาวิศวกรรมเพื่อให้วิศวกรที่สำเร็จการศึกษาเป็นวิศวกรที่มีคุณภาพและสามารถพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องได้ ปัจจัยสำคัญในการสร้างระบบการศึกษาวิศวกรรมก็คือการปลูกฝังความคิดในมุมมองของวิศวกรให้กับผู้เรียนตั้งแต่แรกเริ่ม หากผู้เรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับวิศวกรหรือเรียกว่าการคิดเชิงวิศวกรรมตั้งแต่อายุน้อย ผ่านการเรียนรู้และฝึกฝนมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีประสบการณ์และความรู้ความเข้าใจอย่างชัดเจน การจัดการศึกษาวิศวกรรมจึงจะประสบความสำเร็จและตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัยของราชบัณฑิตยสถานวิศวกรรมศาสตร์ได้

5.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้วิศวกรรม คือ เทคนิคหรือวิธีในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีพัฒนาทางวิศวกรรมด้วยวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันมีวิธีการจัดการเรียนรู้ทั้งรูปแบบปกติและแบบร่วมสมัยเกิดขึ้นมากมาย ทั้งนี้ในการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเพื่อสังเคราะห์และหาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกร ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning : PBL อ้างอิงจาก (ทศนา แหมมณี, 2562, น.137-138)) คือ วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก เริ่มแรกผู้สอนจะนำเสนอปัญหาให้ผู้เรียนและใช้คำถามกระตุ้นความคิดของผู้เรียนให้เกิดการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาพร้อมกันเป็นทีม โดยหลักการนี้จะประสบผลสำเร็จได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความยากง่ายของปัญหากับระดับของผู้เรียน หากคำถามยากเกินไปอาจจะไม่ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความท้าทาย ในทางตรงกันข้ามอาจจะทำให้เกิดความท้อใจแทน ดังนั้นการเลือกปัญหาที่เหมาะสมกับวัยวุฒิจึงเป็นเรื่องที่ท้าทายของครูผู้สอนด้วย โดยขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ ดังนี้

1.1 ผู้สอนนำเสนอหรือนำผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการยกตัวอย่างปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระที่ต้องการสอน

1.2 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่กำลังเผชิญ และร่วมกันหาสาเหตุของปัญหาในลักษณะการระดมความคิด (Brain Storming)

1.3 ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหาโดยเริ่มวางแผนการแก้ปัญหา ซึ่งผู้สอนมีบทบาทในการให้คำแนะนำและกระตุ้นผู้เรียนด้วยคำถามเพื่อให้ผู้เรียนสามารถหาคำตอบเองได้

1.4 ผู้เรียนต้องลงมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ค้นคว้าด้วยตนเอง วิเคราะห์/สังเคราะห์ข้อมูล สรุป และประเมินผล

1.5 ผู้สอนและผู้เรียนสามารถร่วมกันประเมินผลการแก้ปัญหา เพื่อสะท้อนคิดและสรุปความรู้ร่วมกัน

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning : PjBL อ้างอิงจาก (ทศนา แหมมณี, 2562, น.138-140)) คือ วิธีการจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนได้เลือกทำโครงงานตามที่ตนเองสนใจ ทั้งเป็นการทำงานบุคคลและการทำงานร่วมกันเป็นทีมวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน ศึกษาหาข้อมูลความรู้ และลงมือปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้จนสามารถสร้างต้นแบบหรือชิ้นงานได้ จากนั้นจึงนำเสนอในห้องเรียนหรือสาธารณะโดยการอธิบายถึงเป้าหมายของโครงงาน หลักการ แผนงาน การดำเนินการและประสบการณ์ที่ได้จากการทำโครงงาน ซึ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ ดังนี้

2.1 ผู้สอนนำเสนอหรือแนะนำผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการยกตัวอย่างปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระที่ต้องการสอน โดยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงการแก้ปัญหาในลักษณะของการหาคำตอบด้วยการนำเสนอแบบโครงงาน

2.2 ผู้สอนชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ และหลักการในการหาคำตอบด้วยการทำโครงงาน วิธีการในการหาคำตอบ การเขียนโครงงาน การวางแผนงาน รวมทั้งบทบาทของผู้สอนและผู้เรียน

2.3 ผู้เรียนทำการศึกษาปัญหาด้วยตนเองหรือร่วมกันเป็นทีมเพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหา จากนั้นจึงเริ่มวางแผนในการแก้ปัญหาโดยการศึกษาเอกสารหรือความรู้ที่มีคำแนะนำในเอกสารหรือบทความมาสังเคราะห์ให้เข้ากับปัญหาของตนเอง

2.4 ผู้เรียนต้องเรียนรู้วิธีการในการเขียนโครงงานเพื่อนำเสนอต่อผู้สอน โดยผู้สอนจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือทางด้านข้อมูลเพื่อให้ผู้เรียนปรับปรุงส่วนที่ไม่ถูกต้อง ไม่ครบถ้วนหรือไม่เรียบร้อยของโครงงาน

2.5 ผู้เรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้หลังจากที่ผ่านขั้นตอนการนำเสนอผลงานกับผู้สอนในขั้นก่อนหน้า ลงมือการทำทดลอง สร้างอุปกรณ์หรือชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ ให้การเสริมแรงแก่ผู้เรียน

2.6 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปโครงงานที่ทำเสร็จและได้ข้อมูลข้อสรุปทั้งหมดมาเรียบเรียงตามหลักการในการเขียนโครงงานเพื่อเผยแพร่ในชั้นเรียนหรือสาธารณะ

2.7 ผู้สอนและผู้เรียนสามารถร่วมกันประเมินผลการเรียนรู้และสะท้อนคิดผลงานให้เห็นถึงจุดที่บกพร่องและลงมือการปรับปรุงผลงานเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อสรุปเป็นเล่มโครงงานที่สมบูรณ์

ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการใช้ปัญหาเป็นฐานและการใช้โครงงานเป็นฐานนี้ ลูคัสและแฮนสัน ((Lucas & Hanson, 2016, p.8)) ได้ให้ความเห็นว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้เกิดจิตินัยวิศวกรรมได้ เนื่องด้วยหลักการของจิตินัยวิศวกรรมคือการเริ่มต้นด้วยปัญหาและจบลงด้วยการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและปรับปรุงการแก้ปัญหอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจิตินัยวิศวกรรมยังส่งเสริมให้เกิดการทำงานเป็นทีมด้วย ฉะนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน จึงเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม

3. การจัดการเรียนรู้ STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics : STEM) คือ การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 วิชาเข้าด้วยกันได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยมีจุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้ที่อ้างอิงปัญหาจากชีวิตจริง ปัญหาจากการดำเนินชีวิต ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ทั่วไปในประสบการณ์จริง ๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้ โดยการจัดการเรียนรู้จะส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการคิดอย่างเป็นระบบ การตั้งคำถาม การระบุสิ่งที่ปัญหา การแก้ปัญหา การออกแบบ วิธีการในการแก้ปัญหา การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มาซึ่งนวัตกรรมหรือชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PJBL) และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)

4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมเป็นฐาน (Engineering – Based Learning: EBL อ้างอิงจาก (Zeid, 2020)) คือ การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากต้นแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL), การจัดการเรียนรู้ STEM, การออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) หลักการในการจัดการเรียนรู้นี้เกิดขึ้นจากความร่วมมือของคณะวิศวกรรมและโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากคอร์สการเรียนชื่อ “วิศวกรในอนาคต : Engineering the Future” โดยสถาบันการเรียนรู้แห่งชาติ (National Center for Technological Literacy : NCTL) ณ กรุงบอสตัน ซึ่งมีเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้ที่เป็นสาระของวิศวกรรมที่เป็นเนื้อหาความรู้พื้นฐานสอดแทรกประกอบอยู่ในสาระการเรียนรู้ด้วย เช่น แนวคิดพื้นฐานของนาโนเทคโนโลยี แทนคิดพื้นฐานของเทคโนโลยีการตรวจจับ เป็นต้น โดยแนวคิดในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมเป็นฐานนี้ มีรากฐานแนวคิดมากจากการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ใช้สอนในระดับอุดมศึกษา ซึ่งแกนกลางของการจัดการเรียนรู้ EBL นี้จะมีลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ด้วย (Capstone Design Project) ดังนั้น แนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมเป็นฐานสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมเป็นฐานจะมีต้นแบบมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแต่มีลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ตรงกันข้ามกัน มีฐานแนวคิดมาจากการออกแบบเชิงวิศวกรรมและมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับของ STEM

จากการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิศวกรรม พบว่า มีรูปแบบจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ STEM และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและสอดคล้อง

ที่สุดกับลักษณะที่ส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม ซึ่งในการส่งเสริมความรู้และทักษะทางวิศวกรรม โครงสร้างหลักสูตรในส่วนของเนื้อหาวิชา สามารถนำเนื้อหาที่เป็นแนวคิดพื้นฐาน แนวคิดเบื้องต้นของทางวิศวกรรมมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้รายแผนการสอนได้ตามความเหมาะสมของระดับผู้เรียนได้ จึงทำให้เกิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิศวกรรมเป็นฐาน เป็นต้น ดังนั้น รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ STEM และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมเป็นฐาน จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบสำหรับหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

5.2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้วิศวกรรม

Signature Pedagogy คือแนวคิดในการจัดการศึกษาของนักปฏิรูปการศึกษา ลี ชุลแมน ((Shulman, 2005, p.52-59)) ซึ่งนิยามไว้ว่า

“the types of teaching that organize the fundamental ways in which future practitioners are educated for their new professions”

กล่าวโดยสรุปว่าหากการศึกษาสามารถจัดให้ผู้เรียนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการทำงานของผู้เชี่ยวชาญได้แล้ว ผู้เรียนคนนั้นจะมีโอกาสได้กลายเป็นผู้เชี่ยวชาญคนใหม่ในอนาคตได้ ซึ่งในการจัดการศึกษาเฉพาะทางหรือสาขาวิชาเฉพาะ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ การส่งเสริมการเรียนรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับความเป็นมืออาชีพได้แล้วยังส่งผลให้ผู้เรียนมีจิตนิสัยที่ดีต่อสาขานั้น ๆ ซึ่ง ลี ชุลแมนยังให้ข้อเสนอเพิ่มเติมเกี่ยวกับจิตนิสัยอีกว่า

“Signature Pedagogy make a difference. They form habits of mind,

habits of hand and habits of the heart... signature pedagogies prefigure the culture of professional work and provide the early socialization into the practices

and values of a field. Whether in a lecture hall or a lab, in a design studio

or a clinical setting, the way we teach will shape how professionals behave”

ซึ่งหลักการจัดการศึกษานี้จะสร้างความแตกต่างด้วยการปลูกฝังจิตนิสัยให้กับผู้เรียน ตั้งแต่มีจิตนิสัยจากการลงมือทำมีความคุ้นชินจนกระทั่งจิตนิสัยนั้นถูกฝังอยู่ในหัวใจของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนมีจิตนิสัยแล้วจะส่งผลให้ผู้เรียนมีระดับมุมมองในการทำงานของมืออาชีพโดยไม่รู้ตัว ไม่ว่าจะทำอะไรหรืออยู่ที่ไหนความเป็นมืออาชีพก็จะอยู่กับผู้เรียนคนนั้นเช่นเดียวกับที่มีมืออาชีพ

ดังนั้น เมื่อมีจุดมุ่งหมายในการจัดการศึกษาแล้วจึงเริ่มตั้งคำถามกับการศึกษาสำหรับวิศวกรรม ดังนี้ ((Lucas et al., 2014, p.5))

- 1) วิศวกรมีวิธีคิดหรือพฤติกรรมอย่างไร?
- 2) เราควรพัฒนาการจัดการศึกษาอย่างไรเพื่อให้มีวิธีคิดและพฤติกรรมเช่นเดียวกับวิศวกร?

ซึ่งจากการสอบถามไปผู้เชี่ยวชาญในด้านสาขาวิศวกรรมที่มีประสบการณ์และมีชื่อเสียงต่าง ๆ ถึงข้อคำถามข้างต้น ทำให้ได้ข้อมูล ดังนี้

สภาวิศวกร (The Engineering Council, 2010 อ้างอิงจาก (Lucas et al., 2014)) แห่งสหราชอาณาจักร กล่าวว่า วิศวกรใช้การตัดสินใจและประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เมื่อข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีไม่เพียงพอต่อการหาคำตอบ วิศวกรจะใช้วิธีจำกัดความเสี่ยงโดยจะตระหนักความเสี่ยงจากสิ่งที่ไม่คุ้นเคยมักจะทำผิดพลาด ให้อยู่ในระดับที่คงที่หรือตัดสินที่เป็นความเสี่ยงออกไปจากวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งส่วนมากเมื่อแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้แล้วจะมีโอกาสประสบความสำเร็จโดยการคงไว้ซึ่งความซับซ้อนบางประการที่ไม่จำเป็นต้องหาคำตอบทั้งหมด บนแนวคิดที่ความซับซ้อนก็สามารถใช้เป็นข้อดีหรือมองว่าเป็นเพื่อนร่วมงานคนหนึ่งก็ได้

สหพันธ์วิศวกรนานาชาติ (The International Engineering Alliance, (Alliance, 2013, p.1-16)) กล่าวว่า วิศวกรเป็นที่นึกถึงอันดับต้น ๆ ของผู้คน เมื่อเขาคิดจะพัฒนาอะไรสักอย่างวิศวกรจะเป็นผู้ให้บริการในมุมมองของมืออาชีพ ซึ่งวิศวกรจะใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องหรือจำเป็นในการดำเนินการเพื่อให้สำเร็จตามเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นแอฟริเคชั่นทางคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ทั่วไป ความรู้ที่ใช้งานจนเชี่ยวชาญผ่านการจดจำด้วยร่างกาย เทคนิคและเทคโนโลยีต่าง ๆ วิศวกรจะเป็นผู้ค้นหานวัตกรรมเพื่อมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพหรือใช้เพื่อทำนายความเป็นไปได้ให้มีความคงที่และแม่นยำมากที่สุดบนความไม่แน่นอน ซึ่งวิศวกรจะต้องมีความรับผิดชอบและจรรยาบรรณต่อการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่คำนึงถึง ผลทางเศรษฐกิจ ผลของความปลอดภัย ผลกระทบต่อธรรมชาติเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถจัดการความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในวัฏจักรชีวิต

เซอร์ เจมส์ ไดสัน (Sir James Dyson in Royal Academy of Engineering, 2007 อ้างอิงจาก (Dyson, 2021)) เป็นนักประดิษฐ์ชาวอังกฤษซึ่งเป็นผู้คิดค้นเครื่องดูดฝุ่นเป็นคนแรกของโลกและเป็นสมาชิกของราชบัณฑิตยสถานวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวว่า วิศวกรคือผู้มองโลกในลักษณะของวัตถุที่ีการทำงานอย่างเป็นระบบด้วยสายตาที่มีการวิเคราะห์อยู่ตลอดเวลาพร้อมกับปากกาและกระดาษที่คอยจดบันทึกความคิดที่ได้ และเริ่มลงมือทำตามความคิดนั้นเช่น การทดสอบ การทดลอง จนพบกับคำตอบที่ล้มเหลวและลงมือทำอีกครั้งซ้ำไปซ้ำมา นี่คือเหตุผลว่าทำไมผมจึงประดิษฐ์เครื่องดูดฝุ่นเครื่องแรกขึ้นมาได้ ซึ่งต้องใช้การทดลองสร้างตัวต้นแบบมากกว่าหนึ่งพันตัว และนี่คือเรื่องเล่าที่สามารถเป็นแรงบันดาลใจให้กับวิศวกรหลายร้อยคนที่เคยทำงานร่วมกับผม

ซึ่งในมุมมองบทความทางวิศวกรรม วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรอีกหลายท่าน ((Beder, 1999, p.12-18), (Reed et al., 2011, p.14-18), Website: What is Engineering, Website Tomorrow's Engineers, Website: Engineering Council) ได้ให้สัมภาษณ์และให้ความเห็นเกี่ยวกับการเป็นวิศวกรและการคิดอย่างไรให้ใกล้เคียงกับวิศวกรซึ่งสามารถสรุปได้ว่า วิศวกรจะบูรณาความรู้ที่มีในสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในโลกจริง ซึ่งวิศวกรจะมีพื้นฐานความคิดอยู่ 2 ประการหลักคือ ทุกสิ่งทุกอย่างสามารถปรับปรุงและแก้ไขได้ และ ทุกสิ่งที่คิดว่าไม่มีส่วนที่ต้องแก้ไขเมื่อได้ใช้เวลาร่วมกับสิ่งนั้นเล็กน้อยจะเห็นว่าสิ่งที่ควรต้องปรับปรุงและแก้ไขแน่นอน วิศวกรชอบที่จะแก้ไขปัญหาเมื่อเวลามีปัญหาที่ยังไม่ได้รับคำตอบและเมื่อแก้ปัญหาเสร็จสิ้นทุกอย่างจนไม่มีปัญหาให้แก้ไขแล้ว วิศวกรจะเป็นผู้คิดค้นปัญหาเพื่อแก้ไขด้วยตนเอง คนทั่วไปมักจะไม่ใช่แนวคิดนี้ของวิศวกรเท่าใดนัก แต่วิศวกรเชื่อว่าทุกสิ่งทุกอย่างสามารถมีโอกาสเสื่อมสภาพพังได้และมีโอกาสที่จะซ่อมแซมได้เช่นกัน แต่ถ้าสิ่งใดที่ไม่มีโอกาสเสื่อมสภาพหรือผู้พังแปลว่าเรายังไม่เข้าใจคุณสมบัติของสิ่งนั้นเพียงพอ

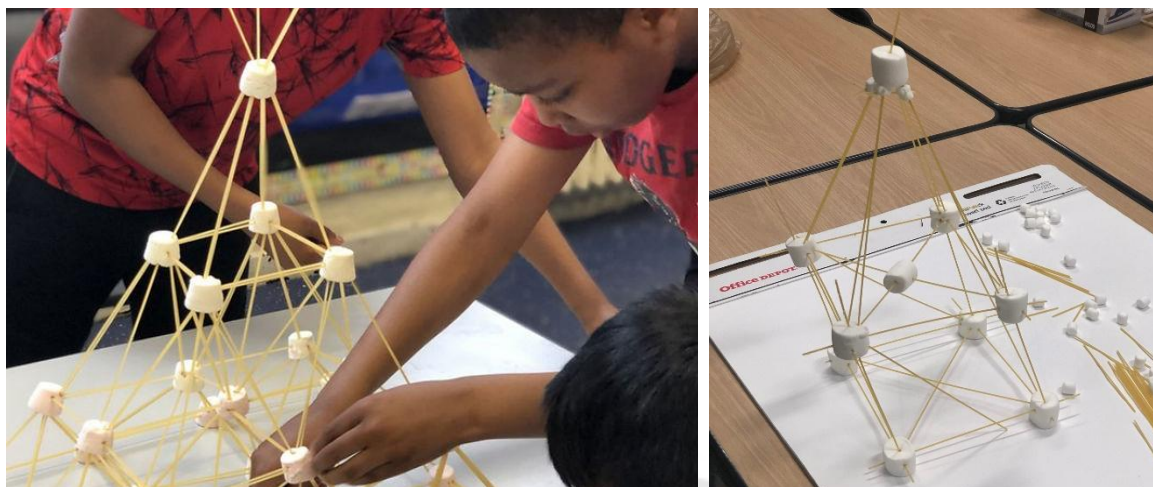
ฉะนั้น การออกแบบการเรียนรู้วิศวกรรมจึงมีฐานความคิดจากการคิดอย่างไรให้มีความคล้ายคลึงกับวิศวกร ทำให้การจัดการเรียนรู้วิศวกรรมนั้นควรส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการคิดในเชิงวิศวกรรมและควรเป็นความคิดที่ไม่หยุดนิ่งที่จะพัฒนาตนเองและกล้ายอมรับในความท้าทายใหม่ ๆ กับการเผชิญหน้าปัญหาสิ่งเหล่านี้สามารถปลูกได้ด้วยการส่งเสริมจิตนิสัยเชิงวิศวกรรม (Lucas et al., 2014, p.11) การออกแบบการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมจึงควรประกอบด้วยการแก้ปัญหา ที่บูรณาการความรู้ในหลาย ๆ วิชาเข้าด้วยกัน เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยี เป็นต้น ซึ่งการออกแบบปัญหาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นไม่เฉพาะเจาะจงว่าต้องใช้เพียงวิชาใดวิชาหนึ่ง แต่เป็นคำถามปลายเปิดที่ให้ผู้เรียนมีอิสระในการ

แก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และแนวคิดทางวิศวกรรม การจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับการสอน เช่น STEM ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีพัฒนาการทางวิศวกรรมเพิ่มขึ้น แต่ที่มองข้ามไปไม่ได้คือการออกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ ทั้งการค้นคว้าหาข้อมูล การลงมือทำ การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและการเสนอผลงาน สิ่งเหล่านี้จะทำให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาบนฐานความคิดเชิงวิศวกรรมโดยไม่รู้ตัวและหากผู้เรียนได้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะทางด้านวิศวกรรมเป็นระยะเวลาที่ยาวนานจะทำให้ผู้เรียนกลายเป็นมืออาชีพที่พร้อมสำหรับการเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมต่อไปในเวลาอันสั้นได้ (Lucas et al., 2014, p.32-33)

5.3 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมที่ผู้วิจัยได้จากการศึกษาเอกสารและสังเคราะห์เอกสาร พบว่า มีกระบวนการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดเนื้อหา : เนื้อหาที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนที่สามารถส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมได้ ต้องมีลักษณะของคำถามที่ไม่เฉพาะเจาะจงในการใช้วิธีการแก้หาคำตอบเพียงวิธีเดียว ต้องเป็นปัญหาปลายเปิดที่สามารถหาคำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ ซึ่งในการสรุปคำตอบนั้นผู้เรียนทุกคนสามารถแสดงความคิดเห็นเพื่อร่วมกันหาคำตอบที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดได้ เนื้อหาที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นโจทย์ปัญหาให้นักเรียน จะมีองค์ประกอบของวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี เป็นแนวคิดพื้นฐานที่ใช้ในการตอบคำถาม ซึ่งเพิ่มสามารถเพิ่มความท้าทายของคำถามได้ด้วยการกำหนดเงื่อนไขในการแก้ปัญหา ตัวอย่างโจทย์ปัญหาเพื่อใช้ในการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม กิจกรรมการเรียนรู้ : Marshmallow Challenge คือกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะให้ผู้เรียนต่อหอคอยโดยใช้เพียงแค่ ขนมหาสเมิลว และเส้นสปาเก็ตตี้ดิบเท่านั้น ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 นักเรียนกำลังทำกิจกรรมต่อหอคอย

ภาพด้านซ้าย : นักเรียนช่วยกันต่อหอคอยจากขนมมาสเมโลว์และเส้นสปาเก็ตตี้

ที่มา : www.afterthebell.org

ภาพด้านขวา : หอคอยที่ประกอบขึ้นจากขนมมาสเมโลว์หลาย ๆ ขนาด

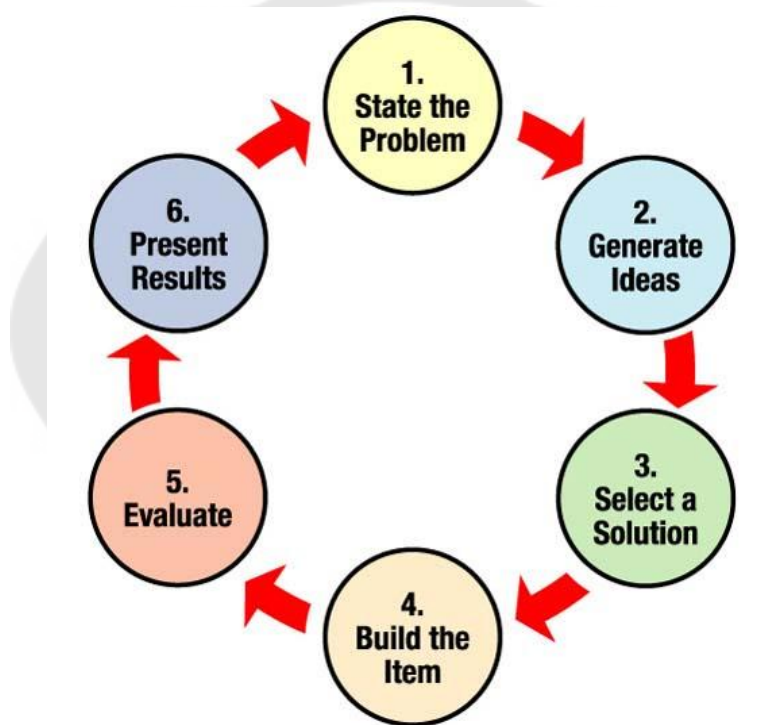
ที่มา : www.remakelarningdays.org

จากภาพกิจกรรมการเรียนรู้ จะมีโจทย์คือให้นักเรียนต่อหอคอยให้สูงที่สุดโดยใช้อุปกรณ์เพียง 2 ชนิด ซึ่งเงื่อนไขเพื่อเพิ่มความท้าทายของโจทย์นี้ สามารถกำหนดให้นักเรียนที่ใช้จำนวนอุปกรณ์ทั้งเส้นสปาเก็ตตี้ที่น้อยที่สุดและใช้ขนมมาสเมโลว์ที่น้อยที่สุดได้

ขั้นที่ 2 การกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ : จากการสังเคราะห์เอกสารหลายฉบับ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมที่สุด ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้ STEM โดยในการจัดการเรียนรู้รายคาบสามารถใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานได้โดยไม่เจาะจงว่าต้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใดแบบหนึ่ง แต่ควรมีการสอดแทรกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นวิธีคิดในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเบื้องต้นในการจัดการเรียนรู้รายคาบได้ ซึ่งองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจากข้อเสนอแนะ

ขององค์การนาซ่า (National Aeronautics and Space Administration : NASA) มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหา (State the Problem)
2. สร้างผลลัพธ์ (Generate Result)
3. เลือกวิธีการแก้ปัญหา (Select the Solution)
4. สร้างอุปกรณ์ (Build the Item)
5. ประเมินผล (Evaluate)
6. นำเสนอผลลัพธ์ (Present Result)



ภาพประกอบ 19 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา : www.nasa.gov

ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะมีขั้นตอนและรูปแบบการแก้ปัญหาที่เป็นขั้นเป็นตอนและจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นจากกระบวนการคิดและการหาคำตอบของผู้เรียนให้สงสัยในหลักการในวิธีการและกระตุ้นให้ผู้เรียนหาเหตุผลเพิ่มเติมจากความ

เข้าใจที่ตนเองมี ผู้เรียนจะได้รับการส่งเสริมทักษะทางด้านวิศวกรรมโดยปริยาย ตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 การแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบและคุณค่าของจิตินัยวิศวกรรม : เมื่อนักเรียนได้เข้าใจในวิธีการหาคำตอบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแล้วการปลูกฝังให้นักเรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้อย่างต่อเนื่องคือการนำเสนอหลักจิตินัยวิศวกรรม การออกแบบเชิงวิศวกรรมจะให้นักเรียนเข้าใจถึงวิธีการในการแก้ปัญหาในรูปแบบวิศวกรรมแต่ยังขาดการส่งเสริมทางด้านจิตินัย นั่นคือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนจะใช้ในปัญหาที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรม ซึ่งการปลูกฝังจิตินัยเสริมลงไปทำให้ผู้เรียนเลือกที่จะใช้วิธีการในการคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับทุกปัญหาและใช้วิธีการนี้ในการแก้ปัญหาตลอดเวลา จิตินัยที่เสริมลงไปจะทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองตลอดเวลาอีกด้วย ซึ่งองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมมี 6 ประการ ดังนี้

1. การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking)
2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา (Problem-Finding)
3. การถ่ายทอดความคิด (Visualising)
4. การคิดเรียบเรียง (Improving)
5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา (Creative-problem solving)
6. การดัดแปลงการคิดพัฒนา (Adapting)

เมื่อนักเรียนทราบองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมแล้วจึงใช้คำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความเข้าใจระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับจิตินัยวิศวกรรมโดยให้นักเรียนอธิบายโดยการเขียนเรียบเรียงวิธีคิดจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำแนกตามหัวข้อของจิตินัยวิศวกรรม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาหลักสูตรโดยใช้วิธีการวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) และดำเนินการพัฒนาหลักสูตรตามแนวคิดของไทเลอร์ และทบา ซึ่งแบ่งการดำเนินการออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน : (การวิจัย Research (R_1))
โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม และแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัย มากำหนดเป็นร่างองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการพัฒนาหลักสูตร ได้แก่ การศึกษาปัญหา ความต้องการของผู้เรียน แนวทางการพัฒนาหลักสูตร หลักการของหลักสูตร – ปรัชญาการศึกษา การกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหาของหลักสูตร การจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ระยะที่ 2 การสร้างหลักสูตรและหาประสิทธิภาพของหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_1)) โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดองค์ประกอบโครงสร้างของหลักสูตรและร่างหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 2 หาประสิทธิภาพของหลักสูตรในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมและองค์ประกอบของหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงแก้ไขร่างหลักสูตรตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

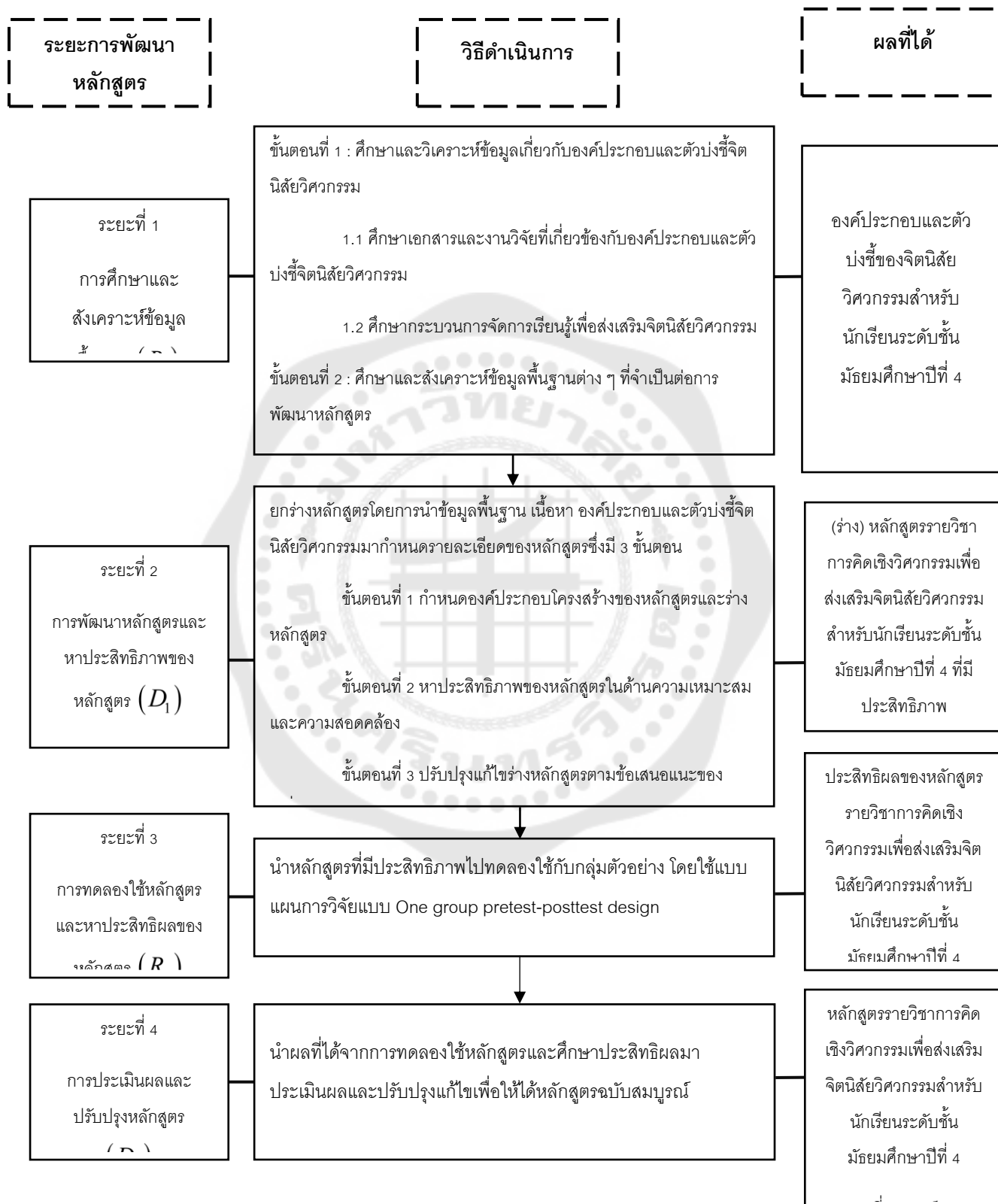
ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรและหาประสิทธิผลของหลักสูตร : (การวิจัย Research (R_2)) เป็นขั้นตอนในการนำหลักสูตรที่มีประสิทธิภาพไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรจาก 2 ส่วน ดังนี้

1 จิตินิสัยวิศวกรรม จิตินิสัยวิศวกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พัฒนาขึ้นในช่วงเวลาระหว่างเรียน

2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรมของตนเอง ประเมินจากการทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรมของตนเอง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยใช้การทดสอบค่า t (t-test dependent of samples)

ระยะที่ 4: การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_2)) เป็นขั้นตอนในการนำผลที่ได้จากการทดลองใช้หลักสูตรและการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรในระยะที่ 3 มาประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้หลักสูตรฉบับสมบูรณ์ สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 20

ขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร



ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1: การศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Research (R_1))

ขั้นตอนที่ 1 : ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมและแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจำแนกเป็น

1. ศึกษาและสังเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับความหมายของจิตนิสัยวิศวกรรมจากบทความ งานวิจัย เอกสารและหนังสือที่เกี่ยวข้อง เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับกำหนดขอบเขตในการศึกษาจิตนิสัยวิศวกรรม จากการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) คือ ความหมายของจิตนิสัยวิศวกรรมและองค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรม ((Lucas et al., 2014), (Lucas & Hanson, 2016), (Lucas & Hanson, 2017), (Lippard et al., 2019), (Ricco, Girtz, & Silliman, 2017), (Zeid, 2020))

2. กำหนดโครงสร้างองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมเข้ากระบวนการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้โดยผู้เชี่ยวชาญครั้งที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาที่เกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์ 3 ท่าน และสาขาการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการสอน 2 ท่าน แล้วนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญพร้อมส่งแบบยืนยันข้อมูลที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อความชัดเจนขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม

3. ศึกษาและสังเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม จากบทความ งานวิจัย เอกสารและหนังสือที่เกี่ยวข้อง พบว่าสามารถจำแนกการจัดการเรียนรู้ออกได้เป็น 3 ชั้น ดังนี้

ชั้นที่ 1 การกำหนดเนื้อหา : เนื้อหาที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนที่สามาถส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมได้ ต้องมีลักษณะของคำถามที่ไม่เฉพาะเจาะจงในการใช้วิธีการแก้หาคำตอบเพียงวิธีเดียว ต้องเป็นปัญหาปลายเปิดที่สามารถหาคำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ ซึ่งในการสรุปคำตอบนั้นผู้เรียนทุกคนสามารถแสดงความคิดเห็นเพื่อร่วมกันหาคำตอบที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดได้ เนื้อหาที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นโจทย์ปัญหาให้นักเรียน จะมีองค์ประกอบของวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี เป็นแนวคิดพื้นฐานที่ใช้ในการตอบคำถาม ซึ่งเพิ่มสามารถเพิ่มความท้าทายของคำถามได้ด้วยการกำหนดเงื่อนไขในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ : จากการสังเคราะห์เอกสารหลายฉบับ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมที่สุด ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้ STEM โดยในการจัดการเรียนรู้รายคาบสามารถใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานได้ โดยไม่เจาะจงว่าต้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใดแบบหนึ่ง แต่ควรมีการสอดแทรกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นวิธีคิดในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเบื้องต้นในการจัดการเรียนรู้รายคาบได้ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะมีขั้นตอนและรูปแบบการแก้ปัญหาที่เป็นขั้นเป็นตอนและจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นจากกระบวนการคิด และการหาคำตอบของผู้เรียนให้สงสัยในหลักการในวิธีการและกระตุ้นให้ผู้เรียนหาเหตุผลเพิ่มเติมจากความเข้าใจที่ตนเองมี ผู้เรียนจะได้รับการส่งเสริมทักษะทางด้านวิศวกรรมโดยปริยาย ตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 การแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบและคุณค่าของจิตินัยวิศวกรรม : เมื่อนักเรียนได้เข้าใจในวิธีการหาคำตอบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแล้วการปลูกฝังให้นักเรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้อย่างต่อเนื่องคือการนำเสนอหลักจิตินัยวิศวกรรม การออกแบบเชิงวิศวกรรมจะให้นักเรียนเข้าใจถึงวิธีการในการแก้ปัญหาในรูปแบบวิศวกรรมแต่ยังขาดการส่งเสริมทางด้านจิตินัย นั่นคือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนจะใช้ในปัญหาที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรม ซึ่งการปลูกฝังจิตินัยเสริมลงไปทำให้ผู้เรียนเลือกที่จะใช้วิธีการในวิศวกรรมสำหรับทุกปัญหาและใช้วิธีการนี้ในการแก้ปัญหาตลอดเวลา จิตินัยที่เสริมลงไปจะทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองตลอดเวลาอีกด้วย

เมื่อสังเคราะห์ขั้นตอนการกำหนดเนื้อหาให้นักเรียนควรได้รับการส่งเสริมองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้าน ตลอดจนการสร้างแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นตามลำดับ ซึ่งมีเนื้อหาจำแนกตามหัวข้อการเรียนรู้ ดังตาราง 10

ตาราง 10 ตารางโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้
1	โครงสร้าง	1. Bridge (สะพาน)
	โครงสร้าง	2. Earthquakes (แผ่นดินไหว)
2	กลศาสตร์	3. Hydraulic Lift (ลิฟท์ไฮดรอลิก)
	กลศาสตร์	4. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)
3	สิ่งแวดล้อม	5. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)
	สิ่งแวดล้อม	6. Solar Lighter (ไฟแช็คแสงอาทิตย์)
4	ไฟฟ้า	7. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)
	ไฟฟ้า	8. Paper Speaker (ลำโพงกระดาษ)
5	หุ่นยนต์	9. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)
	หุ่นยนต์	10. Jumping Robot (หุ่นยนต์กระโดด)
6	เคมี	11. Soda Rocket (จรวดโซดา)
	เคมี	12. Slime Making (สร้างสไลม์)

จากการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมแก่การนำมาใช้ในหลักสูตร ควรมีลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีส่วนในการส่งเสริมการคิดของผู้เรียน ซึ่งศึกษาจากทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้โดยการสร้างชิ้นงาน (Constructionism) ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Theory of Cooperative or Collaborative Learning) ทำให้ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องในการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม คือ 1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning : PBL) 2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning : PjBL) 3. การจัดการเรียนรู้ STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics : STEM) และ 4. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิศวกรรมเป็นฐาน (Engineering – Based Learning : EBL) โดยนำการจัดการเรียนรู้ที่ศึกษามาใช้ในการจัดการ

เรียนรู้ ซึ่งจะนำมาพิจารณาความเหมาะสมระหว่างการจัดการเรียนรู้กับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกัน

จากนั้นจึงตรวจสอบข้อมูลพื้นฐาน เนื้อหา องค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษา ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ เมื่อผ่านการตรวจสอบ แก้ไขและปรับปรุงตามผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะแล้วจึงส่งให้ผู้เชี่ยวชาญรับทราบการปรับแก้และยืนยันอีกครั้ง ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินการตรวจสอบมี ดังนี้

1. คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบข้อมูล ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมศาสตร์ 3 ท่าน และสาขาการศึกษาที่เกี่ยวกับหลักสูตรและการสอน 2 ท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดผู้เชี่ยวชาญให้มีความครอบคลุมทั้งด้านวิศวกรรม ด้านการพัฒนาหลักสูตรและด้านการสอน โดยผู้วิจัยได้กำหนดผู้เชี่ยวชาญให้เป็นผู้มีประสบการณ์การสอนระดับมัธยมศึกษาหรือระดับอุดมศึกษามากกว่า 7 ปีขึ้นไปโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อหาความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรม

2. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของเนื้อหาที่ได้จากการสังเคราะห์บทความ งานวิจัย เอกสารและหนังสือที่เกี่ยวข้องโดยสร้างเป็น 1) สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้มาตรวัด 5 ระดับ คือเหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย เหมาะสมน้อยที่สุด 2) สร้างแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) สำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของข้อมูลเกี่ยวกับจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตัวอย่าง แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อย

ตอนที่ 1.1 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก

คำชี้แจง หลังจากพิจารณาองค์ประกอบหลักจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้ว ท่านคิดว่าองค์ประกอบหลักที่กำหนดให้มีความเหมาะสมน้อยเพียงใด

องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
1. การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking)						
2. การคิดค้นหาต้นตอของ ปัญหา (Problem-Finding)						
3. การคิดออกมาเป็นภาพ (Visualizing)						
4. การคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น (Improving)						
5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา (Creative problem Solving)						
6. การคิดดัดแปลงและพัฒนา (Adapting)						

ตอนที่ 1.2 แบบประเมินความเหมาะสมของนิยามความหมายองค์ประกอบหลัก

คำชี้แจง หลังจากพิจารณานิยามความหมายองค์ประกอบหลักจิตนัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้ว ท่านคิดว่านิยามความหมายองค์ประกอบหลักที่กำหนดให้มีความเหมาะสมเพียงใด

นิยามความหมายขององค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
องค์ประกอบหลักที่ 1. การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking)						
หมายถึง : การมองภาพรวมของสิ่งที่เป็นปัญหา และลงรายละเอียดถึงรูปแบบของการทำงาน การมองระบบ การจำแนกส่วนประกอบภายนอกภายในที่เกี่ยวข้องกัน โดยอ้างอิงจากพื้นฐานความเป็นไปได้โดยอาศัยข้อมูลเอกสาร รวมไปถึงการตั้งสมมติฐานถึงความเกี่ยวข้องกันในระบบนั้นๆ						
องค์ประกอบหลักที่ 2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา (Problem-Finding)						
หมายถึง : การค้นหาและตรวจสอบความถูกต้องของระบบที่ได้จากการตั้งสมมติฐานหรือการมองภาพรวมในขั้นการคิดเป็นระบบ ซึ่งการค้นหาและตรวจสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อบ่งชี้ปัญหาจากการตรวจสอบระบบการทำงานที่ละจุดหรือการพบปัญหาจากความผิดพลาดที่ชัดเจน การยืนยันสิ่งที่เป็นปัญหา						

ตอนที่ 1.3 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้

คำชี้แจง หลังจากพิจารณาองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้ว ท่านคิดว่าองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้ที่กำหนดให้มีความเหมาะสมเพียงใด

องค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
องค์ประกอบหลักที่ 1. การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking)						
1.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดอย่างเป็นระบบได้						
1.2 นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานจากการมองระบบการทำงานว่าส่วนใดคือข้อบกพร่องหรือจุดอ่อน						
1.3 นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งที่คาดว่า เป็นปัญหาของระบบได้						
องค์ประกอบหลักที่ 2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา (Problem-Finding)						
2.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดค้นหาต้นตอของปัญหาได้						

ตัวอย่าง แบบประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้

คำชี้แจง หลังจากพิจารณานิยามความหมายขององค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้ว ท่านคิดว่านิยามความหมายขององค์ประกอบหลักที่กำหนดกับ
ตัวบ่งชี้ มีความสอดคล้องกันหรือไม่

องค์ประกอบหลัก	เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน	ตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
			สอดคล้อง (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่สอดคล้อง (-1)	
องค์ประกอบหลักที่ 1. การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking)	แบบประเมินภาระงาน	1.1 นักเรียนสามารถเขียนคาดการณ์หรือตั้งสมมติฐานจากการทำงานของระบบการทำงานและเขียนบันทึกได้ว่าส่วนใดคือข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนได้				
	แบบสังเกต	1.3 นักเรียนสามารถพูดอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบที่ชัดเจนหรือเข้าใจภาพรวมอย่างคร่าวๆได้				
		1.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมความคิด ชูกคิด หรือพฤติกรรมที่แสดงออกว่านักเรียนกำลังทำความเข้าใจระบบเมื่อพบเจอ				

องค์ประกอบหลัก	เครื่องมือที่	ตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอ
		ปัญหา				
		1.5 สืบเนื่องจาก ร่องรอยการทำงาน ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีการกำหนด ภาพรวมของระบบที่ ชัดเจนหรือเข้าใจ ภาพรวมอย่างคร่าวๆ				
องค์ประกอบหลัก ที่ 2. การคิดค้น หาต้นตอของ ปัญหา(Problem- Finding)	แบบ ประเมิน ชิ้นงาน	2.1 นักเรียนลงมือ จำลองสถานการณ์ อุปกรณ์ หรือร่องรอย การสร้างตัวอย่าง เพื่อทำการยืนยันจุดที่ คาดว่าเป็นปัญหา				
	แบบ สังเกต	2.2 นักเรียนแสดง พฤติกรรมที่บ่งบอก ว่าได้ลงมือสำรวจ และตรวจสอบจุดที่ คาดว่าเป็นปัญหา ทันทีหลังจากที่หยุด คิดไปครู่หนึ่ง				
		2.3 สืบเนื่องจาก ร่องรอยการสำรวจ ของนักเรียน ตรวจสอบร่องรอย วิธีการตรวจสอบของ นักเรียน				

องค์ประกอบหลัก	เครื่องมือที่	ตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอ
		2.4 สังเกตจากการลงมือสำรวจ เพื่อพยายามตรวจสอบและยืนยันจุดที่เป็นปัญหา				

3. นำแบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรม มาพิจารณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายดังนี้ ((บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น.103))

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 อยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 อยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 อยู่ในระดับ เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 อยู่ในระดับ เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 อยู่ในระดับ เหมาะสมน้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมขององค์ประกอบจากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ โดยจะต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไปหรือมีความเหมาะสมระดับมากขึ้นไป

4. นำแบบประเมินความสอดคล้องมาพิจารณาค่าความตรง (Validity) โดยวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence : IOC) ซึ่งแปลผลเป็นคะแนนดังนี้

- + 1 หมายถึง แน่ใจว่าองค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมมีความสอดคล้อง
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าองค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมมีความสอดคล้อง
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าองค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมไม่มีความสอดคล้อง

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

สูตร

เมื่อ

IOC

R

N

หมายถึง ดัชนีความสอดคล้อง

หมายถึง คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่คำนวณได้ในแต่ละข้อมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายถึงมีความสอดคล้อง ไม่ต้องดำเนินการปรับปรุงเพิ่มเติม หากค่าดัชนีแต่ละข้อมีค่าน้อยกว่า 0.5 หมายถึงไม่มีความสอดคล้อง ต้องดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหากมีความความเห็นตรงกันของผู้เชี่ยวชาญ ตั้งแต่ร้อยละ 50 จะดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

จากการประเมินคุณภาพ พบว่า มีค่าความเหมาะสมต่ำกว่าระดับค่าเฉลี่ย 3.50 และ มีค่าความสอดคล้องต่ำกว่าระดับ 0.5 หมายความว่า องค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมนี้ ยังไม่มีความเหมาะสมและยังไม่มี ความสอดคล้องอย่างชัดเจนจึงดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

5. ปรับปรุงและแก้ไของค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและให้ผู้เชี่ยวชาญเดิม 3 จาก 5 ท่านในการยืนยันความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตัวอย่าง แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อยและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ฉบับปรับปรุง)

คำชี้แจง

4. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด
แบบประเมิน มีจำนวน 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก

ตอนที่ 2 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบย่อย

ตอนที่ 3 แบบประเมินความเหมาะสมของตัวบ่งชี้

ตอนที่ 4 แบบประเมินความเหมาะสมของวิธีการประเมินแต่ละองค์ประกอบ

ตอนที่ 1. แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก

องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
องค์ประกอบหลักที่ 1 ด้านความรู้						
องค์ประกอบหลักที่ 2 ด้านทักษะ						
องค์ประกอบหลักที่ 3 ด้านคุณลักษณะ						

จากการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม (ฉบับปรับปรุง) ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญแล้ว พบว่า มีระดับค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.55 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 แปลผลได้ว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 : ศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการนำมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตร เช่น ปัญหาของหลักสูตร ความต้องการของนักเรียน องค์ประกอบของหลักสูตร แนวทางการพัฒนาหลักสูตรจากบทความ งานวิจัย เอกสาร ตำรา และหนังสือที่เกี่ยวข้อง ((Tyler, 2013), (Taba & Spalding, 1962), (Saylor & Alexander, 1974), (Saylor et al., 1981), (Oliva, 2005), (Armstrong, 2003), (เอกวิทย์ ณ ถลาง, 2521), (สงัด อุทรานันท์, 2538), (อัมพร บัวศรี, 2542), (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2554))

ระยะที่ 2_การสร้างหลักสูตรและหาประสิทธิภาพของหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_1))

ในการสร้างหลักสูตรผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาหลักสูตรเป็นแบ่ง 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดองค์ประกอบโครงสร้างของหลักสูตร กำหนดรายละเอียดของพื้นฐานหลักสูตรเพื่อสร้างเป็นหลักสูตรการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม ประกอบด้วย

1) จัดทำองค์ประกอบโครงสร้างของหลักสูตรโดยจัดเรียงหัวข้อการนำเสนอเล่มหลักสูตรที่สามารถอำนวยความสะดวกให้ผู้นำหลักสูตรไปใช้เข้าใจถึงหลักการ จุดมุ่งหมาย ความหมายของจิต นิสัยวิศวกรรม คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา แนวทางการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ การประเมินผลหลักสูตร นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและความครอบคลุมองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอ

2) จัดทำโครงสร้างเนื้อหาวิชาโดยจำแนกเป็นหน่วยการเรียนรู้ 6 หน่วย หน่วยละ 2 เนื้อหา โดยกำหนดหน่วยการเรียนรู้อิงตามสาขาวิชาเฉพาะของวิศวกรรมศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา ประกอบด้วยวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมหุ่นยนต์ วิศวกรรมเคมี ซึ่งเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ใช้การศึกษาและค้นคว้าสถานการณ์ปัญหาทางวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาสามารถทำได้อย่างปลอดภัย นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและความครอบคลุมเชิงเนื้อหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอ ซึ่งแต่ละเนื้อหาการเรียนรู้จะใช้เวลาในการเรียนหน่วยการเรียนรู้ละ 4 คาบ คิดเป็นเวลาทั้งหมด 24 คาบ จำแนกตามหน่วยการเรียนรู้ ดังตาราง 11

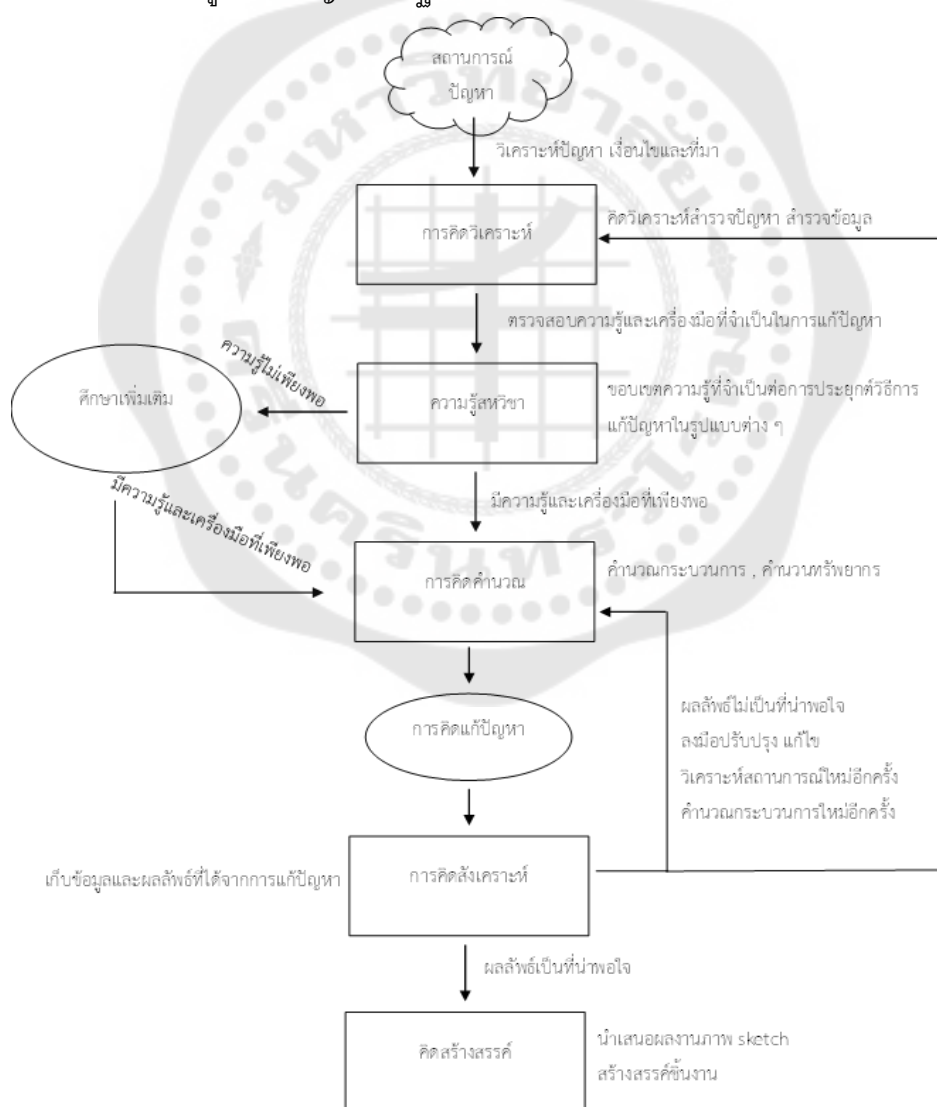
ตาราง 11 รายละเอียดหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหาของหลักสูตร

หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลาเรียน / คาบ	ตัวบ่งชี้
1	โครงสร้าง	1. Bridge (สะพาน)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	โครงสร้าง	2. Earthquakes (แผ่นดินไหว)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
2	กลศาสตร์	3. Hydraulic Lift (ลิฟท์ไฮดรอลิก)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	กลศาสตร์	4. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
3	สิ่งแวดล้อม	5. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	สิ่งแวดล้อม	6. Solar Lighter (ไฟแดดแสงอาทิตย์)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33

ตาราง 11 (ต่อ)

4	ไฟฟ้า	7. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	2	K1 , K2, K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	ไฟฟ้า	8. Paper Speaker (ลำโพงกระดาษ)	2	K1 , K2, K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
5	หุ่นยนต์	9. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	2	K1 , K2, K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	หุ่นยนต์	10. Jumping Robot (หุ่นยนต์กระโดด)	2	K1 , K2, K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
6	เคมี	11. Soda Rocket (จรวดโซดา)	2	K1 , K2, K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	เคมี	12. Slime Making (สร้างสไลม์)	2	K1 , K2, K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33

3) กำหนดโครงสร้างจุดมุ่งหมายของแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดจิตนิสัยวิศวกรรมตลอดการใช้งานหลักสูตร โดยพิจารณาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ระหว่างเนื้อหาและแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถเสริมสร้างให้นักเรียนได้เกิดการพัฒนาการจากองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านของจิตนิสัยวิศวกรรมตามตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบได้ทุกตัวบ่งชี้ นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสม ชี้แนะข้อบกพร่อง และดำเนินการแก้ไข ซึ่งได้กำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและใช้การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการสังเคราะห์ทฤษฎี การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

ตัวอย่าง แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกกรรรม หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 Bridge (สะพาน)

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
1	Bridge (สะพาน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการสร้างสะพานและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสะพานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเรีนมนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึกใบงานให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองหลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหวิธีกร ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้	1. แบบฝึกใบงาน 2. ไม่แต่ง เสียอาหาร 3. อุปกรณ์กลมกลึงและ มีน้ำหนัก 4. กาว 5. กรรไกร 6. คัตเตอร์ 7. เทปขาว 8. อุปกรณ์วาดเขียน	ประเมินรายบุคคลจาก 1. แบบฝึก/ใบงาน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของแบบฝึก/ใบงาน (Scoring Rubrics)	ประเมินเป็นทีมจาก 1. Mind Mapping ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics) 2. ชิ้นงานตัวต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	ประเมินรายบุคคลจาก แบบประเมิน 360 องศา (ตนเอง/เพื่อนครู) นำคะแนนจากแบบประเมินมาเฉลี่ย (Rating Scale) โดยต้องได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ในแต่ละตัวบ่งชี้ด้านคุณลักษณะ

ตัวอย่าง แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิทยาเรียนรู้ที่ 1 แผนการเรียนรู้ที่ 1 Bridge (สะพาน)

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
1 (ต่อ)			อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อน เริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหา วิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วย ตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียน ค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันใน ห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึง วิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่ เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุป และสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุด อาจจะไม่ได้ออกแบบเสมอไป	9. อุปกรณ์ ป้องกันขณะ ทดลอง			

ตัวอย่าง แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรม หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แผนการเรียนรู้ที่ 1 Bridge (สะพาน)

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วัสดุ		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ				



4) จัดทำแผนการเรียนรู้รายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 12 แผน แผนละ 2 คาบ รวมทั้งสิ้น 24 คาบ โดยแต่ละแผนการเรียนรู้ประกอบด้วย แผนการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ ตัวบ่งชี้ ความรู้/เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ นำแผนการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสม ชี้แนะข้อบกพร่อง และดำเนินการแก้ไขเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม

5) สื่อการเรียนรู้ ใช้สื่อประกอบการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในสถานการณ์จำลองประกอบด้วย แบบฝึก/ใบงาน Mind Mapping และอุปกรณ์การทดลอง

6) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ กำหนดวิธีการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบกระบวนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ว่าสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่โดยใช้การประเมินที่เหมาะสมตามแต่ละด้านขององค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรม ได้แก่ แบบฝึก/ใบงาน Mind Mapping ชิ้นงาน และแบบประเมิน 360 องศา (ซึ่งจะขอล่าไว้ในขั้นตอนที่ 2 ถัดไป)

ขั้นตอนที่ 2 : หาประสิทธิภาพของหลักสูตรในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมและองค์ประกอบของหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ ในการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรผู้วิจัยได้กำหนดการหาประสิทธิภาพไว้ 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1. การพิจารณาจากความเหมาะสมและความสอดคล้องของการองค์ประกอบหลักสูตร

ส่วนที่ 2. การหาประสิทธิภาพของแบบประเมินในด้านความสอดคล้องของความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรในระยะที่ 3

1) สร้างแบบวัดประสิทธิภาพของหลักสูตร โดยการปรับปรุงและแก้ไขร่างหลักสูตรตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทแล้วจึงนำหลักสูตรที่ผ่านการแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ สาขาวิศวกรรมและสาขาการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการสอน 3 ท่าน สาขาการวัดผลและประเมินผล 2 ท่าน โดยกำหนดเกณฑ์ผู้เชี่ยวชาญมีประสบการณ์ในการพัฒนาหลักสูตรหรือการทำวิจัยด้านหลักสูตรไม่น้อยกว่า 5 ปี โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรและตรวจสอบเอกสารหลักสูตรที่ทำขึ้น มีขั้นตอนดังนี้

1.1) กำหนดประเด็นในการประเมินหลักสูตร โดยวิเคราะห์จาก การศึกษารายละเอียดของหลักสูตร

1.2) จัดทำแบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรโดยใช้มาตรวัด 5 ระดับ คือ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย เหมาะสมน้อย ที่สุด

1.3) จัดทำแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) สำหรับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบในหลักสูตร

ตัวอย่าง แบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิต นิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : หลังจากที่ท่านได้พิจารณาร่างหลักสูตรแล้ว ขอให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตรในแต่ละข้อต่อไปนี้ มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

ประเด็นการประเมิน	เหมาะสม น้อยที่สุด	เหมาะสม น้อย	เหมาะสม ปาน กลาง	เหมาะสม มาก	เหมาะสม มากที่สุด
1. หลักการของหลักสูตร					
2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร					
2.1 เพื่อให้นักเรียนมีจิตนิสัย วิศวกรรม					
2.2 เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้จิต นิสัยวิศวกรรมกับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสม					
3. คำอธิบายรายวิชา					
4. กิจกรรมการเรียนรู้และผลการ เรียนรู้					

1.4) นำแบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบจิตนิสัย
วิศวกรรม มาพิจารณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปล
ความหมายดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น.103)

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 อยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 อยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 อยู่ในระดับ เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 อยู่ในระดับ เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 อยู่ในระดับ เหมาะสมน้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมขององค์ประกอบจากผลการ
ประเมินของผู้เชี่ยวชาญ โดยจะต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไปหรือมีความเหมาะสมระดับมากขึ้น
ไป

ตัวอย่าง แบบประเมินความสอดคล้องของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิต
นิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : หลังจากที่ท่านได้พิจารณาร่างหลักสูตรแล้ว ขอให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่าง ๆ
ของหลักสูตร (หลักการของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร, คำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร,
โครงสร้างรายวิชาของหลักสูตร แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, แผนการจัดการเรียนรู้และการ
ประเมินผลหลักสูตร) มีความสอดคล้องกันหรือไม่

ประเด็นการประเมิน	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
1. หลักการของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายของ หลักสูตร			
2. หลักการของหลักสูตรกับคำอธิบาย รายวิชา			
3. หลักการของหลักสูตรกับโครงสร้าง รายวิชา			
4. หลักการของหลักสูตรกับแนวทางการ จัดการเรียนรู้			

1.5) นำแบบประเมินความสอดคล้องมาพิจารณาหาค่าความตรง (Validity) โดยวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence : IOC) ซึ่งแปลผลเป็นคะแนนดังนี้

- + 1 หมายถึง แน่ใจว่าประเด็นในการประเมินข้อนี้มีความสอดคล้อง
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าประเด็นในการประเมินข้อนี้มีความสอดคล้อง
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าประเด็นในการประเมินข้อนี้ไม่มีความสอดคล้อง

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

สูตร
เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้อง
 R หมายถึง คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่คำนวณได้ในแต่ละข้อมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายถึงมีความสอดคล้อง ไม่ต้องดำเนินการปรับปรุงเพิ่มเติม หากค่าดัชนีแต่ละข้อมีค่าน้อยกว่า 0.5 หมายถึงไม่มีความสอดคล้อง ต้องดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหากมีความความเห็นตรงกันของผู้เชี่ยวชาญ ตั้งแต่ร้อยละ 50 จะดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2) สร้างแบบสร้างแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนียวิศกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1) ศึกษาแนวทางการสร้างแบบประเมินจิตนียและแบบวัดวิศกรรม

2.2) วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่สังเคราะห์จากองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนียวิศกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากระยะที่ 1 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบประเมินจิตนียวิศกรรม

2.3) สร้างแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนียวิศกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับประเมินพัฒนาการด้วยตนเองก่อนและหลังใช้หลักสูตร (Pretest-Posttest) ซึ่งทำให้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบจากผู้เชี่ยวชาญในครั้งที่ 1 จำเป็นต้องปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับการประเมินผลของหลักสูตรต่อไป

2.4) นำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรมของตนเองเสนอผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาที่เกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์ 2 ท่าน สาขาการศึกษาที่เกี่ยวกับหลักสูตรและการสอน 2 ท่าน สาขาการวัดผลและประเมินผล 3 ท่าน โดยสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) สำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา องค์ประกอบและตัวบ่งชี้และการวัดประเมินผลเกี่ยวกับจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตัวอย่าง แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ส่วนที่ 1 แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความ ตระหนักรู้	ตัวบ่งชี้	ประเด็นคำถาม	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อ เสนอ แนะ
			- 1	0	+ 1	
ด้านความรู้	K1	ฉันมีกระบวนทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาใด ๆ ได้				
	K2	ฉันมีกอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้				
	K3	ฉันมีรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีสามารถนำไปแก้ปัญหาได้				

2.5) นำแบบประเมินความสอดคล้องมาพิจารณาหาค่าความตรง (Validity) โดยวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence : IOC) ซึ่งแปลผลเป็นคะแนนดังนี้

+ 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นมีความสอดคล้องต่อการประเมินความตระหนักรู้

- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจข้อคำถามข้อนั้นมีความสอดคล้องต่อการประเมินความตระหนักรู้
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องต่อการประเมินความตระหนักรู้

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

สูตร
เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้อง
 R หมายถึง คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่คำนวณได้ในแต่ละข้อมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายถึงมีความสอดคล้อง ไม่ต้องดำเนินการปรับปรุงเพิ่มเติม หากค่าดัชนีแต่ละข้อมีค่าน้อยกว่า 0.5 หมายถึงไม่มีความสอดคล้อง ต้องดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหากมีความความเห็นตรงกันของผู้เชี่ยวชาญ ตั้งแต่ร้อยละ 50 จะดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากการประเมินคุณภาพ พบว่า มีค่าความสอดคล้องอยู่ที่ระดับ 0.94 ซึ่งมากกว่าระดับ 0.5 ในข้อส่วนของข้อเสนอแนะของความสอดคล้องพบว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านได้ให้ข้อเสนอแนะในหัวข้อที่ใกล้เคียงกัน ตั้งแต่ร้อยละ 50 ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับปรุงแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองนี้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 3 : ปรับปรุงแก้ไขร่างหลักสูตรตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญนำผลจากการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรจากขั้นตอนที่ 2 มาปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรให้มีประสิทธิภาพตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรและหาประสิทธิผลของหลักสูตร : (การวิจัย Research (R_2))

ขั้นตอนการทดลองใช้หลักสูตร มีขั้นตอนและรายละเอียด ดังนี้

1) เตรียมการก่อนทดลองใช้หลักสูตร โดยการเตรียมเอกสารประกอบหลักสูตรซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองก่อนเรียน เอกสารประกอบการสอนตามจำนวนนักเรียน ได้แก่ แบบฝึก/ใบงาน Mind Mapping แบบประเมิน 360 องศา

2) เลือกแบบแผนการวิจัย ผู้วิจัยเลือกแบบแผนการวิจัยแบบ one group pretest-posttest design เนื่องจากเป็นกลุ่มนักเรียนสาขาวิชาเอกวิศวกรรมที่เป็นนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแสดงแบบแผนการวิจัยเป็นแผนภาพ ดังนี้

$$O_1 \quad X \quad O_2$$

เมื่อ X แทน กลุ่มทดลองในการใช้หลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

O_1 แทน การประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองก่อนเรียน

O_2 แทน การประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองหลังเรียน

3) ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยโดยมีการประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองรู้เพื่อเก็บข้อมูลก่อนเรียน ดำเนินการใช้หลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม โดยทำการเก็บข้อมูลตามองค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้านในแต่ละกิจกรรม ตามแผนการเรียนรู้ 7 แผน รวม 14 คาบ และทำการประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองหลังเรียนอีกครั้ง เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลังใช้หลักสูตร

4) นำผลข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลองมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD . ซึ่งเป็นข้อมูลในการแปลผลวิเคราะห์ข้อมูล โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ 7 แผน มาหาคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยจำแนกเป็นคะแนนเฉลี่ยภาพรวมและคะแนนเฉลี่ยตามองค์ประกอบทั้ง 3 ซึ่งเป็นข้อมูลทั้งชั้นเรียน ที่คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 และนำคะแนนความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองก่อนและหลังเรียน มาหาคะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่า t-test (t-test dependent of samples) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการใช้หลักสูตร

5) นำผลการประเมินทั้ง 2 ส่วน มาพิจารณา โดยพิจารณาผลการประเมินส่วนที่ 1 ประเมินจากคะแนนที่ได้จากการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้านในแต่ละกิจกรรมระหว่างเรียนจากคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนภาพรวมและตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านตลอดทั้งหลักสูตร ซึ่งจำแนกเป็นระดับ ดังนี้

ลักษณะ คะแนน	น้อยกว่า ร้อยละ 60.00	ร้อยละ 60.00 - 65.99	ร้อยละ 66.00 – 70.99	ร้อยละ 71.00 – 74.99	ตั้งแต่ ร้อยละ 75.00 ขึ้นไป
ช่วงคะแนน					
คะแนนเต็ม ภาพรวม (65 คะแนน)	น้อยกว่า 38.99 ลงไป	39.00 – 42.89	42.90 – 46.14	46.15 – 48.74	ตั้งแต่ 48.75 ขึ้นไป
คะแนนเต็ม ด้านความรู้ (9 คะแนน)	น้อยกว่า 5.39 ลงไป	5.40 – 5.93	5.94 – 6.38	6.39 – 6.74	ตั้งแต่ 6.75 ขึ้นไป
คะแนนเต็ม ด้านทักษะ (29 คะแนน)	น้อยกว่า 17.39 ลงไป	17.40 – 19.13	19.14 – 20.58	20.59 – 21.74	ตั้งแต่ 21.75 ขึ้นไป
คะแนนเต็ม ด้าน คุณลักษณะ (27 คะแนน)	น้อยกว่า 16.19 ลงไป	16.20 – 17.81	17.82 – 19.16	19.17 – 20.24	ตั้งแต่ 20.25 ขึ้นไป
การแปลผล	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก

และพิจารณาผลการประเมินส่วนที่ 2 จากความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยใช้การทดสอบค่า t (t-test dependent of samples)

ระยะที่ 4: การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_2))

เป็นขั้นตอนในการนำผลที่ได้จากการทดลองใช้หลักสูตรและผลการประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรมาประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้หลักสูตรฉบับปรับปรุง จากประสิทธิผลในระยะที่ 3 ดังนี้

ส่วนที่ 1 จิตนิสัยวิศวกรรมประเมินตามองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้าน

เป็นการนำผลข้อมูลที่ได้ระหว่างการให้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาวิเคราะห์ผล จากแบบประเมินองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมตลอดทั้งหลักสูตร โดยพิจารณาจากผลการประเมินภาพรวม และ

ผลการประเมินด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ หากคะแนนเฉลี่ยภาพรวมสูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนตลอดทั้งหลักสูตร และคะแนนเฉลี่ยรายด้านขององค์ประกอบสูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนแต่ละด้านทั้งหลักสูตร แสดงว่าหลักสูตรส่งเสริมการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมมีประสิทธิภาพ แต่หากคะแนนเฉลี่ยภาพรวมน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนตลอดทั้งหลักสูตร หรือคะแนนเฉลี่ยรายด้านขององค์ประกอบน้อยกว่าร้อยละ 60 นั่นคือหลักสูตรมีข้อบกพร่องหรือไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต้องทำการปรับปรุง

ส่วนที่ 2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง

การนำผลข้อมูลก่อนและหลังการใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลจากแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง โดยประเมินก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการใช้หลักสูตร จากการทดสอบสมมติฐาน t-test หากคะแนนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าคะแนนก่อนได้รับการใช้หลักสูตร แสดงว่าหลักสูตรส่งเสริมการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมมีประสิทธิภาพ แต่หากผลที่ได้คือคะแนนหลังการใช้หลักสูตรน้อยกว่าก่อนการใช้หลักสูตร นั่นคือหลักสูตรมีข้อบกพร่องหรือไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต้องทำการปรับปรุง

หลังจากทราบผลข้อมูลทั้ง 2 ส่วนแล้ว จึงนำผลที่ได้ในท้ายที่สุดมาศึกษาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นและนำไปทดลองเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป ซึ่งถ้าผลการประเมินทั้ง 2 ส่วนข้างต้นเป็นจริง แสดงว่าหลักสูตรส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมมีประสิทธิภาพ แต่หากผลที่ได้ไม่เป็นไปตามที่กำหนด นั่นคือหลักสูตรมีข้อบกพร่องหรือไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต้องทำการปรับปรุง หลังจากทราบผลข้อมูลแล้ว จึงนำผลที่ได้ในท้ายที่สุดมาศึกษาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นและนำไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) แบ่งการดำเนินการออกเป็น 4 ระยะ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการวิจัยโดยแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 : ผลการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 : ผลการพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 3 : ผลการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 4 : ผลการปรับปรุงหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สมบูรณ์

ตอนที่ 1 : ผลการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจิตนิสัยวิศวกรรม และแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยค้นพบว่า องค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมประกอบด้วย 6 องค์ประกอบหลัก 36 ตัวบ่งชี้ เปรียบเทียบกับ องค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมจากผู้เชี่ยวชาญ โดยการทำแบบประเมินความเหมาะสม แบบประเมินความสอดคล้องและการสัมภาษณ์เชิงลึกจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาที่เกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์ 3 ท่าน และสาขาการศึกษาเกี่ยวกับหลักสูตรและการสอน 2 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก 5 องค์ประกอบย่อยและ 21 ตัวบ่งชี้ มีรายละเอียดดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ผู้วิจัยศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมหลังจากแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

องค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	องค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมจากผู้เชี่ยวชาญ
ด้านความรู้ การคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรม หมายถึง ความรู้และความเข้าใจองค์ประกอบของการคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 6 ประการที่เป็นหลักการคิด มีรายละเอียดดังนี้ 1. การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) 2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา (Problem-Finding) 3. การถ่ายทอดความคิด (Visualizing) 4. การคิดเรียบเรียง (Improving) 5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญห (Creative-problem solving) 6. การดัดแปลงการคิดพัฒนา (Adapting)	ด้านความรู้ องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และสามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ
ด้านทักษะ การดำเนินการคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรม หมายถึง การแสดงออกถึงความสามารถในการนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรมและความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิดของนักเรียน มีรายละเอียด 6 ประการดังนี้ 1. การดำเนินการคิดอย่างเป็นระบบ 2. การดำเนินการคิดค้นหาต้นตอของปัญหา 3. การดำเนินการคิดออกมาเป็นภาพ 4. การดำเนินการคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น 5. การดำเนินการคิดสร้างวิธีการแก้ปัญหา 6. การดำเนินการคิดทบทวนเพื่อพัฒนา	ด้านทักษะ องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาต้นตอ ทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ 2. คิดคำนวณ 3. คิดแก้ปัญหา 4. คิดสังเคราะห์ 5. คิดสร้างสรรค์ โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

ตาราง 12 (ต่อ)

องค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	องค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมจากผู้เชี่ยวชาญ
ด้านคุณลักษณะของผู้เรียนสาขาวิชาวิศวกรรม หมายถึง สิ่งที่บ่งบอกความดีหรือลักษณะประจำตัวของผู้เรียนสาขาวิชาวิศวกรรม ซึ่งวัดจากการแสดงออกต่อวิชาที่วิศวกรรมที่จะส่งผลต่อความคิด การตัดสินใจ และพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิศวกรรมในทางที่ดี สามารถส่งเสริมให้บุคคลนั้นเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตและเป็นบุคลากรที่ดีทางสายอาชีพวิศวกร ประกอบด้วย 1. ความใฝ่รู้ 2. จิตใจที่เปิดกว้าง 3. ความคิดที่ยืดหยุ่น 4. เป็นคนช่างคิด 5. การทำงานเป็นทีม 6. การสะท้อนคิด 7. ความมีจริยธรรม	ด้านคุณลักษณะ องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสารทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้วเพื่อเน้นย้ำความเข้าใจ องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความเห็นโดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์และสังเคราะห์บทสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ การวิเคราะห์ประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า องค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มี 3 องค์ประกอบหลัก จำแนกออกเป็น ด้านความรู้ ด้านทักษะ ด้านคุณลักษณะ โดยแบ่งเป็น องค์ประกอบย่อยและตัวบ่งชี้ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงองค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อยและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
1. ด้านความรู้	[K] 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge)	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้
2. ด้านทักษะ	[S] 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็แกนหรือต้นตอของปัญหาได้ S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้ S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาสามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหา มาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน

ตาราง 13 (ต่อ)

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
3. ด้านคุณลักษณะ	[A1] 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play)	A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้เหมาะสมตามความถนัด A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม
	[A2] 3.2) การสื่อสาร (Communication)	A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน
	[A3] 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership)	A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น

ผลการจากการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การมีจิตนิสัยวิศวกรรม คือ ความพร้อมในการตอบสนองต่อปัญหาโดยใช้หลักการคิดเชิงวิศวกรรมในการแก้ปัญหา

สิ่งสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมอันดับที่ต้องมีคือความรู้ องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และสามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ปืนกาว มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น โดยตัวบ่งชี้ด้านความรู้จึงมีลักษณะเป็นการเลือกใช้ความรู้ที่

เหมาะสมกับปัญหา การอธิบายหลักการทฤษฎีของความรู้นั้นได้ รวมถึงการนำความรู้นั้นไปใช้งานได้อย่างตรงจุด

สิ่งสำคัญต่อมาคือด้านทักษะทักษะมากมายที่วิศวกรหนึ่งคนจำเป็นต้องมีในการแก้ปัญหาหนึ่งเรื่องซึ่งการปลูกฝังทักษะที่สำคัญเบื้องต้นให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรเป็นทักษะที่สามารถใช้งานและฝึกฝนได้ง่าย นั่นคือ องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาคำตอบ ทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ ซึ่งลำดับของการคิดวิเคราะห์ คือ 1.1 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ 1.2 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หาสาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ 1.3 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ 2. คิดคำนวณ ซึ่งลำดับของการคิดคำนวณ คือ 2.1 นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรกและอันดับสุดท้ายได้ 2.2 นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาได้ 3. คิดแก้ปัญหา นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4. คิดสังเคราะห์ นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถประเมินผลลัพธ์นั้นได้ว่าเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง 5. คิดสร้างสรรค์ ซึ่งลำดับขั้นของการคิดสร้างสรรค์ คือ 5.1 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาเป็นรูป sketch ได้ 5.2 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์จากผลข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นชิ้นงาน โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

สิ่งสำคัญสุดท้ายในการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ในระยะยาวคือด้านคุณลักษณะ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของวิศวกรหนึ่งคนมีมากกว่า 7 ประการจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแต่การปลูกฝังคุณลักษณะเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงเช่นกันโดยองค์ประกอบด้านคุณลักษณะมีลักษณะ ดังนี้ องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่น

เข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสารทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้วเพื่อเน้นย้ำความเข้าใจ องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความเห็นโดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วง

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในครั้งแรก นำมาปรับปรุง แก้ไข และทำการส่งข้อมูลเพื่อประเมินความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาที่เกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์ 3 ท่าน สาขาการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการสอน 2 ท่าน และสาขาที่เกี่ยวกับการวัดและประเมินผล 2 ท่าน

จากผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าตัวบ่งชี้ทั้ง 21 ตัว มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อย

ตอนที่ 2 : ผลการพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. ผลการพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย องค์ประกอบของร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีดังนี้

1.1) หลักการของหลักสูตร: หลักสูตรพัฒนาขึ้นตามแนวคิดปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม โดยรูปแบบของการจัดการศึกษาจะเน้นที่การสร้างประสบการณ์ความรู้ของนักเรียนโดยไม่ยึดติดกับเนื้อหาความรู้ แต่เน้นที่ทักษะและการลงมือปฏิบัติ ซึ่งใช้นิยามการจัดการศึกษาตามแนวคิดแบบ Signature Pedagogy ซึ่งว่าด้วยเรื่องการจัดการศึกษาเฉพาะทาง ซึ่งหลักการของหลักสูตรนั้นคำนึงถึงการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดจิตินัยวิศวกรรมและความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินัยวิศวกรรม ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งจิตินัยวิศวกรรมนี้จะช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่ดีต่อการศึกษาต่อสาขาวิชาเอกวิศวกรรมในระดับอุดมศึกษาหรือระดับที่สูงขึ้น เมื่อเรียนจบจาก

หลักสูตรแล้วนักเรียนสามารถนำจิตนิสัยวิศวกรรมไปใช้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมได้ สามารถตระหนักถึงตนเองได้ว่ามีความสามารถเพียงพอหรือไม่ เพื่อปลูกฝังทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยนักเรียนให้เกิดคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อการเรียนสาขาวิชาเอกวิศวกรรม ที่ก่อให้เกิดเป็นทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพในสายอาชีพวิศวกรรม เพื่อเป็นกำลังสำคัญต่อการพัฒนาในโลกยุคปัจจุบัน

1.2) จุดมุ่งหมายของหลักสูตร: หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมมุ่งพัฒนา นักเรียนให้เกิดจิตนิสัยวิศวกรรม เมื่อจบการศึกษาในหลักสูตรแล้วนักเรียน

1. มีจิตนิสัยวิศวกรรมตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะ

2. มีความตระหนักที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง

1.3) ความหมายของจิตนิสัยวิศวกรรม เพื่อให้ผู้ใช้หลักสูตรเข้าใจถึงความหมายของ จิตนิสัยวิศวกรรม แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม การวัดและประเมินผลจิต นิสัยวิศวกรรมในแต่ละด้าน

จิตนิสัยวิศวกรรม (Engineering Habit of Minds) หมายถึง การแสดงออกทาง พฤติกรรมทางการคิดที่เป็นกระบวนการของวิชาวิศวกรรมโดยอัตโนมัติเมื่อพบกับปัญหา การรับส่ง ข้อมูล การประมวลผลบนแนวคิดของวิชาวิศวกรรมที่เป็นไปตามความเคยชิน ความคุ้นเคยใน กระบวนการทางวิศวกรรมโดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหา เพื่อแก้ปัญหาตรงหน้าได้อย่างคล่องแคล่วโดยระลึกกว่าเป็นการพัฒนา ความคิดของตนเองตลอดเวลา สามารถจัดการตนเองได้ มีความรับผิดชอบ ถ่ายทอดความคิดผ่าน การออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน คำนึงถึง สภาพแวดล้อมในการทำงานและสามารถทำงานเป็นทีมได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการหา คำตอบของปัญหาได้ในที่สุด ซึ่งสามารถพิจารณาระดับจิตนิสัยวิศวกรรมโดยอิงจากการแบบวัด จิตนิสัย วัดประเมินตามสภาพจริงและการวัดประเมินฐานสมรรถนะ จากการทำแบบฝึก/ใบงาน , Mind Mapping , การสร้างชิ้นงาน , แบบประเมิน 360 องศา

จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ ด้านคุณลักษณะ โดยในแต่ละด้านจะ ประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ พฤติกรรมบ่งชี้ หมายถึง การกระทำ หลักฐาน ร่องรอยสิ่งที่ชี้หรือบ่ง บอกลถึงพฤติกรรม ความสามารถ ที่เป็นไปตามกรอบขององค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมในแต่ละ ด้าน แสดงรายละเอียด องค์ประกอบหลัก 3 ด้านและพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1. ด้านความรู้

องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และสามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ปืนกาว มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านความรู้สหวิชาได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้

K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้

2. ด้านทักษะ

องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาคำตอบ ทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ ซึ่งลำดับของการคิดวิเคราะห์ คือ 1.1 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ 1.2 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หาสาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ 1.3 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ 2. คิดคำนวณ ซึ่งลำดับของการคิดคำนวณ คือ 2.1 นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรกและอันดับสุดท้ายได้ 2.2 นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้ 3. คิดแก้ปัญหา นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4. คิดสังเคราะห์ นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถประเมินผลลัพธ์นั้นได้ว่าเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง 5. คิดสร้างสรรค์ ซึ่งลำดับขั้นของการคิดสร้างสรรค์ คือ 5.1 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาเป็นรูป sketch ได้ 5.2 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์จากผลข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นชิ้นงาน โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อ

ผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านทักษะการคิดอย่างเป็นระบบได้ 9 พฤติกรรมดังนี้

S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้

S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้

S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้

S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้

S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด

S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาสามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง

S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา

S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน

3. ด้านคุณลักษณะ

องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการทำงานเป็นทีมได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้เหมาะสมตามความถนัด

A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา

A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม

องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสารทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้วเพื่อนำความเข้าใจ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการสื่อสารได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด

A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน

A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อนำความเข้าใจในจุดเดียวกัน

องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความคิดเห็นโดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วง ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการเป็นผู้นำได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน

A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ

A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง หมายถึง การเข้าใจและรับรู้ถึงกระบวนการคิด วิธีการทำงาน และแนวโน้มพฤติกรรมของตนเองในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม ได้แก่ วิธีคิดอย่างเป็นระบบ การทดลองและปรับปรุง การใช้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ และการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ สามารถสะท้อน (reflect) ถึงวิธีที่ตนเองคิดและตัดสินใจ และสามารถพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งวัดจาก การทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ในลักษณะของ Rating Scale

1.4) คำอธิบายรายวิชา เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้และประเมินผลการเรียนรู้ จึงกำหนดผลการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ การทำความเข้าใจ อธิบายวิธีการและศึกษาหลักการและแนวคิดทฤษฎีจากความรู้พื้นฐานตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประยุกต์ใช้ความรู้ทั่วไปผ่านการคิดอย่างเป็นระบบในการสร้างสถานการณ์จำลองที่สามารถพบเห็นได้ในสายอาชีพวิศวกร เกี่ยวกับเนื้อหา โครงสร้าง กลศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ไฟฟ้า หุ่นยนต์ เคมีและโครงการวิศวกรรม คิดวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหา คิดคำนวณกระบวนการ คิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่เรียบเรียงมา คิดสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหาและคิดสร้างสรรค์การแก้ปัญหาจากข้อมูลทั้งหมด เขียนเค้าโครงภาพและลงมือสร้างจนเป็นชิ้นงาน ค้นคว้าหาคำตอบในวิถีทางของตนเองและการสร้างคุณลักษณะของวิศวกร ได้แก่ การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร การเป็นผู้นำ ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ดังตาราง 14

ตาราง 14 กิจกรรมการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1. Bridge (สะพาน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการสร้างสะพานและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสะพานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของแรงโน้มถ่วงและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างโต๊ะแรงโน้มถ่วงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของน้ำพุแรงดันและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างน้ำพุจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ตาราง 14 (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการตรวจจับไฟฟ้าและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างเครื่องตัวไฟฟ้าสถิตจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของสรีระมนุษย์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างแขนหุ่นยนต์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีเป็นแก๊สและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างจรวดแรงดันแก๊สจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
7. Slime Making (สร้างสไลม์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีการจับตัวของสารและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสไลม์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ตาราง 15 แสดงรายละเอียดโครงสร้างรายวิชา

หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลาเรียน / คาบ	ตัวปั้ง
1	โครงสร้าง	1. Bridge (สะพาน)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
2	กลศาสตร์	2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
3	สิ่งแวดล้อม	3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33

ตาราง 15 (ต่อ)

4	ไฟฟ้า	4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
5	หุ่นยนต์	5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
6	เคมี	6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	เคมี	7. Slime Making (สร้างสไลม์)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33



1.6) แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 7 แผน แผนละ 2 คาบ รวม 14 คาบ โดยแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและใช้โครงงานเป็นฐาน ดังตาราง 16

ตาราง 16 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผน	กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
1	Bridge (สะพาน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการสร้างสะพานและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสะพานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเกริ่นนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองหลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวิธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ใช่คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมิน

แผน	กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
			เพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ
2	Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของแรงโน้มถ่วงและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างโต๊ะแรงโน้มถ่วงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเกริ่นนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองหลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวិธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ใช่คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ
3	Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของน้ำพุแรงดันและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผน	1. ครูเกริ่นนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหา

แผน	กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
		และสร้างนำพจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	ด้วยตนเองหลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวิธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ใช่คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ
4	Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการตรวจจับไฟฟ้าและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างเครื่องตัวไฟฟ้าสถิตจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเกริ่นนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองหลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวิธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา

แผน	กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
			6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ใช่คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ
5	Robot Hand (หุ่นยนต์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของสรีระมนุษย์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างแขนหุ่นยนต์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเกริ่นนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองหลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวิธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

แผน	กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
			9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครู ในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ใช่คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ
6	Soda Rocket (จรวดโซดา)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีเป็นแก๊สและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างจรวดแรงดันแก๊สจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเตรียมนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองหลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวิธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครู ในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ใช่คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ
7	Slime Making	1. มีความรู้เกี่ยวกับ	1. ครูเตรียมนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของ

แผน	กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
	(สร้างสไลด์)	หลักการของ ปฏิกิริยาเคมีการจับ ตัวของสารและ นำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผน และสร้างสไลด์จาก สถานการณ์ที่ กำหนดให้	สถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหา ด้วยตนเองหลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวิธีการ ขั้นตอนที่ได้ มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การ ระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์ เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยน ความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกัน สังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครู ในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ใช่ คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมิน เพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ

1.6) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ในแต่ละคาบของการจัดการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในหลักสูตร ใช้การจัดกิจกรรม การเรียนรู้ที่มีส่วนในการส่งเสริมการคิดของผู้เรียน ซึ่งศึกษาจากทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้โดยการสร้างชิ้นงาน (Constructionism) ทฤษฎีการ

เรียนรู้แบบร่วมมือ (Theory of Cooperative or Collaborative Learning) ทำให้ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องในการส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม คือ 1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning : PBL) 2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning : PjBL) 3. การจัดการเรียนรู้ STEM (Science, Technology Engineering and Mathematics : STEM) และ 4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิศวกรรมเป็นฐาน (Engineering – Based Learning : EBL) โดยนำการจัดการเรียนรู้ที่ศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะนำมาพิจารณาความเหมาะสมระหว่างการจัดการเรียนรู้กับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกัน

1.7) **สื่อการเรียนรู้** หมายถึง อุปกรณ์เพื่อใช้สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยสื่อการเรียนรู้ในหลายรูปแบบ ได้แก่ เอกสารการสอน คลิปวิดีโอ การใช้สมาร์ทโฟน เพื่อเข้าถึงสื่อการเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์การทดลอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบ

1.8) **การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้** หมายถึง วิธีการวัดและประเมินผล สำหรับนักเรียนเมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สะท้อนจิตินัยวิศวกรรม พิจารณาตามองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรม ดังนี้

1. **ด้านความรู้** วัดจาก การทำแบบฝึก/ใบงาน ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการมอบหมายภาระงานเขียนในหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการประเมินแบบภาระงาน ซึ่งเป็นแบบฝึก/ใบงานสำหรับการวัดองค์ประกอบด้านความรู้ของจิตินัยวิศวกรรม โดยประเมินในลักษณะของ Scoring Rubrics

2. **ด้านทักษะ** วัดจาก การทำ Mind Mapping และ การสร้างชิ้นงาน ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการตรวจและประเมินจากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการประเมินชิ้นงาน ซึ่งเป็น Mind Mapping และชิ้นงาน สำหรับการวัดองค์ประกอบด้านทักษะของจิตินัยวิศวกรรม โดยประเมินในลักษณะของ Scoring Rubrics

3. **ด้านคุณลักษณะ** วัดจาก การตอบแบบประเมิน 360 องศา ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ว่าผู้เรียนเกิดพฤติกรรมตามองค์ประกอบด้านคุณลักษณะของจิตินัยวิศวกรรมมากน้อยเพียงใด ด้วยการประเมินตนเอง ประเมินโดยเพื่อนและประเมินโดยครู นักเรียนจะทราบถึงจิตินัยวิศวกรรมของตนเองจากด้านตนเอง เพื่อนและครู โดยประเมินในลักษณะของ Rating Scale

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิต
 นิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ตรวจสอบและปรับปรุงองค์ประกอบ
 และตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมอีกครั้งเพื่อความสอดคล้องต่อการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมของ
 นักเรียน ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอผลการศึกษาประสิทธิภาพไว้ 2 ส่วน

2.1) ผลการประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรและความสอดคล้องระหว่าง
 องค์ประกอบของหลักสูตร ผู้วิจัยตรวจสอบโดยใช้ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ สาขาวิศวกรรม
 และสาขาการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการสอน 3 ท่าน สาขาการวัดผลและประเมินผล 2
 ท่าน โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวอย่างแบบประเมิน ดังนี้

ตัวอย่าง แบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิต
 นิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : หลังจากที่ท่านได้พิจารณาร่างหลักสูตรแล้ว ขอให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่าง ๆ
 ของหลักสูตรในแต่ละข้อต่อไปนี้ มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

ประเด็นการประเมิน	เหมาะสม น้อยที่สุด	เหมาะสม น้อย	เหมาะสม ปาน กลาง	เหมาะสม มาก	เหมาะสม มากที่สุด
1. หลักการของหลักสูตร					
2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร					
2.1 เพื่อให้นักเรียนมีจิตนิสัย วิศวกรรม					
2.2 เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้จิต นิสัยวิศวกรรมกับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสม					
3. คำอธิบายรายวิชา					
4. กิจกรรมการเรียนรู้และผลการ เรียนรู้					

ตัวอย่าง แบบประเมินความสอดคล้องของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : หลังจากที่ท่านได้พิจารณาร่างหลักสูตรแล้ว ขอให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตร (หลักการของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร, คำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร, โครงสร้างรายวิชาของหลักสูตร แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, แผนการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลหลักสูตร) มีความสอดคล้องกันหรือไม่

ประเด็นการประเมิน	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
1. หลักการของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร			
2. หลักการของหลักสูตรกับคำอธิบายรายวิชา			
3. หลักการของหลักสูตรกับโครงสร้างรายวิชา			
4. หลักการของหลักสูตรกับแนวทางการจัดการเรียนรู้			

โดยแบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรใช้วิธีการทางสถิติคือค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการแปรผลข้อมูลแบบแบบประเมินความสอดคล้องของหลักสูตรใช้วิธีการตรวจสอบ IOC ในการแปรผลข้อมูล

พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในด้านความเหมาะสมพบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.32 และส่วนเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.69 ซึ่งสามารถแปรผลได้ว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด มี (ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 และสูงสุด 4.80) โดยส่วนในด้านความสอดคล้องเมื่อนำข้อมูลที่ได้จาก IOC มาแปลงผลทางสถิติค่าเฉลี่ย พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 เมื่อพิจารณาระหว่างองค์ประกอบ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบในหลักสูตรอยู่ระหว่าง 0.800 – 1.00 ซึ่งสามารถแปรผลได้ว่ามีความ

สอดคล้อง จากผลการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง สามารถกล่าวได้ว่าหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จากผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของหลักสูตรที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยยังได้รับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับมุมมองในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหลาย ๆ ประเด็น เช่น จำนวนกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดจิตินัยวิศวกรรมขั้นต้น อาจไม่จำเป็นต้องใช้ถึง 12 กิจกรรมซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายเพียงพอและครอบคลุมปัญหาส่วนใหญ่ที่สอดคล้องกับสาขาวิศวกรรม ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของหลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมที่ผ่านการพิจารณาจากการสังเคราะห์ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงมี 7 กิจกรรมจากหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด 6 หน่วย ซึ่งหน่วยการเรียนรู้เรื่องเคมีได้รับการพิจารณาให้มี 2 กิจกรรม เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่าเป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติได้อย่างปลอดภัย สามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองอย่างอิสระมากกว่ากิจกรรมอื่น ทั้งในด้านของทรัพยากรที่หาได้ง่ายทำให้นักเรียนสามารถลงมือทดลองได้หลายครั้ง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ครูสามารถสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนได้ง่ายเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นที่มีวิธีการในการสร้างที่ค่อนข้างชัดเจน จากข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญจึงสรุปเป็นโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ได้ ดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้
1	โครงสร้าง	1. Bridge (สะพาน)
2	กลศาสตร์	2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)
3	สิ่งแวดล้อม	3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)
4	ไฟฟ้า	4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)
5	หุ่นยนต์	5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)
6	เคมี	6. Soda Rocket (จรวดโซดา)
	เคมี	7. Slime Making (สร้างสไลม์)

2.2) ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยตรวจสอบโดยใช้ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมศาสตร์ 2 ท่าน สาขาการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการสอน 2 ท่าน สาขาการวัดผลและประเมินผล 3 ท่าน โดยสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) สำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา องค์ประกอบและตัวบ่งชี้และการวัดประเมินผลเกี่ยวกับจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวอย่างแบบประเมิน ดังนี้

ตัวอย่าง แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ส่วนที่ 1 แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความ ตระหนักรู้	ตัวบ่งชี้	ประเด็นคำถาม	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อ เสนอ แนะ
			- 1	0	+ 1	
ด้านความรู้	K1	ฉันมีกระบวนทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาใด ๆ ได้				
	K2	ฉันมักอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้				
	K3	ฉันมักรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีสามารถนำไปแก้ปัญหาได้				

พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสอดคล้องกันทั้ง 21 ตัวบ่งชี้ โดยมีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ระดับ 0.5 ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์เอาไว้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในด้านความ

สอดคล้อง มีความสอดคล้องทุกประเด็น โดยในแต่ละประเด็นได้ผลประเมินที่ระดับ 0.80 – 1.00 แปลผลได้ว่าองค์ประกอบของหลักสูตรมีความสอดคล้องกัน ซึ่งสูงกว่าตั้งแต่ระดับ 0.60 ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

ตอนที่ 3 : ผลการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยนำหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเอกวิศวกรรม จำนวน 59 คน โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest-posttest design ซึ่งกำหนดการประเมินประสิทธิผลหลักสูตรโดยใช้คะแนน 2 ส่วน คือ

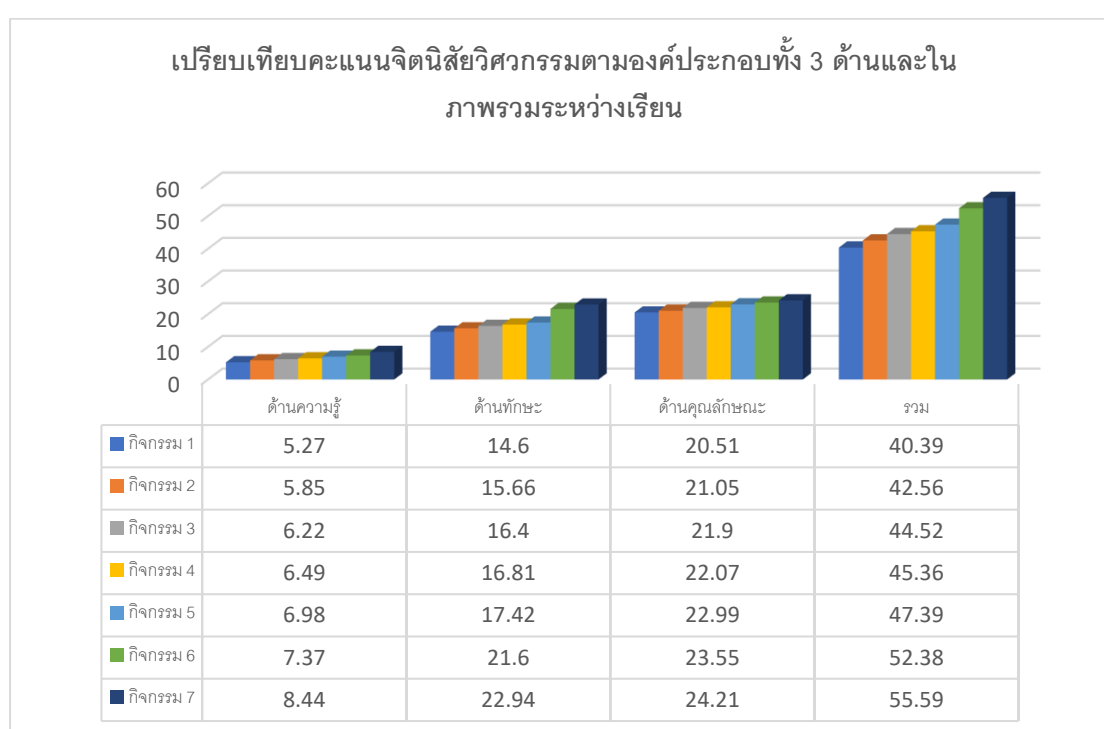
ส่วนที่ 1 จิตนิสัยวิศวกรรมประเมินตามองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย 1 ด้านความรู้ ประเมินจากการทำใบงาน/แบบฝึก กำหนดคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านความรู้ตลอดทั้งหลักสูตร 2 ด้านทักษะ ประเมินจากการทำ Mind Mapping และการสร้างชิ้นงาน กำหนดคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านทักษะตลอดทั้งหลักสูตร 3 ด้านคุณลักษณะ ประเมินจากการตอบแบบประเมิน 360 องศา กำหนดคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านคุณลักษณะตลอดทั้งหลักสูตร ซึ่งผลการประเมินคะแนนจากส่วนที่ 1 ประเมินจากคะแนนที่ได้จากการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้านในแต่ละกิจกรรมระหว่างเรียน แสดงดังตาราง 18

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาพรวมของนักเรียนระหว่างเรียน 7 กิจกรรม

จิตนิสัยวิศวกรรม		กิจกรรมระหว่างเรียน						
		1	2	3	4	5	6	7
ด้านความรู้	$\bar{x}$	5.27	5.85	6.22	6.49	6.98	7.37	8.44

จิตนิสัยวิศวกรรม		กิจกรรมระหว่างเรียน						
		1	2	3	4	5	6	7
(คะแนนเต็ม 9 คะแนน)	S.D.	1.40	1.90	1.77	1.24	0.80	1.88	1.22
	ระดับ	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
ด้านทักษะ (คะแนนเต็ม 29 คะแนน)	$\bar{x}$	14.60	15.66	16.40	16.81	17.42	21.6	22.94
	S.D.	4.88	6.12	6.93	6.39	5.16	7.83	8.15
	ระดับ	ต่ำมาก	ต่ำมาก	ต่ำมาก	ต่ำมาก	ต่ำ	สูง	สูงมาก
ด้านคุณลักษณะ (คะแนนเต็ม 27 คะแนน)	$\bar{x}$	20.51	21.05	21.90	22.07	22.99	23.55	24.21
	S.D.	1.59	1.52	2.06	1.80	1.56	1.95	1.78
	ระดับ	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก	สูงมาก
รวม (คะแนนเต็ม 65 คะแนน)	$\bar{x}$	40.39	42.56	44.52	45.36	47.39	52.38	55.59
	S.D.	3.15	3.80	4.32	3.96	3.25	5.17	5.24

จิตินิสัยวิศวกรรม	กิจกรรมระหว่างเรียน						
	1	2	3	4	5	6	7
	ระดับ ต่ำ	ต่ำ	ปาน กลาง	ปาน กลาง	สูง	สูงมาก	สูงมาก



จากตาราง 18 ผลการศึกษาประสิทธิภาพจิตินิสัยวิศวกรรมตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านของนักเรียนในภาพรวม พบว่า นักเรียนมีจิตินิสัยวิศวกรรมพัฒนาขึ้นในช่วงเวลาระหว่างเรียน เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ระหว่างการใช้งานหลักสูตร โดยจำแนกเป็น 3 ด้านองค์ประกอบ ได้แก่ ด้านความรู้ พบว่านักเรียนมีจิตินิสัยวิศวกรรมพัฒนาขึ้นในด้านความรู้ที่เพิ่มขึ้นจากระดับ ต่ำมาก ในกิจกรรมที่ 1 และระดับสูงมากในกิจกรรมที่ 7 ด้านทักษะ พบว่านักเรียนมีจิตินิสัยวิศวกรรมพัฒนาขึ้นในด้านทักษะที่เพิ่มขึ้นจากระดับ ต่ำมากในกิจกรรมที่ 1 และระดับสูงมากในกิจกรรมที่ 7 และ ด้านคุณลักษณะ พบว่านักเรียนมีจิตินิสัยวิศวกรรมพัฒนาขึ้นในด้านคุณลักษณะในระดับสูง มาก ซึ่งหากเปรียบเทียบรายละเอียดของคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนจะพบว่า คะแนนเฉลี่ย ของนักเรียนเพิ่มขึ้นในทุก ๆ กิจกรรม โดยที่ภาพรวมของคะแนนจิตินิสัยวิศวกรรมของนักเรียน นั้น

เพิ่มขึ้นจากระดับ ต่ำมากในกิจกรรมที่ 1 และระดับสูงมากในกิจกรรมที่ 7 และจากแผนภูมิ พบว่า จิตินิสัยวิศวกรรมของนักเรียนที่ใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พัฒนาขึ้นตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 ถึง กิจกรรมที่ 7 ซึ่งตรงตามสมมติฐานข้อที่ 1 กล่าวหาว่า จิตินิสัยวิศวกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พัฒนาขึ้นในช่วงเวลาระหว่างเรียน (สามารถพิจารณาจากตารางแสดงผลข้อมูลจิตินิสัยวิศวกรรมของนักเรียนแบบเป็นขั้นเรียนและรายบุคคล และข้อมูลจิตินิสัยวิศวกรรมรายองค์ประกอบ ในภาคผนวก ง.)

ผลการวิเคราะห์จิตินิสัยวิศวกรรมของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการพิจารณาผลการประเมินภาพรวมจากตาราง 18 ซึ่งการประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรที่ระดับคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนตลอดการใช้หลักสูตร และผลการประเมินจิตินิสัยวิศวกรรมตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน จากข้อมูลประกอบในภาคผนวก ง. แสดงผลว่า การประเมินภาพรวมและการประเมินตามองค์ประกอบของหลักสูตรการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมมีแนวโน้มของจิตินิสัยวิศวกรรมพัฒนาขึ้นในช่วงเวลาระหว่างเรียนที่บ่งบอกว่านักเรียนมีจิตินิสัยวิศวกรรมที่สูงขึ้นและมีค่าเฉลี่ยรวมหลังจากใช้งานหลักสูตรแล้วมากกว่าตั้งแต่คะแนนร้อยละ 60 ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้เพื่อหาประสิทธิผลของหลักสูตร แสดงว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจิตินิสัยวิศวกรรมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรนั้น มีจิตินิสัยวิศวกรรมในทิศทางที่ดีขึ้นทั้งในภาพรวมและในการประเมินตามองค์ประกอบเมื่อผ่านการใช้งานหลักสูตรทั้งในมุมมองของคะแนนทั้งขั้นเรียนและในมุมมองของคะแนนรายบุคคล ดังข้อมูลที่แสดงไว้ในภาคผนวก ง.

ส่วนที่ 2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรมของตนเอง ประเมินจากการทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรมของตนเอง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยใช้การทดสอบค่า t (t-test dependent of samples)

ผลการศึกษาความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรมของตนเองก่อนการใช้หลักสูตร เปรียบเทียบกับการประเมินความตระหนักรู้หลังการใช้หลักสูตร ซึ่งแบบประเมินมีจำนวน 23 ประเด็นโดยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย 5 ระดับตามพฤติกรรมที่ตรงกับนักเรียน คือ มาก

ที่สุด ค่อนข้างมาก ปานกลาง ค่อนข้างน้อย น้อยที่สุด ซึ่งผลการประเมินคะแนนจากส่วนที่ 2 นำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1) ผลการประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมในภาพรวมของนักเรียนทั้งชั้นเรียน ดังตาราง 19

ตาราง 19 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองในภาพรวมของนักเรียนทั้งชั้นเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัย วิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4	จำนวน นักเรียน	ค่าเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 115)	ค่าส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	sig
ก่อนการใช้หลักสูตร	59	84.95	11.40	11.97*	.005
หลังการใช้หลักสูตร	59	98.59	10.44		

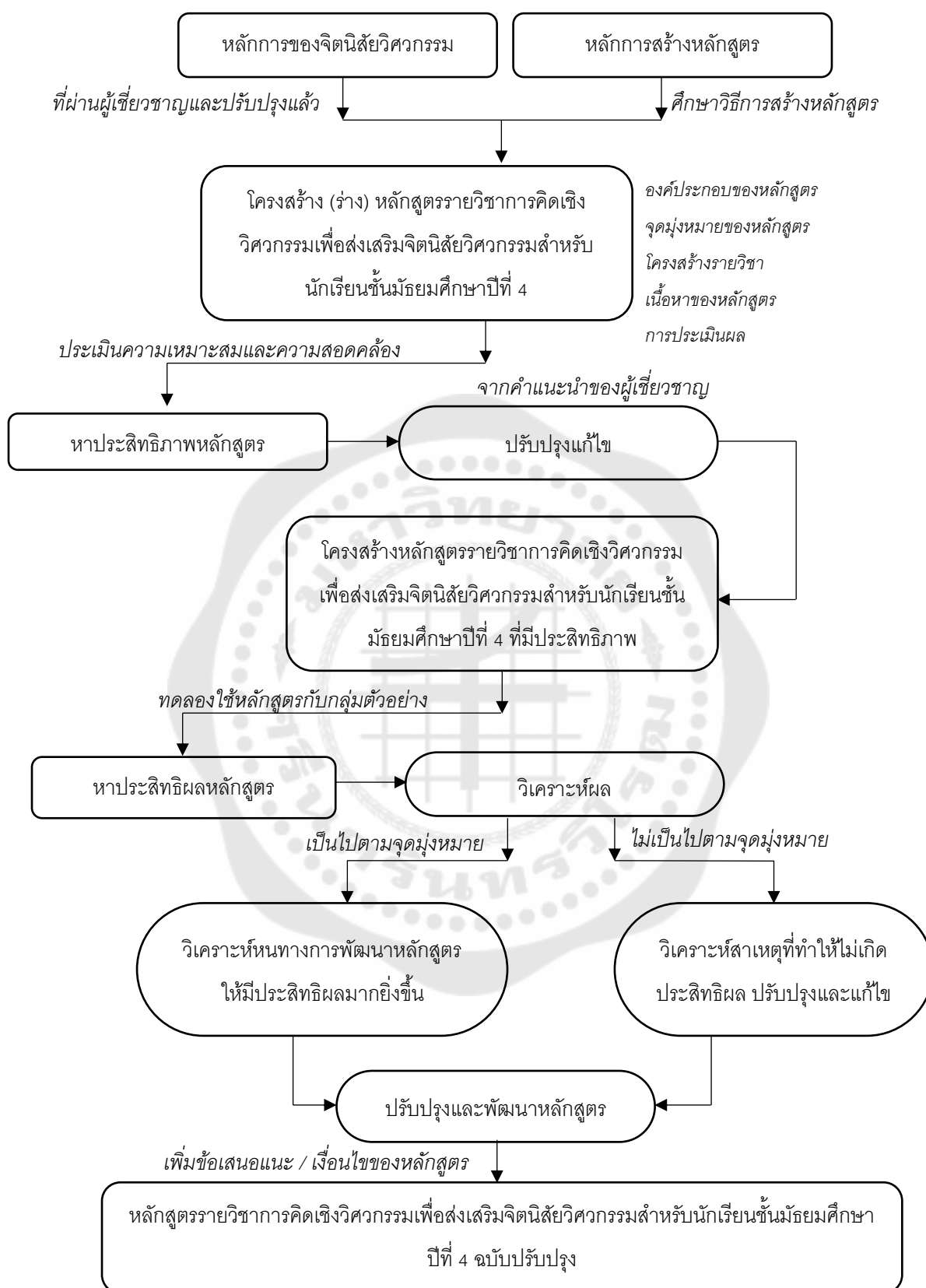
*p < .05

จากตาราง 19 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 2 ว่าความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

ตอนที่ 4 : ผลการปรับปรุงหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัย วิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เริ่มจากการศึกษาหลักการองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญ แล้วผนวกกับหลักการในการพัฒนาหลักสูตร เป็นพื้นฐานในการพัฒนาร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นำไปประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง หลังจากผ่านการประเมินประสิทธิภาพและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงนำหลักสูตรไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตร นำผลที่ได้จากการทดลองใช้หลักสูตรมาวิเคราะห์ผลว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ นำผลที่ได้มาสังเคราะห์ปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมนำไปเผยแพร่ต่อไป แสดงขั้นตอนการปรับปรุงหลักสูตรดังภาพประกอบ 22





ภาพประกอบ 22 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนึสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยสรุปสาระสำคัญดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อพัฒนาหลักสูตรและหาประสิทธิภาพหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาหลักสูตรโดยใช้วิธีการวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) ซึ่งแบ่งการดำเนินการออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน : (การวิจัย Research (R_1))
โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรม และแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัย มากำหนดเป็นร่างองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรม

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการพัฒนาหลักสูตร ได้แก่ การศึกษาปัญหา ความต้องการของผู้เรียน แนวทางการพัฒนาหลักสูตร หลักการของหลักสูตร ปรัชญาการศึกษา การกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหาของหลักสูตร การจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ระยะที่ 2 การสร้างหลักสูตรและหาประสิทธิภาพของหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_1)) โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดองค์ประกอบโครงสร้างของหลักสูตรและร่างหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 2 หาประสิทธิภาพของหลักสูตรในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมและองค์ประกอบของหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงแก้ไขร่างหลักสูตรตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรและหาประสิทธิผลของหลักสูตร : (การวิจัย Research (R_2)) เป็นขั้นตอนในการนำหลักสูตรที่มีประสิทธิภาพไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรจาก 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 จิตินัยวิศวกรรมประเมินตามองค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย 1 ด้านความรู้ ประเมินจากการทำใบงาน/แบบฝึก กำหนดคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านความรู้ตลอดทั้งหลักสูตร 2 ด้านทักษะ ประเมินจากการทำ Mind Mapping และ การสร้างชิ้นงาน กำหนดคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านทักษะตลอดทั้งหลักสูตร 3 ด้านคุณลักษณะ ประเมินจากการตอบแบบประเมิน 360 องศา กำหนดคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านคุณลักษณะตลอดทั้งหลักสูตร ซึ่งผลการประเมินคะแนนจากส่วนที่ 1 ประเมินจากคะแนนที่ได้จากการประเมินจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้านในแต่ละกิจกรรมระหว่างเรียน

ส่วนที่ 2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินัยวิศวกรรมของตนเอง ประเมินจากการทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินัยวิศวกรรมของตนเอง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยใช้การทดสอบ t (t-test dependent of samples)

ระยะที่ 4: การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร : (การพัฒนา Development (D_2)) เป็นขั้นตอนในการนำผลที่ได้จากการทดลองใช้หลักสูตรและการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรในระยะที่ 3 มาประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้หลักสูตรฉบับปรับปรุงสมบูรณ์

สรุปผลการวิจัย

ประเด็นที่ 1 ผลการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการศึกษารองคูประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศกรรม พบว่า มีองคูประกอบ 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะ มี 5 องคูประกอบย่อยและมี 21 ตัวบ่งชี้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

จิตินัยวิศกรรม หมายถึง รูปแบบความคิดและการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างนวัตกรรมโดยใช้หลักการทางวิศวกรรม ซึ่งรวมถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ ซึ่งประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์ การทดลองซ้ำ การมองระบบโดยรวม และการทำงานอย่างเป็นเหตุเป็นผล พฤติกรรมทางการคิดที่เป็นอัตโนมัติเมื่อพบกับปัญหาบนแนวคิดของวิชาวิศวกรรมที่เป็นไปตามความเคยชิน ความคุ้นเคยในกระบวนการทางวิศวกรรม โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหา เพื่อแก้ปัญหาตรงหน้าได้อย่างคล่องแคล่วโดยระลึกว่าเป็นการพัฒนาความคิดของตนเองตลอดเวลา สามารถจัดการตนเองได้ มีความรับผิดชอบ ถ่ายทอดความคิดผ่านการออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน คำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานและสามารถทำงานเป็นทีมได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการหาคำตอบของปัญหาได้ในที่สุด ซึ่งสามารถพิจารณาตามองคูประกอบของจิตินัยวิศกรรม ดังนี้

จิตินัยวิศกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยองคูประกอบหลัก 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ ด้านคุณลักษณะ โดยในแต่ละด้านจะประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ พฤติกรรมบ่งชี้ หมายถึง การกระทำ หลักฐาน ร่องรอยสิ่งที่มีหรือบ่งบอกถึงพฤติกรรม ความสามารถ ที่เป็นไปตามกรอบขององคูประกอบจิตินัยวิศกรรมในแต่ละด้าน แสดงรายละเอียด องคูประกอบหลัก 3 ด้านและพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1. ด้านความรู้

องคูประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และสามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ปืนกาว มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านความรู้สหวิชาได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้

K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้

2. ด้านทักษะ

องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาคำตอบ ทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ ซึ่งลำดับของการคิดวิเคราะห์คือ 1.1 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาระบบสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ 1.2 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ 1.3 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ 2. คิดคำนวณ ซึ่งลำดับของการคิดคำนวณคือ 2.1 นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรกและอันดับสุดท้ายได้ 2.2 นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาได้ 3. คิดแก้ปัญหา นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4. คิดสังเคราะห์ นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถประเมินผลลัพธ์นั้นได้ว่าเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง 5. คิดสร้างสรรค์ ซึ่งลำดับขั้นของการคิดสร้างสรรค์คือ 5.1 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาเป็นรูป sketch ได้ 5.2 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์จากผลข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นชิ้นงาน โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านทักษะการคิดอย่างเป็นระบบได้ 9 พฤติกรรมดังนี้

S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาระบบสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้

S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้

S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้

S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้

S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด

S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาสามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง

S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา

S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน

3. ด้านคุณลักษณะ

องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการทำงานเป็นทีมได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้เหมาะสมตามความถนัด

A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา

A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม

องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสารทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้วเพื่อนเน้นย้ำความเข้าใจ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการสื่อสารได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด

A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน

A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน

องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความเห็นโดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วง ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการเป็นผู้นำได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน

A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ

A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง หมายถึง การเข้าใจและรับรู้ถึงกระบวนการคิด วิธีการทำงาน และแนวโน้มพฤติกรรมของตนเองในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม ได้แก่ วิธีคิดอย่างเป็นระบบ การทดลองและปรับปรุง การใช้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ และการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ สามารถสะท้อน (reflect) ถึงวิธีที่ตนเองคิดและตัดสินใจ และสามารถพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งวัดจาก การทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง โดยเป็นแบบประเมินตนเองในลักษณะของ Rating Score

ประเด็นที่ 2 ผลการพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการตรวจสอบจนมีประสิทธิภาพทั้งในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. ด้านความเหมาะสมของหลักสูตร

1.1 หลักการของหลักสูตร

ด้านหลักการของหลักสูตร มีจุดเด่นที่การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมที่ออกแบบไว้ด้วยตัวเองเปรียบเทียบคือเวลามากกว่า 80 % นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ตรงด้วยตนเอง จากปรัชญาการศึกษาพัฒนาการนิยมและแนวคิดการจัดการศึกษาแบบ signature pedagogy ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพในประเด็นความเหมาะสมของหลักการของหลักสูตรก่อนปรับปรุงตามคำแนะนำ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 พิจารณภาพรวมอยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

1.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร คือ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยวิศวกรรมและมีความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ในหลักสูตร ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพในประเด็นความเหมาะสมของหลักการของหลักสูตรก่อนปรับปรุงตามคำแนะนำ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 พิจารณภาพรวมอยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด

1.3 เนื้อหาของหลักสูตร

เนื้อหารายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมนี้ออกแบบมาโดยการสำรวจและอ้างอิงจากปัญหาทางวิศวกรรมในแต่ละสาขาและปริมาณความต้องการของสังคมที่มีต่อวิศวกรในสาขานั้น ทำให้เนื้อหาในรายวิชามีความหลากหลายทางสาขาที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมซึ่งจะช่วยเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการสวมบทบาทในการแก้ปัญหาตามสาขาวิชาวิศวกรรมด้วย ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพในประเด็นความเหมาะสมของหลักการของหลักสูตรก่อนปรับปรุงตามคำแนะนำ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.7 พิจารณภาพรวมอยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

1.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหลักสูตรจะประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การใช้ปัญหาเป็นฐาน การใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นต้น ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะมีสิ่งที่เหมือนกันคือเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพในประเด็นความเหมาะสมของหลักการของหลักสูตรก่อนปรับปรุงตามคำแนะนำ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.6 พิจารณภาพรวมอยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

1.5 สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมมีความหลากหลายเช่น อุปกรณ์ สื่อวีดีโอ เอกสารประกอบการเรียน รวมถึงสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการสร้างสถานการณ์ เป็นต้น

1.6 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

เนื่องจากการวัดจิตินัยในตัวนักเรียนเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้สำหรับการวัดว่าใครมีจิตินัยในระดับใด หลักสูตรนี้จึงมองหาวิธีการสะท้อนพฤติกรรมที่สามารถอ้างอิงได้ว่านักเรียนมีจิตินัยวิศวกรรม ทำให้มีการใช้วิธีการวัดและประเมินที่หลากหลาย ได้แก่ **ด้านความรู้** วัดจาก การทำแบบฝึก/ใบงาน โดยประเมินในลักษณะของ Scoring Rubrics **ด้านทักษะ** วัดจาก การทำ Mind Mapping และ การสร้างชิ้นงาน โดยประเมินในลักษณะของ Scoring Rubrics **ด้านคุณลักษณะ** วัดจาก การตอบแบบประเมิน 360 องศา โดยประเมินในลักษณะของ Rating Scale ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพในประเด็นความเหมาะสมของหลักการของหลักสูตรก่อนปรับปรุงตามคำแนะนำ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.04 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.8 พิจารณภาพรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมาก

สรุปในภาพรวมหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในด้านความเหมาะสมพบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.32 และส่วนเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.69 ซึ่งสามารถแปลผลได้ว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 และสูงสุด 4.80)

2. ด้านความสอดคล้องของหลักสูตร

ประกอบด้วยประเด็นคำถามได้แก่

- 2.1. หลักการของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร
- 2.2. หลักการของหลักสูตรกับคำอธิบายรายวิชา
- 2.3. หลักการของหลักสูตรกับโครงสร้างรายวิชา
- 2.4. หลักการของหลักสูตรกับแนวทางการจัดการเรียนรู้
- 2.5. หลักการของหลักสูตรกับการประเมินผลหลักสูตร
- 2.6. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับคำอธิบายรายวิชา
- 2.7. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับโครงสร้างรายวิชา
- 2.8. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับแนวทางจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 2.9. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับการประเมินผลหลักสูตร
- 2.10. คำอธิบายรายวิชากับโครงสร้างรายวิชา

- 2.11. คำอธิบายรายวิชากับแนวทางการจัดการเรียนรู้
- 2.12. คำอธิบายรายวิชากับการประเมินผลหลักสูตร
- 2.13. โครงสร้างรายวิชากับแนวทางการจัดการเรียนรู้
- 2.14. เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 2.15. เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้กับการวัดผลและประเมินผล
- 2.16. แนวทางการจัดการเรียนรู้กับการประเมินผลหลักสูตร

ในด้านความสอดคล้องเมื่อนำข้อมูลที่ได้จาก IOC มาแปลงผลทางสถิติค่าเฉลี่ยพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 เมื่อพิจารณาระหว่างองค์ประกอบ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบในหลักสูตรอยู่ระหว่าง 0.800 – 1.00 ซึ่งสามารถแปลผลได้ว่ามีความสอดคล้อง จากผลการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง สามารถกล่าวได้ว่าหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นหลักสูตรขึ้นตามแนวคิดปรัชญาการศึกษาแบบพัฒนาการนิยม โดยรูปแบบของการจัดการศึกษาจะเน้นที่การสร้างประสบการณ์ความรู้ของนักเรียนโดยไม่ยึดติดกับเนื้อหาความรู้ แต่เน้นที่ทักษะและการลงมือปฏิบัติ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการค้นคว้าสร้างองค์ความรู้และสรุปความรู้ในรูปแบบของตนเองได้ ความรู้ที่นักเรียนได้กลั่นกรองออกมาจากกระบวนการคิดในลักษณะนี้จะติดตัวนักเรียนไปได้ในระยะยาวมากกว่าการสอนแบบชี้ให้เห็นผ่านการจัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งจิตนิสัยวิศวกรรมนี้จะช่วยให้นักเรียนมีทักษะทางการคิดและคุณลักษณะที่ดีต่อการศึกษาต่อในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาหรือระดับที่สูงขึ้น เมื่อเรียนจบจากหลักสูตรแล้วนักเรียนสามารถนำจิตนิสัยวิศวกรรมไปใช้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และเป็นการปลูกฝังทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยให้เกิดคุณลักษณะของนักเรียนสาขาวิชาวิศวกรรม ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตและเลือกที่จะต่อยอดความรู้ในสาขาวิชาวิศวกรรม

เนื่องจากการวิศวกรรมศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เน้นตอบโจทย์ด้านการแก้ปัญหา ดังนั้น โครงสร้างรายวิชาของหลักสูตรจึงประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาที่อ้างอิงจากชีวิตจริง สถานการณ์จำลองที่มีความใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันมากที่สุด เนื้อหาทั้งหมดจึงประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์ในหลาย ๆ สาขา จึงทำให้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิง

วิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ 6 หน่วย ได้แก่ หน่วยที่ 1 วิศวกรรมโครงสร้าง/วิศวกรรมโยธา ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 2 กิจกรรม คือ 1. Bridge (สะพาน) และ 2. Earthquakes (แผ่นดินไหว) หน่วยที่ 2 วิศวกรรมเครื่องกล/กลศาสตร์ ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 2 กิจกรรม คือ 3. Hydraulic Lift (ลิฟท์ไฮดรอลิก) และ 4. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง) หน่วยที่ 3 วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 2 กิจกรรม คือ 5. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน) และ 6. Solar Lighter (ไฟแช็คแสงอาทิตย์) หน่วยที่ 4 วิศวกรรมไฟฟ้า ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 2 กิจกรรม คือ 7. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต) และ 8. Paper Speaker (ลำโพงกระดาษ) หน่วยที่ 5 วิศวกรรมหุ่นยนต์ ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 2 กิจกรรม คือ 9. Robot Hand (มือหุ่นยนต์) และ 10. Jumping Robot (หุ่นยนต์กระโดด) และหน่วยที่ 6 วิศวกรรมเคมี ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 2 กิจกรรม คือ 11. Soda Rocket (จรวดโซดา) และ 12. Slime Making (สร้างสไลม์) โดยใช้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บทบาทของครูจะเป็นผู้คอยให้คำแนะนำนักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทุกขั้นตอนในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบในหลักสูตรจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า หลักสูตรโดยภาพรวมมีความเหมาะสมมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.32 และค่าส่วนเบี่ยงมาตรฐานเท่ากับ 0.69 มีความสอดคล้องกันระหว่างองค์ประกอบเท่ากับ 0.93 และเมื่อพิจารณาระหว่างองค์ประกอบ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบในหลักสูตรอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 แสดงว่าหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสอดคล้องตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ นั่นคือ หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีรายละเอียดดังนี้

1 จิตนิสัยวิศวกรรม ประเมินจากคะแนนที่ได้จากการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรม ทั้ง 3 ด้านในแต่ละกิจกรรมระหว่างเรียน

จากการวิเคราะห์ผลการประเมิน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นระหว่าง การเรียนโดยพิจารณาจากภาพรวมของคะแนนตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 จนถึง กิจกรรมที่ 7 จากตาราง 18 บทที่ 4 ซึ่งให้เห็่นว่านักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นจากการใช้หลักสูตร แต่มีจุดสังเกตคือด้านทักษะที่ นักเรียนมีการประเมินอยู่ในระดับต่ำมากมาโดยตลอดแต่มีระดับสูงมากในกิจกรรมที่ 6 และ กิจกรรมที่ 7 ซึ่งในกิจกรรมที่ 6 และ กิจกรรมที่ 7 นั้นเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับเคมี ที่นักเรียนมีโอกาสได้ ลงมือปฏิบัติอย่างสนุกสนานและมีอุปกรณ์ที่มากเพียงพอสำหรับให้นักเรียนแก้ตัวได้ แต่ในการจัด กิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 5 เป็นเนื้อหาที่มีการจำกัดอุปกรณ์ในการปฏิบัติ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ นักเรียนไม่สามารถแก้ตัวได้เมื่อการปฏิบัตินั้นเกิดความผิดพลาดไป ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้ไข จากอุปกรณ์ที่เหลือได้ และในส่วนของด้านคุณลักษณะที่มีผลการประเมินสูงมากตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 นั้นคือนักเรียนให้ความสนใจกับการสวมบทบาทการทำงานของวิศวกรและจากการทำแบบ ประเมิน 360 องศาที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และจากคะแนนภาพรวมที่ บ่งบอกว่านักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นนั้น สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 1 นั่นคือ จิตินิสัยวิศวกรร มของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัย วิศวกรรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พัฒนาขึ้นในช่วงเวลาระหว่างเรียน

2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรของตนเอง ประเมินจากการทำ แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรของตนเอง เปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยใช้การทดสอบค่า t (t-test dependent of samples)

จากการวิเคราะห์ผลการประเมิน พบว่า คะแนนเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อ จิตินิสัยวิศวกรรของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการใช้หลักสูตรรายวิชาการ คิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนการ ใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสามารถแสดงผลค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 84.95 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 98.59 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 ความ ตระหนักรู้ที่มีต่อจิตินิสัยวิศวกรรของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรรายวิชาการ คิดเชิงจิตินิสัยวิศวกรรเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลัง เรียนสูงกว่าก่อนเรียน

การอภิปรายผล

จากการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัย วิศวกรรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อ

ส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งทำให้นักเรียนที่เรียนในหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้มีความตระหนักรู้และพัฒนาการด้านจิตินัยวิศวกรรมเพิ่มขึ้นในระดับมาก อาจเนื่องมาจาก

1. จากผลการวิจัย พบว่า “องค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก 5 องค์ประกอบย่อยและ 21 ตัวบ่งชี้ โดยมีแนวคิดเพื่อการส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมและเพื่อให้สอดคล้องกับวิธีการวัดประเมินเพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตร ซึ่งเป็นคุณค่าที่พบจากการวิจัยนี้คือ มีแนวทางความชัดเจนในการส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม และมีคุณภาพตามเกณฑ์การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาเอกสาร วิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิดต้นแบบเรื่องจิตินัยวิศวกรรม โดยเริ่มต้นจาก ทักษะความคิดเชิงวิศวกรรม (Engineering Thinking) ซึ่งเป็นวิธีการคิดในรูปแบบของวิศวกร ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาจากความรู้ที่มีสู่การประยุกต์และคิดสร้างสรรค์จนเกิดเป็นวิธีการที่นำไปใช้ได้จริง (อ้างอิงจาก S. Waks, E. Trotskovsky, N. Sabag, O. Hazzan, 2011) ซึ่งประกอบด้วยหลักการคิดดังนี้ 1) เป้าหมาย (Aims) ตั้งปัญหาเพื่อเป็นเป้าหมายในการแก้ปัญหาในขั้นต้น 2) ความรู้และเครื่องมือที่มี (Knowledge and Tools) สรรวจความรู้และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา 3) ความคิด (Thinking) เป็นขั้นการคิดเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหาจากสิ่งที่มีคือความรู้และเครื่องมือที่ได้จากการสำรวจในขั้นที่ 2 โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาคือ 4) สภาพแวดล้อม (Environment) การแก้ปัญหามักจะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการลงมือแก้ปัญหา เพราะเครื่องมือหรือการแก้ปัญหามักบางอย่างอาจไม่สามารถแก้ได้ดีถ้าอยู่ในโลกความเป็นจริง 5) แรงจูงใจแห่งความสำเร็จ (Motivation of Success) ในการแก้ปัญหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จอีกประการก็คือแรงจูงใจซึ่งส่งผลแก่ผู้แก้ปัญหามาก

จากแนวคิดนี้จึงทำให้เกิดคำถามต่อว่าทักษะทางวิศวกรรมนี้ ถ้าหากว่าการศึกษสามารถปลูกฝังทักษะให้อยู่ในระดับสูงขึ้นมากกว่าทักษะคือการไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นธรรมชาติ การให้ทักษะอย่างเคยชินโดยที่ไม่ต้องพิจารณาว่าควรใช้หรือไม่ควรใช้ การคิดอย่างเป็นอัตโนมัติ ซึ่งนั่นคือการมีจิตินัย (Habits of Mind) หากนำจิตินัยนี้ไปประยุกต์เข้ากับวิศวกรรมศาสตร์และทำให้บุคคล ๆ นั้นมีจิตินัยที่ผ่านการฝึกฝนมานาน เราจะได้บุคลากรที่มีคุณภาพมากกว่าการเรียนเพียงระดับอุดมศึกษาหรือไม่ ซึ่งบิลและเจเนท (B. Lucas and J. Hanson, 2016) ได้อธิบายเอาไว้ว่าลักษณะความคิดที่เคยชินหรือจิตินัยที่พึงประสงค์ของวิศวกรมีทั้งหมด 6 ประการดังนี้ 1)

การคิดอย่างเป็นระบบ (Systems-Thinking) เป็นการคิดแบบเป็นขั้นเป็นตอนและคิดสมมติฐานบนพื้นฐานที่เป็นเหตุเป็นผล 2) การค้นหาปัญหา (Problem-Finding) เป็นการค้นหาลักษณะที่เป็นปัญหาที่ต้องการตรวจสอบ การค้นหาความกระจ่างจากสิ่งที่ไม่แน่ใจ 3) การนำเสนอ (Visualising) เป็นการทำให้ความคิดที่เป็นนามธรรมออกมาเป็นรูปธรรมให้มากที่สุดโดยผ่านการนำเสนอหรือถ่ายทอดให้เห็นทางภาพ 4) การปรับปรุงสิ่งที่มี (Improving) เป็นทำให้สิ่งที่มีหรือวิธีการแก้ปัญหาเดิมมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือการไม่ลดละที่จะแก้ปัญหา ผ่านการลงมือทำ เช่น การสังเกตภาพ การออกแบบขั้นตอนอย่างคร่าวๆ 5) การสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหา (Creative Problem-Solving) เป็นการประยุกต์สิ่งที่มีหรือการคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาใหม่จากการสังเกตหรือการสรรหาวิธีการของคนอื่นและนำมาประยุกต์ในงาน 6) การตรวจสอบประสิทธิผลของคำตอบ (Adapting) หลังจากที่ใช้ลงมือแก้ปัญหาแล้วให้ตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาและวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา และเพื่อประเมินว่าสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้หรือไม่

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเอาแนวคิดเรื่องจิตนัยวิศวกรรมนี้มาเป็นฐานในการพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากผ่านการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนัยวิศวกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งให้แนวคิดว่าการปลูกฝังจิตนัยให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อาจจะเร็วเกินไปสำหรับเนื้อหาที่กว้างขนาดนี้ ฉะนั้น หากเรากำหนดเนื้อหาที่จำเป็นเบื้องต้นเพื่อเป็นการต่อยอดไปสู่ทักษะที่สูงขึ้นย่อมดีกว่าการใส่ข้อมูลทั้งหมดให้นักเรียน จึงทำให้ได้องค์ประกอบและตัวชี้วัดจิตนัยวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักนั่นคือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะ มี 5 องค์ประกอบย่อยคือ 1.ความรู้สึทวิชา 2.การคิดอย่างเป็นระบบ 3.การทำงานเป็นทีม 4.การสื่อสาร 5.การเป็นผู้นำ และมี 21 ตัวบ่งชี้

2. จากผลการวิจัย พบว่า หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นหลักสูตรที่สามารถทำให้นักเรียนมีโอกาสในการเรียนรู้สาขาวิชาทางวิศวกรรมผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีจุดเด่น คือ เน้นนักเรียนศูนย์กลางและความหลากหลายในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาวิศวกรรม เพื่อตอบโจทย์การจัดการเรียนรู้ในวิชาเฉพาะทางด้านวิศวกรรม ซึ่งผ่านการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านสาขาวิศวกรรมและผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอน ทั้งในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง ซึ่งมีผลการประเมินประสิทธิภาพจากความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบหลักสูตรโดยรวมภาพมีประสิทธิภาพในระดับมากถึงมากที่สุด และมีความสอดคล้องจากการประเมินโดย

ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และดำเนินการพัฒนาหลักสูตรตามแนวคิดของไทเลอร์และทาบา โดย
แบ่งเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ระยะที่ 2 การสร้างหลักสูตร
และหาประสิทธิภาพของหลักสูตร ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร ระยะที่ 4 การประเมินผลและ
ปรับปรุงหลักสูตร ซึ่งประกอบด้วย หลักการของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ความหมาย
ของจิตนิสัยวิศวกรรม คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ และการประเมินผลหลักสูตร ซึ่งเป็นองค์ประกอบของหลักสูตรตามที่ได้จาก
สังเคราะห์แนวคิดของไทเลอร์ จะมีการวางโครงสร้างของหลักสูตรไว้ในมุมกว้างโดยจะหาศักยภาพ
ที่สำคัญมาวางเป็นหัวข้อ ในทำนองเดียวกันทาบาจะมีการวางโครงสร้างหลักสูตรโดยการเพิ่มเติม
รายละเอียดของวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ให้เป็นไปตามทิศทางของที่สังคมต้องการ และองค์ประกอบ
ของหลักสูตรตามแนวคิดของโอลิวาจะมีลักษณะการกำหนดจุดประสงค์เช่นเดียวกับทาบาและมี
การวางโครงสร้างที่ใกล้เคียงกัน ในส่วนที่แตกต่างคือองค์ประกอบหลักสูตรของโอลิวาจะเป็น
หลักสูตรที่มีการประเมิน ปรับปรุง และพัฒนาในส่วนของจุดมุ่งหมายและจุดประสงค์ของหลักสูตร
อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรมาใช้ในการวางศักยภาพสำคัญและ
กำหนดจุดมุ่งหมายรายละเอียดตามที่หลักสูตรการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม
ต้องการตอบสนองคือการพัฒนาให้นักเรียนให้มีระดับของจิตนิสัยวิศวกรรมตามจุดมุ่งหมายของ
หลักสูตร ซึ่งส่วนประกอบของหลักสูตรที่จำเป็นต้องพิจารณาลึกลงไปคือแนวทางการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

L. Shulman., (2005), ได้ให้นิยามของการจัดการศึกษาที่เป็นเอกลักษณ์ที่เป็น
สัญลักษณ์ (Signature Pedagogies) เอาไว้ว่า “รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถวางโครงสร้าง
การเรียนรู้ ที่เข้าถึงหัวใจสำคัญของเส้นทางในอนาคตที่ผู้เรียนเลือกเดินได้นั้น คือการศึกษาที่ทำให้
ผู้เรียนกลายเป็นผู้เชี่ยวชาญ” ซึ่งก็คือการจัดการศึกษาให้มีความเป็นไปได้ต่อการอำนวยความสะดวก
สิ่งแวดล้อมให้ผู้เรียนได้สัมผัสถึงบทบาทสมมติในแต่จัดการเรียนรู้เฉพาะด้าน แต่สภาพแวดล้อมที่
เหมาะสมยังไม่เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้ ครูก็มีบทบาทสำคัญต่อการจัดเรียนรู้เช่นกัน ซึ่ง
สอดคล้องกับแนวคิดของ ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556) ซึ่งกล่าวว่าครูเป็นผู้สร้างบรรยากาศในการ
เรียนรู้ ครูต้องมีการจัดการชั้นเรียนที่เปิดโอกาสการเรียนรู้ในห้องเรียนไปเป็นด้วยความสุขและ
ความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่ายากเข้าใจอยากเรียนรู้บทเรียนในชั้นเรียน
ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมจึงควรเป็นการจัดการเรียนรู้โดย
เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อให้นักเรียนได้สวมบทบาทการเป็นวิศวกรที่

อยู่ในสถานการณ์โดยครุมีบทบาทในการแนะนำและให้แรงกระตุ้น ฉะนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานจึงเป็นแนวทางที่ตอบโจทย์ในการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมได้

ลักษณะการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของหลักสูตร การออกแบบการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมหลายด้านแม้กระทั่งเรื่องเวลา สภาวิศวกรรม (The Engineering Council, 2010) แห่งสหราชอาณาจักร กล่าวว่า วิศวกรใช้การตัดสินใจและประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเมื่อข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีไม่เพียงพอต่อการหาคำตอบ วิศวกรจะใช้วิธีจำกัดความเสี่ยงโดยจะตระหนักความเสี่ยงจากสิ่งที่มนุษย์มักจะทำผิดพลาด ให้อยู่ในระดับที่คงที่หรือตัดสิ่งที่เป็นความเสี่ยงออกไปจากวิธีการแก้ปัญหา สหพันธ์วิศวกรรมนานาชาติ (The International Engineering Alliance, 2013: 1 – 16) กล่าวว่า วิศวกรเป็นที่นึกถึงอันดับต้น ๆ ของผู้คน เมื่อเขาคิดจะพัฒนาอะไรสักอย่างวิศวกรจะเป็นผู้ให้บริการในมุมมองของมืออาชีพ ซึ่งวิศวกรจะใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องหรือจำเป็นในการดำเนินการเพื่อให้สำเร็จตามเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นแอฟริเคชั่นทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทั่วไป ความรู้ที่ใช้งานจนเชี่ยวชาญผ่านการจดจำด้วยร่างกาย เทคนิคและเทคโนโลยีต่าง ๆ วิศวกรจะเป็นผู้ค้นหาวัตถุกรรมเพื่อมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพหรือใช้เพื่อทำนายความเป็นไปได้ให้มีความคงที่และแม่นยำมากที่สุดบนความไม่แน่นอน ซึ่งวิศวกรจะต้องมีความรับผิดชอบและจรรยาบรรณต่อการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่คำนึงถึง ผลทางเศรษฐกิจ ผลของความปลอดภัย ผลกระทบต่อธรรมชาติเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถจัดการความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในวัฏจักรชีวิต ซึ่งในมุมมองบทความทางวิศวกรรม วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรอีกหลายท่าน (Beder S. 1999: 12 – 18, Reed S. et al., 2011: 14 – 88, Adams S., 2000, Website: What is Engineering, Website Tomorrow's Engineers, Website: Engineering Council) ได้ให้สัมภาษณ์และให้ความเห็นเกี่ยวกับการเป็นวิศวกรและการคิดอย่างไรให้ใกล้เคียงกับวิศวกรซึ่งสามารถสรุปได้ว่า วิศวกรจะบูรณาความรู้ที่มีในสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในโลกจริง ซึ่งวิศวกรจะมีพื้นฐานความคิดอยู่ 2 ประการหลักคือ ทุกสิ่งทุกอย่างสามารถปรับปรุงและแก้ไขได้ และ ทุกสิ่งที่คิดว่าไม่มีส่วนที่ต้องแก้ไขเมื่อได้ใช้เวลาร่วมกับสิ่งนั้น การออกแบบการเรียนรู้วิศวกรรมจึงมีฐานความคิดจากการคิดอย่างไรให้มีความคล้ายคลึงกับวิศวกร ทำให้การจัดการเรียนรู้วิศวกรรมนั้นควรส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการคิดในเชิงวิศวกรรมและควรเป็นความคิดที่ไม่หยุดนิ่งที่จะพัฒนาตนเองและกล้ายอมรับใน

ความท้าทายใหม่ ๆ กับการเผชิญหน้าปัญหาสิ่งเหล่านี้สามารถปลูกฝังได้ด้วยการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

3. จากผลการวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้ง 2 ส่วน คือ 1) จิตนิสัยวิศวกรรม ซึ่งประเมินจากคะแนนที่ได้จากการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้านในแต่ละกิจกรรมระหว่างเรียน และ 2) ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ซึ่งการวัดและประเมินผลหลักสูตร 2 ส่วนเป็นการประเมินที่ผู้วิจัยต้องพิจารณาเป็นอย่างยิ่ง นั่นคือ การประเมินผู้เรียนถึงระดับจิตนิสัยวิศวกรรม และการประเมินหลักสูตรว่ามีประสิทธิภาพเพียงใด หากต้องการให้หลักสูตรเกิดประสิทธิผลนั้นคือต้องทำให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยวิศวกรรม แต่ทว่าจิตนิสัยเป็นสิ่งที่ไม่สามารถวัดด้วยแบบวัดเชิงเดียวได้ ฉะนั้นการวัดระดับจิตนิสัยจึงต้องใช้เครื่องมือที่หลากหลายในการสะท้อนความคิดหรือนิสัยให้ออกมาอย่างเป็นรูปธรรมให้มากที่สุด ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดการประเมินจิตนิสัยโดยตัวนักเรียนเอง จากเพื่อนและจากครู โดยการประเมินผลด้านความรู้ใช้การประเมินผลจากแบบฝึก/ใบงาน การประเมินผลด้านทักษะใช้การประเมินผลจาก Mind Mapping และ ชิ้นงาน และด้านคุณลักษณะใช้การประเมิน 360 องศาโดยตนเอง เพื่อนและครู ซึ่งก่อนการเริ่มใช้หลักสูตรผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำแบบประเมินความตระหนักรู้ของตนเองที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมเป็นการทำความเข้าใจตนเองในขั้นตอนแรกและทำการประเมินแบบแยกส่วนด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะรายคาบเพื่อสังเกตว่าจิตนิสัยวิศวกรรมพัฒนาขึ้นในช่วงเวลาระหว่างเรียน ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผลการใช้งานหลักสูตรแสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้าน ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 7 ของนักเรียนพัฒนาขึ้น เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากนักเรียนรายบุคคลและทั้งชั้นเรียนมาวิเคราะห์ผล (อ้างอิงจากภาคผนวก ง.) พบว่าจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนพัฒนาขึ้นในช่วงเวลาระหว่างเรียน เปรียบเทียบตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 ถึง กิจกรรมที่ 7 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนในแต่ละกิจกรรมเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ด้าน ดังนั้น หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลจึงเป็นหลักสูตรที่สมบูรณ์ตามเป้าหมายของงานวิจัยนี้ สามารถใช้เป็นต้นแบบการจัดการเรียนรู้อวิศวกรรมในระดับชั้นมัธยมศึกษาได้ และในส่วนของความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนก่อนและหลังการใช้หลักสูตร พบว่า ผลการวิเคราะห์จิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยพิจารณา

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองจากตาราง 19 สูงขึ้นหลังการใช้หลักสูตร และจากข้อมูลประกอบในภาคผนวก ง. แสดงผลว่า พบว่าความตระหนักรู้ของนักเรียนในด้านความรู้ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นหลังการใช้หลักสูตรเช่นกัน แสดงว่า นักเรียนที่ผ่านการใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตระหนักได้ว่าจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นดังข้อมูลที่แสดงไว้ในภาคผนวก ง.

ข้อเสนอแนะในการนำหลักสูตรไปใช้

1. จากผลการวิจัยจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของจิตนิสัยวิศวกรรมที่กล่าวถึงความรู้ ทักษะและคุณลักษณะเบื้องต้นที่สามารถฝึกฝนให้กับนักเรียนในช่วงวัยที่เหมาะสม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อใช้สำหรับวิจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงด้านตัวแปรเช่นระดับชั้นการศึกษา หรือ จุดมุ่งหมายของการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

2. ผู้สอนที่นำหลักสูตรไปใช้สามารถปรับเวลาการจัดกิจกรรมได้ ซึ่งควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มากกว่า 2 คาบ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้กำหนดไว้เป็นคาบละ 45 นาที เนื่องจากกิจกรรมที่ส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมที่มีระยะเวลามากขึ้นจะช่วยให้นักเรียนมีเวลาในการพิจารณาเพิ่มเติม ส่งผลต่อการจัดกลุ่มนักเรียนให้เล็กลงเพื่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และครูสามารถมีเวลาให้คำแนะนำนักเรียนเพิ่มขึ้นได้ นักเรียนสามารถมีเวลาในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นมากขึ้น

3. แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่นำเสนอ เป็นเพียงแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมให้กับผู้เรียนครูสามารถปรับปรุงแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพแวดล้อม ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวนครูหรือบุคลากรที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หรือสามารถเรียงลำดับเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้

4. ครูเป็นผู้จำลองสถานการณ์และจัดบรรยากาศเพื่อการเรียนรู้ โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ควรนำหลักสูตรนี้ไปใช้ในลักษณะของการจัดกิจกรรมที่มีชีวิตชีวามากกว่าการนั่งจดบันทึก

5. สถานการณ์ปัญหาที่ใช้ในหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมนี้อาจต้องมีการปรับปรุงและปรับเปลี่ยนเนื้อหาทุก ๆ ภาคการศึกษา เนื่องจากในอนาคตสถานการณ์ปัญหาที่ล้าหลังหรือเก่าเกินไปอาจไม่ส่งผลให้นักเรียนเกิดพัฒนาการได้

6. หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมนี้สามารถใช้งานได้กับนักเรียนที่อยู่วิชาเอกอื่น หรือแผนการเรียนอื่น เช่น แผนการเรียนวิทย์-คณิต แผนการเรียนเน้นด้านวิทยาศาสตร์ โดยต้อง ปรับไปเทคนิคการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทผู้เรียนและจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ ด้วย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยสำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่หลากหลาย เช่น มัธยมศึกษาตอนปลาย มัธยมศึกษาตอนต้น หรือระดับประถมศึกษา เพื่อเป็นการขยายขอบเขตประชากรและเพื่อเป็น ประโยชน์ในการพัฒนานักเรียน ที่มีคุณภาพสาขาวิชาชีพวิศวกรรมในระยะยาว



บรรณานุกรม

- Adams, J., Kaczmarczyk, S., Picton, P., & Demian, P. (2010). Problem solving and creativity in engineering: conclusions of a three year project involving reusable learning objects and robots. *Engineering education*, 5(2), 4-17.
- Alliance, I. E. (2013). Graduate attributes and professional competencies. *Version 3*.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition*: Addison Wesley Longman, Inc.
- Antink-Meyer, A., & Brown, R. A. (2019). Nature of engineering knowledge: an articulation for science learners with nature of science understandings. *Science & Education*, 28, 539-559.
- Arends, R. (1994). Learning to Teach. New York: Mc Grow-Hill. In: Inc.
- Armstrong, D. G. (2003). Curriculum today. *(No Title)*.
- Beder, S. (1999). Beyond technicalities: Expanding engineering thinking. *Journal of professional issues in engineering education and practice*, 125(1), 12-18.
- Bergsmann, E., Schultes, M.-T., Winter, P., Schober, B., & Spiel, C. (2015). Evaluation of competence-based teaching in higher education: From theory to practice. *Evaluation and program planning*, 52, 1-9.
- Beyer Barry K. (1985). Critical Thinking: What is it? *Social Education*, 49, 270-276.
- Bielefeldt, A. R., & Rulifson, G. (2016). *Attitudes that Students Believe Best Characterize Engineers*. Paper presented at the 2016 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables* (Vol. 210): John Wiley & Sons.
- Bono, E. d. (1967). The use of lateral thinking. *Estados Unidos: Intl Center for Creative Thinking*.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of engineering education*, 97(3), 369-387.
- Burghardt, M. D. (1999). Introduction to engineering design and problem solving. *(No*

Title).

- Çalik, M., & Coll, R. K. (2012). Investigating socioscientific issues via scientific habits of mind: Development and validation of the scientific habits of mind survey. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1909-1930.
- Capobianco, B. M., Diefes-Dux, H., Mena, I., & Weller, J. (2011). What is an Engineer? Implications of Elementary School Student Conceptions for Engineering Education. *Journal of engineering education*, 100, 304-328.
- Castelle, K. M., & Jaradat, R. M. (2016). Development of an instrument to assess capacity for systems thinking. *Procedia Computer Science*, 95, 80-86.
- Chou, P.-N., & Chen, W.-F. (2017). Elementary School Students' Conceptions of Engineers: A Drawing Analysis Study in Taiwan. *International Journal of Engineering Education*, 33, 476-488.
- Conrad, J. M. (1994). *Introduction to engineering concepts for middle, junior high, and high school teachers*. Paper presented at the Proceedings of 1994 IEEE Frontiers in Education Conference-FIE'94.
- Costa, A., & Kallick, B. (2000a). Habits of mind: A developmental series. In: Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Costa, A. L., & Kallick, B. (2000b). Discovering and exploring habits of mind. *Explorations in Teacher Education*, 36, 36-38.
- Council, N. R., & Education, C. o. S. f. K.-E. (2010). *Standards for K-12 engineering education?* : National Academies Press.
- Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J. (1996). Habits of mind: An organizing principle for mathematics curricula. *The Journal of Mathematical Behavior*, 15(4), 375-402.
- Darling-Hammond, L., & McLaughlin, M. W. (1995). Policies that support professional development in an era of reform. *Phi delta kappan*, 76(8), 597-604.
- Daud, D., Ahmad, H., & Johari, H. (2012). Oliva model in malaysian logistics curriculum: a conceptual framework paper. *International Journal of Learning and Development*, 2(3), 217-228.
- Dictionary, O. E. (1989). Oxford english dictionary. *Simpson, Ja & Weiner, Esc*, 3.

- Dugan, K. E., Mosykowski, E. A., Daly, S. R., & Lattuca, L. R. (2022). Systems thinking assessments in engineering: A systematic literature review. *Systems research and behavioral science*, 39(4), 840-866.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of engineering education*, 94(1), 103-120.
- Dyson, J. (2021). *Invention: A life*: Simon and Schuster.
- Eggen, P. D., & Kauchak, D. P. (2004). Educational psychology: Windows on classrooms. (No Title).
- Eitelberg, E. (1991). *Optimal estimation for engineers*: NOYB press.
- Engineering, R. A. o. (n.d.). *A guide to evaluating your Ingenious project*. In.
- Fosnot, C. T. (2013). *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*: Teachers College Press.
- Frazee, B., & Rudnitski, R. A. (1995). *Integrated Teaching Methods: Theory, Classroom Applications, and Field-based Connections*: Delmar Publishers.
- Guilford, J. P. (1967). The nature of human intelligence. *New York: Macgraw Hill*.
- Hanson, J., Hardman, S., Luke, S., Maunders, P., & Lucas, B. (2018). Engineering the future: Training today's teachers to develop tomorrow's engineers. *Royal Academy of Engineering, London*.
- Hilgard, E. R. (1953). Introduction to psychology.
- Hu, M., & Shealy, T. (2018). *Methods for measuring systems thinking: Differences between student self-assessment, concept map scores, and cortical activation during tasks about sustainability*. Paper presented at the 2018 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Ismail, A., & Khalifa, O. (2010). Engineering curriculum design and development. *Australian Journal of Islamic Studies*, 2, 7-26.
- Jaradat, R., Hamilton, M. A., Dayarathna, V. L., Karam, S., Jones, P., Wall, E. S., . . . Hsu, G. S. E. (2019). *Measuring individuals' systems thinking skills through the development of an immersive virtual reality complex system scenarios*. Paper presented at the 2019 ASEE Annual Conference & Exposition.

- Johnson Roger, T., & David, W. (1994). An Overview Of Cooperative Learning. In: Creativity and Collaborative Learning.
- Jonassen, D. (1992). Designing constructivist learning. *Constructivism and the technology of instruction: A conversation*, 137-148.
- Khammanee, T. (2004). ศาสตร์ การ สอน องค์ ความ รู้ เพื่อ การ จัด กระบวนการ เรียน รู้ ที่ มี ประสิทธิภาพ [Teaching Science: Body of Knowledge for Making Effective Learning Process]. *Bangkok: Faculty of Education, Chulalongkorn University*.
- Krathwohl, D. R. (2009). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *İkögretim Online (elektronik)*, 8(3), 1-7.
- Lammi, M., Denson, C., & Asunda, P. (2018). Search and review of the literature on engineering design challenges in secondary school settings. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 8(2), 5.
- Lammi, M. D., Wells, J. G., & Gero, J. (2022). High school pre-engineering students' engineering design cognition. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 311-331.
- Lavi, R., Dori, Y. J., & Dori, D. (2020). Assessing novelty and systems thinking in conceptual models of technological systems. *IEEE Transactions on Education*, 64(2), 155-162.
- Lavi, R., Dori, Y. J., Wengrowicz, N., & Dori, D. (2019). Model-based systems thinking: Assessing engineering student teams. *IEEE Transactions on Education*, 63(1), 39-47.
- Li, S., & Xiong, Q. (2011). The structure of engineering project evaluation system: Model and analysis. *Systems Engineering Procedia*, 2, 352-357.
- Lippard, C. N., Lamm, M. H., Tank, K. M., & Choi, J. Y. (2019). Pre-engineering thinking and the engineering habits of mind in preschool classroom. *Early Childhood Education Journal*, 47, 187-198.
- Lucas, B., Claxton, G., & Hanson, J. (2014). *Thinking Like an Engineer: Implications for the education system*.
- Lucas, B., & Hanson, J. (2016). Thinking like an engineer: Using engineering habits of

- mind and signature pedagogies to redesign engineering education.
- (2017). Learning to be an engineer: Implications for the education system.
- Marzano, R. J. (2001). Designing a new taxonomy of educational objectives. In: Corwin Press.
- Marzano, R. J., Pickering, D., & McTighe, J. (1993). *Assessing student outcomes: Performance assessment using the dimensions of learning model*: ERIC.
- Michaluk, L. M., Martens, J., Damron, R. L., & High, K. A. (2016). Developing a methodology for teaching and evaluating critical thinking skills in first-year engineering students. *International Journal of Engineering Education*, 32(1), 84-99.
- Millsap, R. E. (2014). The statistical analysis of method effects in multitrait-multimethod data: A review. *Personality Research, Methods, and Theory*, 93-103.
- Missingham, D., Shah, S., Sabir, F., & Willison, J. (2018). Student engineers optimising problem solving and research skills. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 15(4), 8.
- Oliva, P. F. (2005). Developing the curriculum. *(No Title)*.
- Osman, M. E., & Hannafin, M. J. (1992). Metacognition research and theory: Analysis and implications for instructional design. *Educational technology research and development*, 40(2), 83-99.
- Paris, S. G., Lipson, M. Y., & Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary educational psychology*, 8(3), 293-316.
- Piaget, J. (1952). Jean Piaget.
- Pleasant, J., & Olson, J. K. (2019). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. *Science Education*, 103(1), 145-166.
- Reed, A., Riley, J., Carraway, R., Carrasco, A., Perez, C., Jakkamsetti, V., & Kilgard, M. P. (2011). Cortical map plasticity improves learning but is not necessary for improved performance. *Neuron*, 70(1), 121-131.
- Reimers, J. E., Farmer, C. L., & Klein-Gardner, S. S. (2015). An introduction to the standards for preparation and professional development for teachers of engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*,

5(1), 5.

Ricco, G. D., Girtz, S., & Silliman, S. E. (2017). *Exploring Engineering Mindset*. Paper presented at the 2017 ASEE Annual Conference & Exposition.

Rossi, P. H., Lipsey, M., & Freeman, H. (2004). Expressing and assessing program theory. *Evaluation: A systematic approach*, 7, 133-168.

Sam, L. C., & Yong, H. T. (2006). *Promoting mathematical thinking in the Malaysian classroom: Issues and challenges*. Paper presented at the Meeting of the APEC-Tsukuba International Conference. meeting of the APEC-Tsukuba International Conference, Japan.

Saylor, J. G., & Alexander, W. M. (1974). Planning Curriculum for Scholls. New York, Houghton Mifflin and Winston. In (pp. 22): Inc.

Saylor, J. G., Alexander, W. M., & Caswell, H. L. (1981). Curriculum planning: For better teaching and learning. (No Title).

Schucker, K., Mcvee, M. B., Jarmark, C. J., & Shanahan, L. E. (2024). Exploring engineering habits of mind and disciplinary literacy connections in an elementary afterschool engineering literacies club. *Pedagogies: An International Journal*, 19(1), 38-59.

Shulman, L. (2005). *The signature pedagogies of the professions of law, medicine, engineering, and the clergy: Potential lessons for the education of teachers*. Paper presented at the Talk Delivered at the Math Science Partnerships (MSP) Workshop: "Teacher Education for Effective Teaching and Learning" Hosted by the National Research Council's Center for Education February.

Stake, R. E. (2003). *Standards-based and responsive evaluation*: Sage publications.

Strimel, G. J., Kim, E., Bartholomew, S. R., & Cantu, D. V. (2018). Examining engineering design cognition with respect to student experience and performance.

Taba, H., & Spalding, W. B. (1962). *Curriculum development: Theory and practice* (Vol. 37): Harcourt, Brace & World New York.

Trotsky, E., & Sabag, N. (2016). *Evaluation and Estimation in Engineering education: work in progress*. Paper presented at the INTED2016 Proceedings.

- Tyler, R. W. (2013). Basic principles of curriculum and instruction *Curriculum studies reader E2* (pp. 60-68): Routledge.
- VanGundy, A. B. (1982). *Training your creative mind*: Prentice Hall.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86): Harvard university press.
- Waks, S., Trotskovsky, E., Sabag, N., & Hazzan, O. (2011). Engineering thinking: The experts' perspective. *International Journal of Engineering Education*, 27(4), 838-851.
- Willison, J., Missingham, D., Cheong, M., Papa, T., Baksi, R., Shah, S., & Severino, G. (2016). *Optimising Problem Solving: student and tutor perceptions of problem-solving within mechanical engineering*. Paper presented at the AAEE 2016 Conference.
- Winn, G. L., Lewis, D., & Curtis, R. (2008). Bridging engineering education to high school science teachers using time kits. *Future*, 2005(1).
- Yanavetee, P. W. (2021). ปรัชญา การ ศึกษา กับ รูป แบบ การ จัดการ ศึกษา ของ มหาวิทยาลัย ใน สังคม ไทย. *Journal of MCU Philosophy Review*, 3(2), 1-17.
- Zeid, A. (2020). Deploying Engineering-Based Learning in High School Students STEM Learning. *Athens Journal of Education*, 7(3), 255-271.
- เอกวิทย์ ณ ถลาง. (2521). "ข้อคิดเรื่องหลักสูตร" คู่มือนิเทศการศึกษา. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครูสวนสุนันทา.
- แม่น้ำศ ลีลสัตยกุล. (2545). การพัฒนาจิตนิสัย. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 17(2), 19-28.
- ไพฑูรย์ โพธิ์สาร. (2558). การประเมินตามสภาพจริง. In สารานุกรมศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (Vol. 36, pp. 7 - 8).
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). นิยามคำศัพท์หลักสูตร หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). แผนการพัฒนาศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.

- 2560-2564). กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กุลยา ตันติผลาชีวะ. (2545). ศูนย์หรือมุมการเรียนรู้สำหรับเด็กประถมวัย. วารสารการศึกษาปฐมวัย , 6(3), 39-47.
- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2542). แนวทางการประเมินตามสภาพที่แท้จริง. กรุงเทพฯ: สำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา.
- ทิตนา แหมมณี. (2535). หลักการและรูปแบบการพัฒนาเด็กปฐมวัยตามวิถีชีวิตไทย.
- ทิตนา แหมมณี. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ: เดอร์มาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ทิตนา แหมมณี. (2562). หลักสูตรและการสอน พิมพ์ครั้งที่ 23: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อํารง บัวศรี. (2542). ทฤษฎีหลักสูตร การออกแบบหลักสูตรและการพัฒนา. กรุงเทพฯ: พิศนศึกษา.
- บรรจง อมรชีวิน. (2554). *Thinking School: สอนให้คิด*. กรุงเทพฯ: หจก.ภาพพิมพ์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). การพัฒนาความคิด พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคปรี้นติ้ง.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (การศึกษา). กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- รุ่งทิวา นามารุง. (2008). วิถีธรรมชาติแห่งการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณและการหารของเด็ก ที่มีอายุตั้งแต่ 7-10 ปี. วารสารวิจัยทางการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มศว, 2(1).
- ลักขณา สรวิวัฒน์. (2549). การคิด. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- วรรณดี แสงประทีปทอง. (2556). "การประเมินผลการเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้" ในประมวลสาระชุดวิชา การพัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 10 นนทบุรี. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2552). "หลักสูตร" สารานุกรมวิชาชีพระคุณ เฉลิมพระเกียรติ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2554). นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้สู่ความเป็นพลเมือง. กรุงเทพมหานคร: บริษัท อาร์ แอนด์ ปรี้นท์ จำกัด.
- สงัด อุทรานันท์. (2530). การนิเทศการศึกษา : หลักการทฤษฎีและปฏิบัติ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มิตรสยาม.
- สงัด อุทรานันท์. (2538). พื้นฐานและการพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ: วงเดือนการพิมพ์.

สิทธิพล อัจฉรินทร์. (2563). การพัฒนาหลักสูตร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2551). การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

สุจิตรา ปทุมลังการ. (2552). ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรฐานสมรรถนะและการประเมินผล.

กรุงเทพมหานคร: สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ กระทรวงศึกษาธิการ.

สุนันท์ บุญพัฒนาภรณ์. (2559). การพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญาณิพนธ์ ปร.ด.). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

(คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้).

สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2558). สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของวงการศึกษา. สงขลา: นำศิลป์โฆษณา จำกัด.

สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2541). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมือ

1.รายนามผู้เชี่ยวชาญในการสัมภาษณ์เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัย วิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. รศ.ดร.วารี กงประเวชนนท์

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2. รศ.ดร.วุฒิพล ธาราธิ์เศรษฐ์

ผู้อำนวยการสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. ผศ.ดร.ภูษงค์ จันทจิระ

ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

4. ผศ.ดร.อนุศิษย์ ทองน้ำ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5. ผศ.ดร. สุรัชย์ รัชพันธ์

รองผู้อำนวยการ รร. กำเนิดวิทย์

6. ดร.โอภาส สุขหวาน

ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2.รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.1 รายนามผู้เชี่ยวชาญผู้ประเมินแบบวัดความตระหนักรู้ของตนเองที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมและเกณฑ์การประเมินจิตนิสัยวิศวกรรม

1. รศ.ดร.วารี กงประเวชนนท์

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2. รศ.ดร.จิณดิษฐ์ ละออปักษิณ

คณาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผศ.ดร.ทรงชัย อักษรคิด

ภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์วิทยาเขตบางเขน

4. ผศ.ดร.อรอุมา เจริญสุข

ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5. ดร.โอภาส สุขหวาน

ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

6. อาจารย์ ดร.สุณิสา สุมิตรณะ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

7. นางสาวจรรยาศรี แจบไธสง

รองผู้อำนวยการสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

2.2 รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม

1. รศ.ดร.วารี กงประเวชนนท์

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2. รศ.ดร.รุ่งทิพา แย้มรุ่ง

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. ผศ.ดร.สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

4. ผศ.ดร.บุญญาธิสา แซ่ห่อ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. ดร.โอภาส สุขหวาน

ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ภาคผนวก ข

เอกสารหลักสูตร

เอกสารประกอบหลักสูตร

คู่มือการใช้หลักสูตร



หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

The Subject Curriculum of an Engineering Thinking to promote
Engineering Habits of Mind for Mathayomsuksa 4 students.

คำนำ

หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้ จัดทำขึ้นเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เลือกเรียนในสายการเรียน แผนการเรียน หรือหลักสูตรสถานศึกษาที่กล่าวถึงการเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมทางวิศวกรรม ให้สามารถจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ของจิตินัยวิศวกรรม โดยหลักสูตรนี้มีแนวคิดบนพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้ตามความถนัดของนักเรียน ซึ่งมองว่าในอนาคตนักเรียนจะต้องประกอบอาชีพตามที่ตนเองมีความถนัด ฉะนั้น ความถนัดทางสายอาชีพจึงเป็นสิ่งที่นักเรียนต้องได้รับการฝึกฝนอย่างแน่นนอน แต่ทว่าหลักการคิดของสายอาชีพแต่ละอาชีพมีความแตกต่างกัน เช่น อาชีพวิศวกร ก็มีหลักการคิดในแบบของวิศวกร การทำงานของวิศวกรเริ่มที่การคิดแก้ปัญหาซึ่งเป็นการคิดที่มีลักษณะเฉพาะตัว จิตินัยวิศวกรรม จึงเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าวิศวกรคนนั้นมีลักษณะการทำงานแบบมืออาชีพหรือไม่ ดังนั้น หลักสูตรนี้จึงเหมาะสมสำหรับหลักสูตรหรือสถานศึกษาที่มีการจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนที่เรียนในวิชาเอกเกี่ยวกับวิศวกรรม โดยหลักสูตรเล่มนี้ได้เสนอ หลักการของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ความหมายของจิตินัยวิศวกรรม คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ การประเมินผลหลักสูตร ตามลำดับ

ผู้จัดทำหลักสูตรเล่มนี้ ขอขอบคุณครู อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านคณิตศาสตร์ และด้านการศึกษจากสถาบันต่าง ๆ ที่ให้ความเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำหลักสูตรเล่มนี้ โดยผู้จัดทำหลักสูตรหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หลักสูตรเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สอน สถานศึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา ในการวางแผนและการจัดการเรียนรู้รายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรม และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้และทักษะที่จำเป็นสู่สายอาชีพวิศวกรในระดับที่สูงขึ้นได้

(นายวรวิทย์ แซ่เต๋)

นิสิตปริญญาโท ศึกษาศาสตร์

สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

หลักการของหลักสูตร

หลักสูตรพัฒนาขึ้นตามแนวคิดปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม โดยรูปแบบของการจัดการศึกษาจะเน้นที่การสร้างประสบการณ์ความรู้ของนักเรียนโดยไม่ยึดติดกับเนื้อหาความรู้ แต่เน้นที่ทักษะและการลงมือปฏิบัติ ซึ่งใช้นิยามการจัดการศึกษาตามแนวคิดแบบ Signature Pedagogy ซึ่งว่าด้วยเรื่องของการจัดการศึกษาเฉพาะทาง ซึ่งหลักการของหลักสูตรนี้เน้นถึงการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยวิศวกรรมและความตระหนักที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรม ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งจิตนิสัยวิศวกรรมนี้จะช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่ดีต่อการศึกษต่อสาขาวิชาเอกวิศวกรรมในระดับอุดมศึกษาหรือระดับที่สูงขึ้น เมื่อเรียนจบจากหลักสูตรแล้วนักเรียนสามารถนำจิตนิสัยวิศวกรรมไปใช้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมได้ สามารถตระหนักถึงตนเองได้ว่ามีความสามารถเพียงพอต่อหรือไม่ เพื่อปลูกฝังทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยนักเรียนให้เกิดคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อการเรียนสาขาวิชาเอกวิศวกรรม ที่ก่อให้เกิดเป็นทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพในสายอาชีพวิศวกรรม เพื่อเป็นกำลังสำคัญต่อการพัฒนาในโลกยุคปัจจุบัน

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมมุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดจิตนิสัยวิศวกรรมเมื่อจบการศึกษาในหลักสูตรแล้วนักเรียน

1. มีจิตนิสัยวิศวกรรมตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะ
2. มีความตระหนักที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง

ความหมายของจิตนิสัยวิศวกรรม

จิตนิสัยวิศวกรรม (Engineering Habit of Minds) หมายถึง การแสดงออกทางพฤติกรรมทางการคิดที่เป็นกระบวนการของวิชาวิศวกรรมโดยอัตโนมัติเมื่อพบกับปัญหา การรับส่งข้อมูล การประมวลผลบนแนวคิดของวิชาวิศวกรรมที่เป็นไปตามความเคยชิน ความคุ้นเคยในกระบวนการทางวิศวกรรมโดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีมาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหา เพื่อแก้ปัญหาตรงหน้าได้อย่างคล่องแคล่วโดยระลึกกว่าเป็นการพัฒนาความคิดของตนเองตลอดเวลา สามารถจัดการตนเองได้ มีความรับผิดชอบ ถ่ายทอดความคิดผ่านการออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน คำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานและสามารถทำงานเป็นทีมได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการหาคำตอบของปัญหาได้ในที่สุด ซึ่งสามารถพิจารณาระดับจิตนิสัยวิศวกรรมโดยอิงจากการแบบวัดจิตนิสัย วัดประเมินตามสภาพจริงและการวัดประเมินฐานสมรรถนะ จากการทำแบบฝึก/ใบงาน , Mind Mapping , การสร้างชิ้นงาน , แบบประเมิน 360 องศา

จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ ด้านคุณลักษณะ โดยในแต่ละด้านจะประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ พฤติกรรมบ่งชี้ หมายถึง การกระทำ หลักฐาน ร่องรอยสิ่งที่ชี้หรือบ่งบอกถึงพฤติกรรม ความสามารถ ที่เป็นไปตามกรอบขององค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมในแต่ละด้าน แสดงรายละเอียด องค์ประกอบหลัก 3 ด้านและพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1. ด้านความรู้

องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge)
หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถระบุทฤษฎีหลักการและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และสามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ปืนกาว มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านความรู้สหวิชาได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

- K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
- K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้
- K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้

2. ด้านทักษะ

องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)

หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาคำตอบ ทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ ซึ่งลำดับของการคิดวิเคราะห์ คือ 1.1 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ 1.2 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ 1.3 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ 2. คิดคำนวณ ซึ่งลำดับของการคิดคำนวณ คือ 2.1 นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรกและอันดับสุดท้ายได้ 2.2 นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาได้ 3. คิดแก้ปัญหา นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4. คิดสังเคราะห์ นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถประเมินผลลัพธ์นั้นได้ว่าเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง 5. คิดสร้างสรรค์ ซึ่งลำดับขั้นของการคิดสร้างสรรค์ คือ 5.1 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาเป็นรูป sketch ได้ 5.2 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์จากผลข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นชิ้นงาน โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านทักษะการคิดอย่างเป็นระบบได้ 9 พฤติกรรมดังนี้

S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้

S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้

S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้

S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้

S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด

S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าสนใจ หรือควรปรับปรุง

S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา

S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน

3. ด้านคุณลักษณะ

องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมรับผิดชอบ รับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการทำงานเป็นทีมได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้เหมาะสมตามความถนัด

A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา

A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม

องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสารทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้วเพื่อย้ำความเข้าใจ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการสื่อสารได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด

A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน

A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน

องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความคิดเห็นโดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วงซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการเป็นผู้นำได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีม และผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน

A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ

A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดี และสำเร็จเสร็จสิ้น

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง หมายถึง การเข้าใจและรับรู้ถึงกระบวนการคิด วิธีการทำงาน และแนวโน้มพฤติกรรมของตนเองในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม ได้แก่ วิธีคิดอย่างเป็นระบบ การทดลองและปรับปรุง การใช้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ และการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ สามารถสะท้อน (reflect) ถึงวิธีที่ตนเองคิดและตัดสินใจ และสามารถพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งวัดจาก การทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ในลักษณะของ Rating Scale

คำอธิบายรายวิชา

การทำความเข้าใจ อธิบายวิธีการและศึกษาหลักการและแนวคิดทฤษฎีจากความรู้พื้นฐานตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประยุกต์ใช้ความรู้ทั่วไปผ่านการคิดอย่างเป็นระบบในการสร้างสถานการณ์จำลองที่สามารถพบเห็นได้ในสายอาชีพวิศวกร เกี่ยวกับเนื้อหา โครงสร้าง กลศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ไฟฟ้า หุ่นยนต์ เคมีและโครงงานวิศวกรรม คณิตวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหา คิดคำนวณกระบวนการ คิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่เรียบเรียงมา คิดสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการ

แก้ปัญหาและคิดสร้างสรรค์การแก้ปัญหาจากข้อมูลทั้งหมด เขียนเค้าโครงภาพและลงมือสร้างจนเป็นชิ้นงาน ค้นคว้าหาคำตอบในวิถีทางของตนเองและการสร้างคุณลักษณะของวิศวกร ได้แก่ การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร การเป็นผู้นำ ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

ตารางแสดงกิจกรรมการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1. Bridge (สะพาน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการสร้างสะพานและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสะพานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของแรงโน้มถ่วงและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างโต๊ะแรงโน้มถ่วงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของน้ำพุแรงดันและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างน้ำพุจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการตรวจจับไฟฟ้าและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างเครื่องตัวไฟฟ้าสถิตจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของสรีระมนุษย์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างแขนหุ่นยนต์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีเป็นแก๊สและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างจรวดแรงดันแก๊สจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
7. Slime Making (สร้างสไลม์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีการจับตัวของสารและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสไลม์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

โครงสร้างรายวิชา

เนื้อหาในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม แบ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด 6 หน่วย ซึ่งแต่ละหน่วยจะใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน และการใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้จากปัญหาในรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรม

การคิดเชิงวิศวกรรม หมายถึง พฤติกรรมทางการคิดที่เป็นกระบวนการของวิชาวิศวกรรม เป็นเครื่องมือในการรับส่งข้อมูลและประมวลผลที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานของแนวคิดวิชาวิศวกรรม เมื่อพบเจอปัญหาสมองจะเริ่มวางแผนในการแก้ปัญหาโดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหา ผ่านการออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อคำตอบของการแก้ปัญหา



หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลาเรียน / คาบ	ตัวบ่งชี้
1	โครงสร้าง	1. Bridge (สะพาน)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
2	กลศาสตร์	2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
3	สิ่งแวดล้อม	3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
4	ไฟฟ้า	4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33

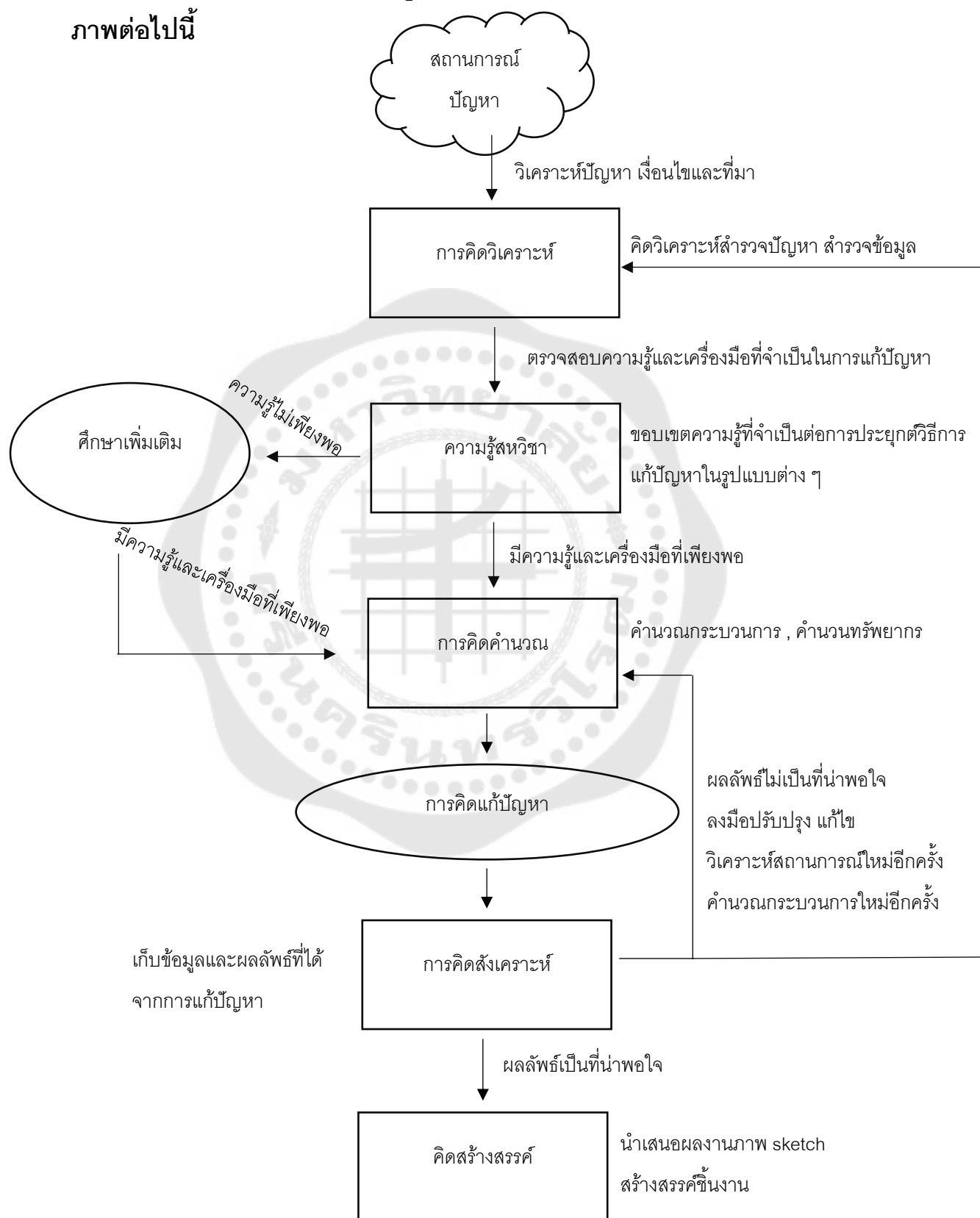
หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลาเรียน / คาบ	ตัวบ่งชี้
5	หุ่นยนต์	5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
6	เคมี	6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	เคมี	7. Slime Making (สร้างสไลม์)	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33



ตารางแสดงกิจกรรมการเรียนรู้และตัวบ่งชี้

กิจกรรม การ เรียนรู้ที่	ตัวบ่งชี้																								
	ด้านความรู้ [K]			ด้านทักษะ [S] การคิดอย่างเป็นระบบ										ด้านคุณลักษณะ [A] การสื่อสาร										การเป็นผู้มีน้ำ	
	K1	K2	K3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	A11	A12	A13	A21	A22	A23	A31	A32	A33				
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			

แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม มีขั้นตอนดัง
ภาพต่อไปนี้



แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 7 แผน แผนละ 2 คาบ รวม 14 คาบ โดยแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและใช้โครงงานเป็นฐาน

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีการวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
1	Bridge (สะพาน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการสร้างสะพานและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสะพานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูกระตุ้นนำถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์แบบฝึก/ใบงานให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง หลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาระดับที่ให้ได้มากที่สุด คำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน	1. แบบฝึก/ใบงาน 2. ไม่แต่งเสียงอาหาร 3. อุปกรณ์กลมกลิ้งและมีน้ำหนัก 4. กาว 5. กรรไกร 6. คัตเตอร์ 7. เทปกาว 8. อุปกรณ์วัดเขียน	ประเมินรายบุคคลจาก 1. แบบฝึก/ใบงานที่ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของแบบฝึก/ใบงาน (Scoring Rubrics) 2. ชิ้นงานตัวต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics) (	ประเมินเป็นทีมจาก 1. Mind Mapping ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics) 2. ชิ้นงานตัวต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics) (	ประเมินรายบุคคลจาก แบบประเมิน 360 องศา (ตนเอง/เพื่อน/ครู) นำคะแนนจากแบบประเมินมาเฉลี่ย (Rating Scale) โดยต้องได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ในแต่ละตัวบ่งชี้ด้านคุณลักษณะ

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุป	9. อุปกรณ์ป้องกันขณะทดลอง			

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			และสะท้อนข้อคิดเห็นใจ สิ่งที่ดีที่สุด หากจะไม่ได้ออกแบบเองไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมิน ตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อ ประเมินพัฒนาการของตนเองไป พร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ				
2	Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของแรงโน้มถ่วงและนำไปใช้กับปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างโต๊ะแรงโน้มถ่วงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูกรีนนำเรื่องที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง หลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาระดับการขั้นตอนที่ได้มาซึ่ง	1. แบบฝึก/ใบงาน 2. ไม่พยาย/ไม่เื้อ ติ่งงานประดิษฐ์ 3. สว่านมือ/ สว่านเจาะรู 4. เชือก 6. วัดดัดวง น้ำหนัก เช่น หนังสือ	ประเมินรายบุคคล จาก 1. แบบฝึก/ใบงาน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน 60 ของแบบฝึก/ใบงาน (Scoring Rubrics) 2. ชิ้นงานตัวต้นแบบ ที่ให้นักเรียนแก้ปัญหา	ประเมินเป็นทีมจาก 1. Mind Mapping ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics) 2. ชิ้นงานตัวต้นแบบ (Rating Scale) โดยต้องได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ใน	ประเมินรายบุคคล จาก แบบประเมิน 360 องศา (ตนเอง/เพื่อน ครู) นำคะแนนจากแบบ ประเมินมาเฉลี่ย (Rating Scale) โดยต้องได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ใน

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			คำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางแผนการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเกตหาความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด	7. ปืนยาว 8. กาว 9. กรรไกร 10. คัตเตอร์ 11. เทปขาว 12. อุปกรณ์วาดเขียน 13. อุปกรณ์ป้องกันขณะทดลอง	ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	แต่ละตัวแบ่งด้านคุณลักษณะ	

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุป และสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุด อาจจะไม่ได้อาตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมิน ตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อ ประเมินพัฒนาการของตนเองไป พร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ				
3	Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของน้ำพุ แรงดันและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างน้ำพุจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเตรียมวัสดุสิ่งที่มาของกิจกรรมและ ซึ่งให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้ นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง	1. แบบฝึก/ใบงาน 2. ขวดน้ำขนาดเดียวกัน 3 ขวด 3. หลอดกาแฟ ขนาดเดียวกัน 4 หลอด	ประเมินรายบุคคล จาก 1. แบบฝึก/ใบงาน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน 60 ของแบบฝึก/ใบงาน (Scoring Rubrics)	ประเมินเป็นทีมจาก 1. Mind Mapping ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	ประเมินรายบุคคล จาก แบบประเมิน 360 องศา (ตนเอง/เพื่อน/ครู) นำคะแนนจากแบบประเมินมาเฉลี่ย (Rating Scale)

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			หลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวิธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน	4. ส่วนมือ/ส่วนจะรู้ 5. ปืนยาว 6. กาว 7. กรรไกร 8. คัตเตอร์ 9. เทปกาว 10. อุปกรณ์วาดเขียน	2. ชิ้นงานตัวต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	โดยต้องได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ในแต่ละตัวบ่งชี้ด้านคุณลักษณะ	

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปทบทวนโดยที่ทำงานที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุด อาจจะไม่ให้คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ				
4	Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการตรวจลัดไฟฟ้าและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างเครื่องตัวไฟฟ้าสถิตจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเริ่มนำสิ่งที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน	1. แบบฝึกหัดงาน 2. ขวดโหล	ประเมินรายบุคคล จาก 1. แบบฝึกหัดงาน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ	ประเมินเป็นทีมจาก 1. Mind Mapping	ประเมินรายบุคคล จาก แบบประเมิน 360 องศา (ตนเอง/เพื่อน/ครู)

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้ นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง หลังจากที่ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียน ค้นหาวิธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่ง คำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การ ค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและ วางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียน ตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่ม ลงมือแก้ปัญห 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาค้นหา วิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วย ตัวนักเรียนเอง	3. เลื่อนดู/ตรวจดู ไม่ไขว่คว้า 4. อธิบายเชื่อมโยง ฟอยล์ 5. หลอดกาแฟ 6. ปืนกา/กา 7. แผ่นกระดาษ หนา/กระดาษ ตั้ง 8. กรรไกร 9. คัตเตอร์ 10. เทปกาว 11. อุปกรณ์ วาดเขียน	60 ของแบบฝึก/ใบงาน (Scoring Rubrics) 2. ชิ้นงานตัวต้นแบบ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	นำคะแนนจากแบบ ประเมินมาเฉลี่ย (Rating Scale) โดยต้องได้คะแนน ตั้งแต่ร้อยละ 60 ใน แต่ละตัวบ่งชี้ด้าน คุณลักษณะ	

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			7. นักเรียนนำเสนอเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ได้คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ	12. อุปกรณ์ป้องกันขณะทดลอง			

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
5	Robot Hand (หุ่นยนต์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของสรีระมนุษย์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างแขนหุ่นยนต์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูร่วมกันถึงที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง หลังจากที่ได้ครูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา 4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นหาวีธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางแผนการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้	1. แบบฝึก/ใบงาน 2. กระดาษ A4 3. เชือก 4. หลอดกาแฟ 5. กาว 6. กรรไกร 7. คัตเตอร์ 8. เทปกาว 9. อุปกรณ์วาดเขียน 10. อุปกรณ์ป้องกันตะกั่วทดลอง	ประเมินรายบุคคลจาก 1. แบบฝึก/ใบงาน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของแบบฝึก/ใบงาน (Scoring Rubrics) 2. ชิ้นงานตัวต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	ประเมินเป็นทีมจาก 1. Mind Mapping ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics) นำคะแนนจากแบบประเมินมาเฉลี่ย (Rating Scale) โดยต้องได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ในแต่ละตัวบ่งชี้ด้านคุณลักษณะ	

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือวิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปทบทวนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุด อาจจะไม่ใช้คำตอบเสมอไป				

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ				
6	Soda Rocket (จรวดโซดา)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีเป็นแก๊สและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างจรวดแรงดันแก๊สจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูกรีนนำสิ่งที่มีการอภิปรายและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงาน ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง หลังจากที่ได้ดูนำเสนอตัวอย่างคำตอบของปัญหา	1. แบบฝึก/ใบงาน 2. ขวดน้ำ 3. จุกฝาปิดขวดน้ำ (แบบกดปิด) หรือวัสดุอะไรก็ได้ที่เป็นแบบกดปิด (ไม่ใช่เกลียวหมุน) 4. กระดาษชำระ 5. ช้อนตวง	ประเมินรายบุคคล จาก 1. แบบฝึก/ใบงาน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของแบบฝึก/ใบงาน (Scoring Rubrics)	ประเมินเป็นทีมจาก 1. Mind Mapping ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics) 2. ชิ้นงานตัวต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	ประเมินรายบุคคล จาก แบบประเมิน 360 องศา (ตนเอง/เพื่อนครู) นำคะแนนจากแบบประเมินมาเฉลี่ย (Rating Scale) โดยต้องได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ในแต่ละตัวบ่งชี้ด้านคุณลักษณะ

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			ค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางระบบการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด	6. เบกิ้งชีดาคา (ใช้เติมไป คาร์บอนเตต) 7. น้ำส้มสายชู หรือ น้ำมะนาว หรือ น้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรด 8. แห้งน้ำ / หลอดกาแฟ 9. เทปขาว 10. อุปกรณ์วาดเขียน 11. อุปกรณ์ป้องกันขณะทดลอง			

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกับกันคู่ในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุดอาจะไม่ใช้คำตอบเสมอไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ				
7	Slime Making (สร้างสไลม์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีการจับตัวของสารและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสไลม์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1. ครูเตรียมนำสิ่งที่มาของกิจกรรมและชี้ให้เห็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ยกมา 2. นักเรียนจับกลุ่มกัน กลุ่มละ 3 - 4 คน 3. ครูมอบอุปกรณ์ แบบฝึก/ใบงานให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง หลังจากที่ได้รื้อนำเสนอดังอย่างคำตอบของปัญหา	1. แบบฝึก/ใบงาน 2. โฟลิวินิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol) 3. บอแรกซ์ (Sodium Borax (Sodium tetraborate))	ประเมินรายบุคคล จาก 1. แบบฝึก/ใบงาน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของแบบฝึก/ใบงาน (Scoring Rubrics)	ประเมินเป็นทีมจาก 1. Mind Mapping ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	ประเมินรายบุคคล จาก แบบประเมิน 360 องศา (ตนเอง/เพื่อน/ครู) นำคะแนนจากแบบประเมินมาเฉลี่ย (Rating Scale)

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือการวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			4. ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นนักเรียนค้นคว้าวิธีการ ขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบด้วยการให้คำแนะนำ การค้นหาจุดเริ่มต้น การระบุปัญหาและวางแผนการทำงาน 5. ครูทำหน้าที่แนะนำนักเรียนตรวจสอบของตนเอง เช่น ความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา 6. นักเรียนลงมือแก้ปัญหาและค้นหาวิธีการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เดียวกันด้วยตัวนักเรียนเอง 7. นักเรียนนำเสนอวิธีการที่นักเรียนค้นพบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน 8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกันสังเคราะห์	4. ภาระงาน เช่น งาม ถ้วย 5. สื่อสมอาหาร 6. กาวลาเท็ก 7. ไม้นม 8. อุปกรณ์วาดเขียน 9. อุปกรณ์ป้องกันขณะทดลอง		2. ชิ้นงานตัวต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนน (Scoring Rubrics)	โดยต้องได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ในแต่ละตัวบ่งชี้ด้านคุณลักษณะ

แผน	การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	เครื่องมือ/วิธีวัด		
					ด้านความรู้	ด้านทักษะ	ด้านคุณลักษณะ
			ความรู้ที่ได้และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 9. นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยที่ทำหน้าที่สรุปร่วมกันกับครูในการสรุปและสะท้อนข้อคิดเตือนใจ สิ่งที่ดีที่สุด อาจจะไม่ได้ออกไป 10. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง และทำแบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อม ๆ กับเพื่อน ๆ				



แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ชื่อหน่วย โครงสร้าง

รายวิชา การคิดเชิงวิศวกรรม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง Bridge

จำนวน 2 คาบ

1. ผลการเรียนรู้

- 1.1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการสร้างสะพานและนำไปใช้แก้ปัญหาได้
- 1.2. สามารถวางแผนและสร้างสะพานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. ตัวบ่งชี้

1. ด้านความรู้ : ความรู้สหวิชา

- K.1 นักเรียนสามารถระบุทฤษฎีความรู้และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
- K.2 นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีความรู้กับปัญหาที่กำลังเผชิญได้
- K.3 นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้ สามารถนำไปปฏิบัติจริงได้

2. ด้านทักษะ : การคิดอย่างเป็นระบบ

- S.1 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้
- S.2 นักเรียนสามารถวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้
- S.3 นักเรียนสามารถวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้
- S.4 นักเรียนสามารถคำนวณแผนการทำงาน โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้

S.5 นักเรียนสามารถคำนวณรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด

S.6 นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา

S.7 นักเรียนสามารถสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหาให้ออกมาเป็นรูปธรรมได้

S.8 นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจนแสดงผลลัพธ์หรือข้อมูลที่ได้จากการทดลองแก้ปัญหา

S.9 นักเรียนสามารถสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง

3. ด้านคุณลักษณะ :

3.1 การทำงานเป็นทีม

A1.1 นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้เหมาะสมตามความถนัด

A1.2 นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา

A1.3 นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม

3.2 การสื่อสาร

A2.1 นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด

A2.2 นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน

A2.3 นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน

3.3 การเป็นผู้นำ

A3.1 นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน

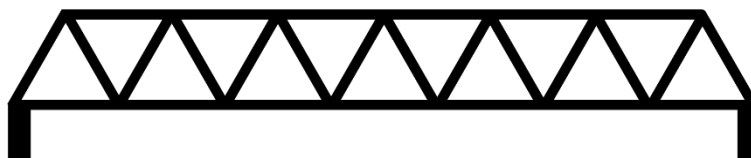
A3.2 นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ

A3.3 นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นะทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น

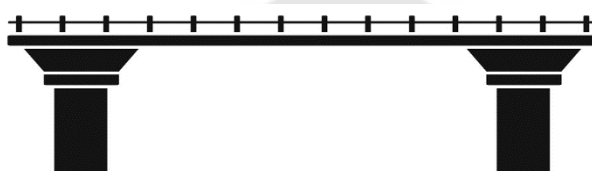
3. ความรู้/เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

สะพาน เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงอารยธรรมของมนุษย์ในการเดินทางและสัญจรไปมา เป็นนวัตกรรมที่ช่วยให้การคมนาคมสะดวกมากขึ้น เนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสะพาน ได้แก่ แรงบีบอัด , แรงดึง และลักษณะของการออกแบบสร้างสะพาน แรงบีบอัดและแรงดึงจะเกิดขึ้นได้กับทุกสะพาน ผู้ออกแบบสะพานต้องพยายามรักษาสสมดุลระหว่างแรงทั้งสอง การออกแบบสะพานเพื่อให้เกิดการกระจายแรงหรือถ่ายเทแรงไปที่ส่วนประกอบอื่น โดยพื้นฐานการออกแบบสะพานจะมีอยู่ 3 ลักษณะ ดังรูป

1. Truss Bridge



2. Beam Bridge



3. Arch Bridge



4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ขั้นนำ

1) ครูเกริ่นนำกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเกี่ยวกับความสำคัญของสะพาน ครูอธิบายถึงการพัฒนาบางอย่างจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์บางชนิดที่ไม่สามารถหาได้ในพื้นที่ของตนเอง ทำให้ต้องซื้อหาจากพื้นที่โดยรอบ เพราะการสร้างทางสัญจรใหม่ ๆ ทำให้มีการกระจายสินค้าได้ดีและมีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น

2) ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับสะพาน จากแบบฝึก/ใบงาน โดยให้นักเรียนอ่านเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์

(ตัวบ่งชี้ S1 : เกิดขึ้นจากที่นักเรียนพบกับปัญหาและเริ่มทำความเข้าใจปัญหา

S2 : เกิดขึ้นจากที่นักเรียนเริ่มระบุสาเหตุและเงื่อนไข

S3 : เกิดขึ้นจากที่นักเรียนเริ่มสำรวจและร่างแผนการดำเนินการ)

3) ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันกลุ่มละ 3 - 4 คน และช่วยกันลงมือตอบคำถามในใบงาน เพื่อตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนจำเป็นต้องทราบ

(ตัวบ่งชี้ K1 : เกิดขึ้นจากที่นักเรียนสำรวจความรู้ที่ต้องการในการสร้างสะพานและได้ข้อมูลหลักว่า แรงบีบอัดและแรงดึง

K2 : เกิดขึ้นจากการทำความเข้าใจหลักการของแรงบีบอัดและแรงดึง

K3 : เกิดขึ้นจากการอธิบายส่วนที่ต้องเกิดแรงบีบอัดและแรงดึง

A11, A12 , A13 : เกิดขึ้นจากรวมกลุ่มการทำงาน)

4) ครูให้นักเรียนสร้าง Mind Mapping เพื่อเรียบเรียงความคิดและวางแผนการทำงาน

(ตัวบ่งชี้ S4 : เกิดขึ้นจากการเขียน Mind Mapping ที่แจ่มแจ้งผังความคิดแล้ว

S5 : เกิดขึ้นจากการเขียนรายละเอียด Mind Mapping ในผังความคิดแต่ละส่วน

S6 : เกิดขึ้นจากการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาใน Mind Mapping หรืออาจเป็นการ sketch ภาพร่วมด้วย)

5) ครูให้เวลานักเรียนในการค้นคว้า วางแผน เติมคำตอบที่รู้ในใบงานและ Mind Mapping

4.2 ขั้นสอน

1) ครูรวมอภิปรายในห้องร่วมกันกับนักเรียนในประเด็น “การสร้างสะพานต้องพิจารณาอะไรบ้าง” ครูเขียนสิ่งที่ต้องพิจารณาบนกระดาน ให้นักเรียนนำไปวิเคราะห์กันต่อในกลุ่มของตนเอง

(ตัวบ่งชี้ A21 , A22 , A23 : เกิดขึ้นจากการร่วมตอบคำถาม อภิปรายในชั้นเรียน ซึ่งครูต้องทำการเรียกนักเรียนทุกกลุ่มส่งตัวแทนตอบ

A31 : เกิดขึ้นจากนักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นในการอภิปราย)

2) ครูอธิบายตัวแทนของสถานการณ์กับแบบจำลองเพื่อใช้แก้สถานการณ์ ดังนี้

- ให้ลูกเปิดทองแทนแร่เหล็กของหมู่บ้าน A

- ให้ระยะทางของโต๊ะเรียน 2 ตัวแทนแม่น้ำที่ต้องสร้างสะพานข้าม

3) ครูเดินตรวจสอบการวางแผนใน Mind Mapping ของนักเรียนเพื่อให้คำแนะนำ คำชี้แนะ กับนักเรียนและพยายามให้คำแนะนำนักเรียนเรื่องความรอบคอบของสิ่งที่ต้องพิจารณาและคำนวณ

(ตัวบ่งชี้ S4 , S5 , S6 : เกิดขึ้นจากร่องรอยการเขียน Mind Mapping ที่นักเรียนร่วมกันวางแผน)

4) ครูสำรวจและให้กลุ่มนักเรียนที่วาดระบบความคิดผ่าน Mind Mapping ที่ใกล้เคียงสมบูรณ์แล้ว นำเสนอวิธีการทำงานอย่างคร่าว ๆ ให้ครูเข้าใจ

(ตัวบ่งชี้ K1 , K2 , K3 : เป็นการตรวจสอบด้านความรู้ที่กลุ่มนักเรียนร่วมกันเขียนอธิบายลงในใบงาน

A21 , A22 , A23 : เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนต้องสื่อสารข้อมูลที่มีให้ครูฟัง

A31 , A32 , A33 : เกิดขึ้นจากการสื่อสารซึ่งครูสามารถสังเกตจากพฤติกรรมได้ว่ามีความกล้า ความมั่นใจและความตั้งใจเพียงใด)

5) ครูแจกอุปกรณ์ให้กลุ่มนักเรียนที่วาด Mind Mapping และนำเสนอแนวคิดเรียบร้อยแล้ว เริ่มออกแบบและสร้างตัวต้นแบบในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในแบบฝึก/ใบงาน

6) ครูให้นักเรียนสร้างตัวต้นแบบที่ออกแบบได้ด้วยตนเอง

(ตัวบ่งชี้ S7 : เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนเริ่มลงมือประกอบอุปกรณ์ที่แจกให้ เพื่อสร้างชิ้นงาน)

7) ครูแนะนำให้นักเรียนทดลองการใช้งานตัวต้นแบบ เก็บข้อมูลและประเมินให้คะแนนผลลัพธ์ด้วยตนเองหลังการทดลอง เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ สร้างข้อเสนอแนะ และการปรับปรุงตัวต้นแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ผลที่ดีขึ้น

(ตัวบ่งชี้ S8 : เกิดขึ้นจากการสังเกตการทดลองใช้ชิ้นงานของนักเรียน)

8) ครูประกอบให้กลุ่มนักเรียนที่พร้อมใช้ชิ้นงานแล้วเข้าสู่สถานการณ์จริงด้วยการสร้างสถานการณ์จำลองและให้ลงมือปฏิบัติเพื่อสังเกตผลลัพธ์

9) หลังจากนักเรียนทดลองแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ครูจึงถามนักเรียนกลุ่มที่ผ่านการแก้ปัญหาแล้วถึงระดับความพึงพอใจของผลลัพธ์ ข้อดี ข้อบกพร่อง ข้อที่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

(ตัวบ่งชี้ S9 : เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนต้องประเมินระดับคุณภาพของผลลัพธ์ด้วยตนเอง)

10) ครูให้นักเรียนเก็บข้อมูลที่ได้ทั้งหมดเขียนแสดงลงใน Mind Mapping

4.3 ขั้นสรุป

1) เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มทดสอบตัวต้นแบบของตนเองครบทุกกลุ่มแล้ว ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหา จากการสังเคราะห์ข้อมูลที่เห็นในการทดสอบของกลุ่ม และร่วมกันสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิด ที่ได้จากการทำกิจกรรม และให้ข้อคิดว่า “สิ่งที่ดีที่สุดอาจจะไม่ใช่ว่าตอบเสมอไป” เพราะสิ่งที่ดีที่สุดอาจจะต้องเสียเงินและทรัพยากรมหาศาลแต่ประสิทธิภาพการใช้งานกลับไม่คุ้มค่างับสิ่งที่เสียไป

3) ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินตนเอง , แบบประเมินเพื่อน เพื่อประเมินพัฒนาการของตนเองไปพร้อมกันกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน

4) ครูให้นักเรียนส่งแบบฝึก/ใบงาน , Mind Mapping และชิ้นงาน ทำความ

5. สื่อการเรียนรู้

- 1) แบบฝึก / ใบงาน
- 2) Mind Mapping
- 3) อุปกรณ์การทดลอง

6. การประเมินผลการเรียนรู้

วิธีการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้		
ตรวจผลงานการทำใบงานที่ 1 เรื่อง Bridge	แบบให้คะแนนการตรวจใบงาน	นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่าผ่าน
ด้านทักษะ		
ตรวจผลการเขียน Mind Mapping ที่ 1 เรื่อง Bridge	แบบให้คะแนนการตรวจ Mind Mapping	นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่าผ่าน
ตรวจผลงานชิ้นงาน เรื่อง Bridge	แบบให้คะแนนการตรวจชิ้นงาน	นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่าผ่าน
ด้านคุณลักษณะ		
การประเมินการทำงานของตนเองและเพื่อน	แบบประเมิน 360 องศา (ประเมินโดยตนเอง เพื่อนและครู)	นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่าผ่าน

7. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

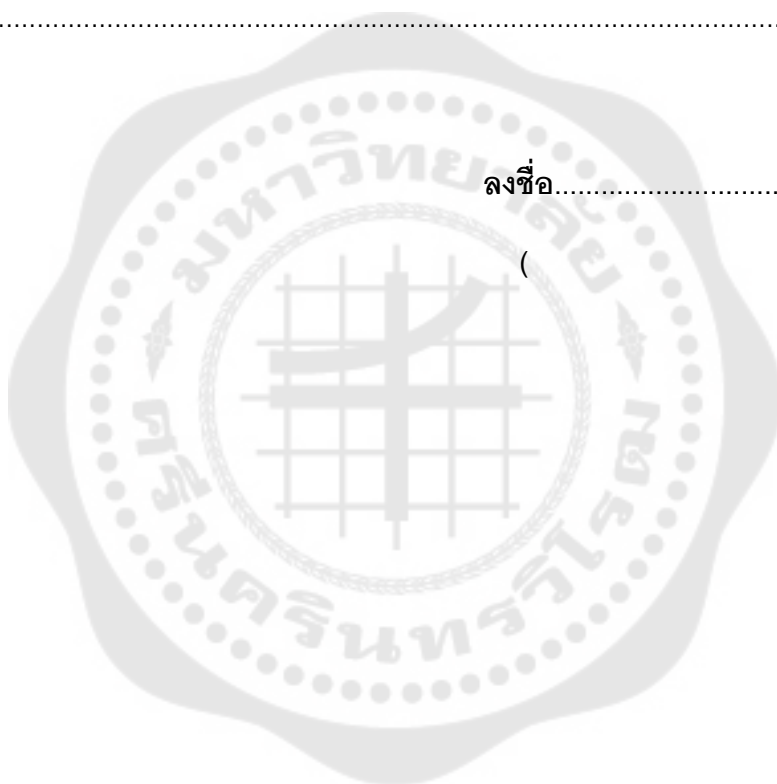
.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

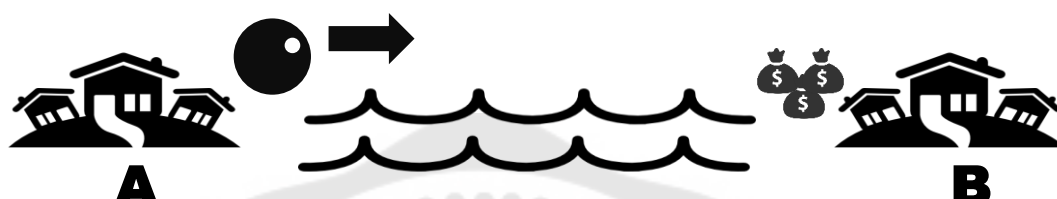
()



หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้าง

แบบฝึก เรื่อง Bridge

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้



หมู่บ้าน A และหมู่บ้าน B เป็นหมู่บ้านที่มีสะพานสัญจรข้ามแม่น้ำอยู่เส้นหนึ่ง แต่แล้ววันหนึ่งเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่จนทำให้สะพานที่เชื่อมระหว่างหมู่บ้าน A และหมู่บ้าน B พังลง หมู่บ้าน A เป็นหมู่บ้านเหมืองแร่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวทำให้อุโมงค์เหมืองถล่ม และไม่สามารถขุดแร่ได้อีก และโรงผลิตไฟฟ้าของหมู่บ้าน B ก็เกิดพังลงทำให้หมู่บ้านได้รับผลกระทบอย่างหนักจากการไม่มีไฟฟ้าใช้ หมู่บ้าน B จึงตัดสินใจซื้อแร่เหล็กจากหมู่บ้าน A อย่างเร่งด่วนพร้อมยื่นข้อเสนอให้หมู่บ้าน A สร้างสะพานเพื่อขนแร่เหล็กข้ามมาพร้อมจะจ่ายค่าสร้างสะพานให้ด้วย หมู่บ้าน A ตกลงข้อเสนอนี้ ซึ่งแร่ที่หมู่บ้าน A มีในขณะนั้นเป็นแร่เหล็กที่ถลุงและหล่อเป็นก้อนทรงกลมไว้ ทางด้านหมู่บ้าน A ก็กำลังประสบปัญหาการเงินเช่นกันทำให้ไม่สามารถหาซื้อวัสดุเพิ่มได้ จะมีเพียงเครื่องมือที่ไม่จำเป็นต้องซื้อ และไม้ที่เตรียมไว้สำหรับการขุดอุโมงค์เหมือง จากสถานการณ์นี้ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้าน A นักเรียนจะอย่างไร

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้าง

ใบงาน เรื่อง Bridge

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. ให้นักเรียนระบุทฤษฎีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสะพาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนอธิบายแต่ละทฤษฎีที่เป็นคำตอบจากข้อที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. การใช้งานทฤษฎีที่เป็นคำตอบจากข้อที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมิน : นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่า ผ่าน



แบบตรวจให้คะแนนใบงาน

รายการประเมิน	คะแนน
K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ (3)	
K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ (3)	
K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาคือได้ (3)	
รวมคะแนน 9 คะแนน	
สรุปผล (ผ่าน / ไม่ผ่าน)	

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจ
()

เกณฑ์การประเมิน : นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่า ผ่าน

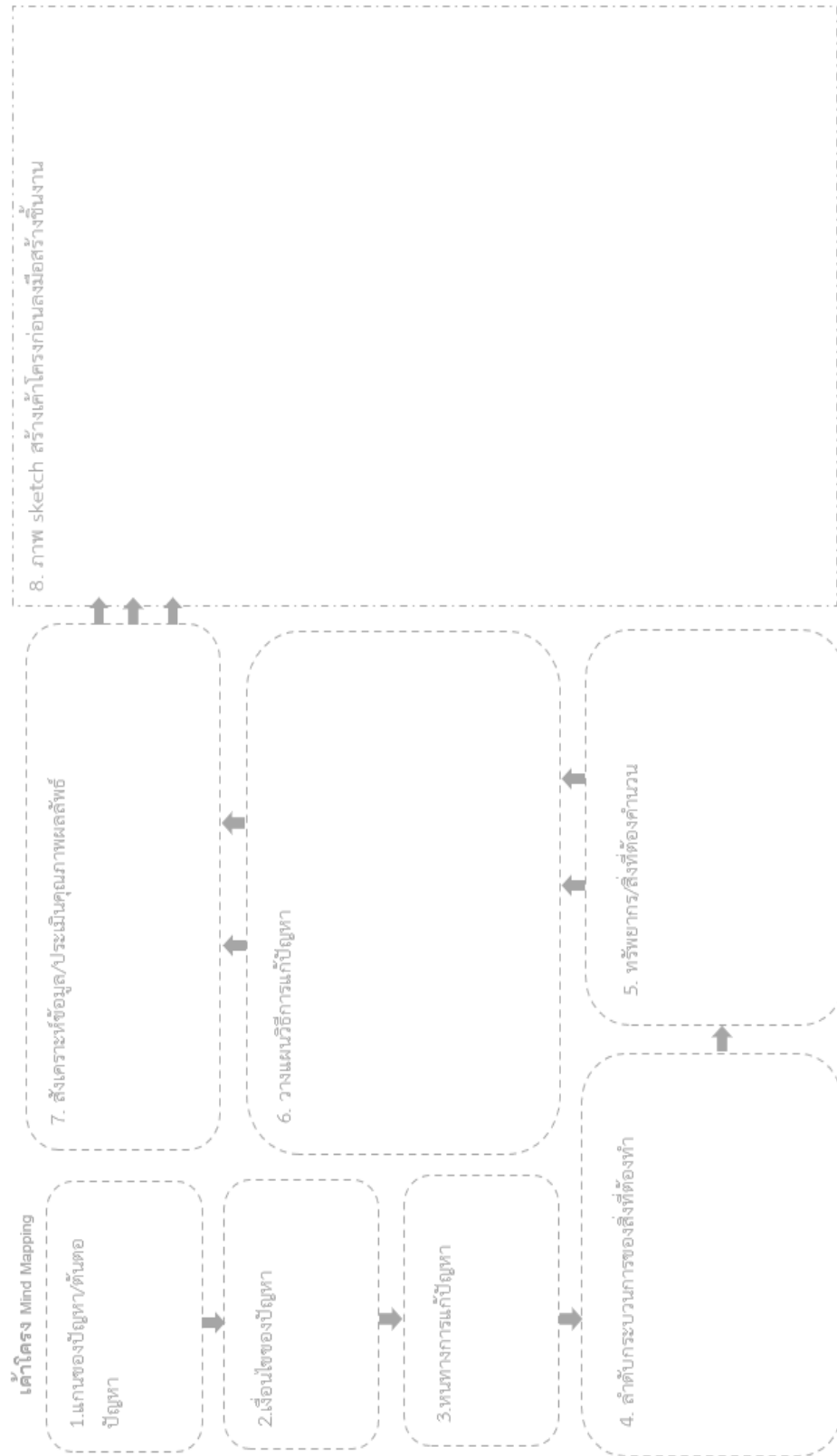
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้าง

Mind Mapping เรื่อง Bridge

ให้นักเรียนเขียนแผนผังความคิดแสดงข้อมูลต่อไปนี้ ลงในกระดาษ A4 1 แผ่น

1. แสดงปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหา
2. แสดงสาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหา
3. แสดงหนทางในการแก้ปัญหาได้
4. แสดงการคำนวณลำดับกระบวนการ โดยเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุด
5. แสดงการคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด
6. แสดงการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
7. แสดงการสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา ระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่น่าสนใจ หรือควรปรับปรุง
8. แสดงการสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา

เกณฑ์การประเมิน : นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่า ผ่าน



แบบตรวจให้คะแนน Mind Mapping

รายการประเมิน	คะแนน
S1. นักเรียนเขียน Mind Mapping แสดงหัวข้อแกนหรือต้นตอของปัญหา (3)	
S2. นักเรียนเขียน Mind Mapping แสดงหัวข้อสาเหตุและเงื่อนไขของปัญหา (3)	
S3. นักเรียนเขียน Mind Mapping แสดงหัวข้อแสดงหนทางการแก้ปัญหา (3)	
S4. นักเรียนเขียน Mind Mapping แสดงลำดับกระบวนการ เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุด (3)	
S5. นักเรียนเขียน Mind Mapping แสดงทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาโดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด (3)	
S6. นักเรียนเขียน Mind Mapping แสดงวิธีการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ (3)	
S7. นักเรียนเขียน Mind Mapping แสดงการสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา (3)	
S8. นักเรียนเขียน Mind Mapping แสดงการสร้างสรรค์ชิ้นงานในรูปแบบภาพ sketch เพื่อแสดงส่วนต่างๆ ของระบบการแก้ปัญหา (3)	
รวมคะแนน 24 คะแนน	
สรุปผล (ผ่าน / ไม่ผ่าน)	

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจ

()

เกณฑ์การประเมิน : นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่า ผ่าน

แบบตรวจให้คะแนน ชิ้นงาน

รายการประเมิน	คะแนน
S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหา มา สร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน (5)	
รวมคะแนน 5 คะแนน	
สรุปผล (ผ่าน / ไม่ผ่าน)	

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจ
()

เกณฑ์การประเมิน : นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่า ผ่าน

แบบประเมิน 360 องศา (ประเมินโดย ตนเอง/เพื่อน/ครู)

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียน(ตนเอง) / เพื่อน / ครู ประเมินคุณลักษณะของนักเรียนในระหว่างเรียน

แล้วใส่ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 - 3 คะแนน เรียงลำดับคะแนนจากน้อยไปมาก ในช่องที่ตรงกับนักเรียนที่สุด

คุณลักษณะ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		ตนเอง	เพื่อน	ครู
1. การทำงานเป็นทีม	A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่ม สามารถร่วมมือกันทำได้อย่างเหมาะสมตามความถนัด			
	A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และส่งงานตรงเวลา			
	A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม			
2. การสื่อสาร	A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีม และผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด			
	A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน			
	A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน			
3. การเป็นผู้นำ	A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน			
	A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ			
	A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นะทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น			
รวมคะแนน 27 คะแนน				
สรุปคะแนนเฉลี่ย				
สรุปผล (ผ่าน / ไม่ผ่าน)				

ลงชื่อ.....นักเรียน

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้ 3 คะแนน	()
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้ 2 คะแนน	ลงชื่อ.....เพื่อน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้ 1 คะแนน	()
พฤติกรรมที่ไม่ปฏิบัติ	ให้ 0 คะแนน	ลงชื่อ.....ครู
		()

เกณฑ์การประเมิน : นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่า ผ่าน

การประเมินผลหลักสูตร

การประเมินผลหลักสูตร หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประเมินผลจาก 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 จิตนิสัยวิศวกรรมประเมินตามองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย

1 ด้านความรู้ ประเมินจากการทำใบงาน/แบบฝึก ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านความรู้ตลอดทั้งหลักสูตร

2 ด้านทักษะ ประเมินจากการทำ Mind Mapping และ การสร้างชิ้นงาน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านทักษะตลอดทั้งหลักสูตร

3 ด้านคุณลักษณะ ประเมินจากการตอบแบบประเมิน 360 องศา ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนด้านคุณลักษณะตลอดทั้งหลักสูตร

และประเมินจากภาพรวมของคะแนนองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมแต่ละด้านรวมกันได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนภาพรวมทั้ง 3 ด้านตลอดทั้งหลักสูตร

ส่วนที่ 2 ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ประเมินจากการทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยใช้การทดสอบค่า t (t-test dependent of samples)

การประเมินส่วนที่ 1 ประเมินตามองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมี 3 องค์ประกอบหลัก 5 องค์ประกอบย่อย และ 21 ตัว
บ่งชี้ โดยมีเกณฑ์การประเมินแต่ละตัวบ่งชี้ ดังนี้

ตาราง แสดงองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
1. ด้านความรู้	[K] 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge)	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้
2. ด้านทักษะ	[S] 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้ S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอ

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
		ชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน
3. ด้านคุณลักษณะ	[A1] 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play)	A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้อย่างเหมาะสมตามความถนัด A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม
	[A2] 3.2) การสื่อสาร (Communication)	A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน
	[A3] 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership)	A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นะทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น

เกณฑ์การให้คะแนนจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านความรู้ [K]

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน / ให้คะแนนด้านความรู้ คือ แบบฝึก / ใบงาน ซึ่งจะแสดงเป็น

Rubic Score ดังนี้

ตารางที่ 1.1 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านความรู้ K1 (Rubic Score)

คะแนน	พฤติกรรม K1
3	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน
2	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
1	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้บ้าง
0	K1. นักเรียนไม่สามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ตารางที่ 1.2 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านความรู้ K2 (Rubic Score)

คะแนน	พฤติกรรม K2
3	K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ตรงจุดและชัดเจน
2	K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ตรงจุด แต่ไม่ชัดเจน
1	K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ไม่ตรงจุด
0	K2. นักเรียนไม่สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้

ตารางที่ 1.3 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านความรู้ K3 (Rubic Score)

คะแนน	พฤติกรรม K3
3	K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้ สามารถนำไปแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
2	K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้ สามารถนำไปแก้ปัญหาได้บ้าง
1	K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้บ้าง สามารถนำไปแก้ปัญหาได้แต่ไม่ถูกต้อง
0	K3. นักเรียนไม่รู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้ ไม่สามารถนำไปแก้ปัญหาได้

เกณฑ์การให้คะแนนจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านทักษะ [S]

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ คือ Mind Mapping และ ชิ้นงาน ซึ่ง
จะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S1 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S1
3	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ถูกต้องและชัดเจน
2	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
1	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้บ้าง
0	S1. นักเรียนไม่สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S2 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S2
3	S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้สมเหตุสมผลและชัดเจน
2	S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้สมเหตุสมผล แต่ไม่ชัดเจน
1	S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้บ้าง
0	S2. นักเรียนไม่สามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S3 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S3
3	S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้สมเหตุสมผลและชัดเจน
2	S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้สมเหตุสมผล แต่ไม่ชัดเจน
1	S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้บ้าง
0	S3. นักเรียนไม่สามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S4 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S4
3	S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้ อย่างเป็นขั้นเป็นตอน
2	S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้
1	S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ แต่ไม่ได้เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุด
0	S4. นักเรียนไม่สามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ ไม่สามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S5 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S5
3	S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัดได้อย่างชัดเจน
2	S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัดได้ แต่ไม่ชัดเจน
1	S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้บ้าง สามารถประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัดได้บ้าง และไม่ชัดเจน
0	S5. นักเรียนไม่สามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ไม่สามารถประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัดได้

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S6 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S6
3	S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2	S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน ที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
1	S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ขาดตกบกพร่อง ที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
0	S6. นักเรียนไม่สามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S7 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S7
3	S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุงได้อย่างชัดเจนและสมเหตุสมผล
2	S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาได้แต่ไม่ชัดเจน สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุงแต่ไม่ชัดเจน
1	S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน ไม่สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง
0	S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน ไม่สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S8 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S8
3	S8. นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน และภาพเข้าใจง่าย
2	S8. นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหาได้ไม่ชัดเจน เท่าที่ควรและภาพพอเข้าใจได้
1	S8. นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี สามารถนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหาได้บ้าง แต่ไม่สามารถทำความเข้าใจได้
0	S8. นักเรียนไม่สามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี ไม่สามารถนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหาได้

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S9 (ชิ้นงาน)

คะแนน	พฤติกรรม S9
5	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน แข็งแรงแน่นหนาไม่พังง่าย สามารถเคลื่อนย้ายได้ตามปกติ
4	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน แข็งแรงแน่นหนาไม่พังง่าย แต่สามารถเคลื่อนย้ายได้แบบมีเงื่อนไข
3	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน มีความแข็งแรงบางส่วน ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้
2	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน ไม่มีความแข็งแรง ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้
1	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน แต่ยังไม่เป็นรูปเป็นร่าง
0	S9. นักเรียนไม่สามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงานได้

เกณฑ์การให้คะแนนจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านคุณลักษณะ [A]

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน / ให้คะแนนด้านคุณลักษณะ คือ แบบประเมิน 360 องศา ที่
จะให้นักเรียน เพื่อนและครูเป็นผู้ประเมิน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

พฤติกรรมที่ไม่ปฏิบัติ ให้ 0 คะแนน

และข้อคำถามสำหรับประเมินแสดงดังตารางต่อไปนี้

คุณลักษณะ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		ตนเอง	เพื่อน	ครู
1. การทำงานเป็นทีม	A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้อย่างเหมาะสมตามความถนัด			
	A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา			
	A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม			
2. การสื่อสาร	A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด			
	A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน			
	A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน			
3. การเป็นผู้นำ	A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน			
	A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ			
	A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น			

เกณฑ์การประเมินผลจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การประเมินผลจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จะประเมินโดยใช้คะแนนที่ได้จากการประเมินแยกส่วนขององค์ประกอบจิตินิสัยวิศวกรรม 3 ด้าน คือด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ มารวมเป็นการประเมินรวมส่วนโดยแบ่งเป็นร้อยละของคะแนนดังนี้

องค์ประกอบจิตินิสัย วิศวกรรม	ร้อยละของคะแนนการประเมินตาม องค์ประกอบ
ด้านความรู้	30
ด้านทักษะ	40
ด้านคุณลักษณะ	30
รวม	100

ซึ่งเกณฑ์การวัดและประเมินผลรายวิชาพิจารณาจาก

1. นักเรียนต้องมีเวลาเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลาเรียนทั้งหมด
2. นักเรียนต้องได้รับการประเมินผลการเรียนรู้ทุกหน่วยการเรียนรู้
3. นักเรียนต้องได้คะแนนตามองค์ประกอบจิตินิสัยวิศวกรรมตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป
4. นักเรียนต้องได้คะแนนภาพรวมจิตินิสัยวิศวกรรมตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป

ดังตารางแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

ตารางแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

คะแนน	เกรด
0 – 50.00	0
50.01 – 55.00	1
55.01 – 60.00	1.5
60.01 – 65.00	2
65.01 – 70.00	2.5
70.01 – 75.00	3
75.01 – 80.00	3.5
80.01 ขึ้นไป	4

การประเมินส่วนที่ 2 ประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เป็นการประเมินความตระหนักรู้เพื่อเปรียบเทียบ ความตระหนักรู้ก่อนและหลังการใช้หลักสูตรรายวิชาการการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

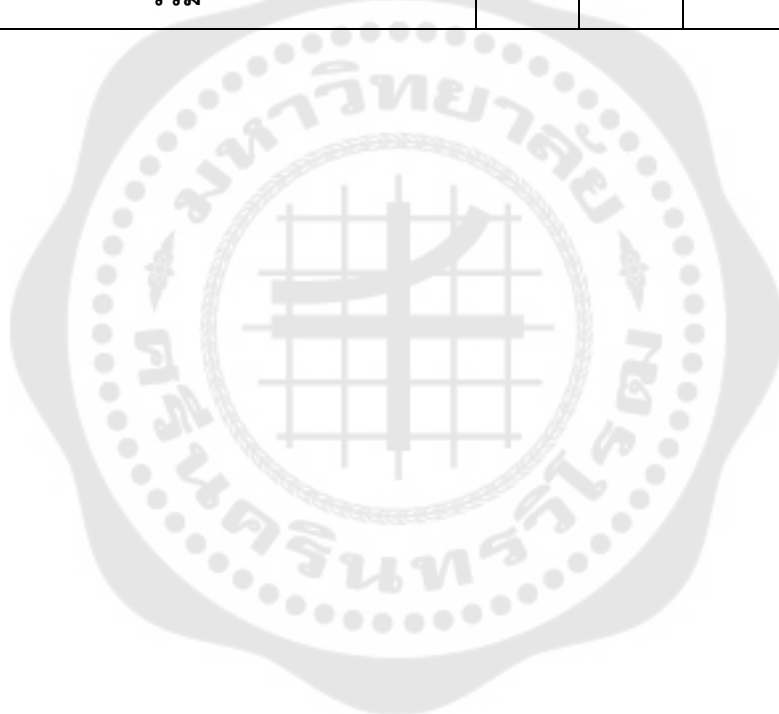
คำชี้แจง ให้นักเรียนประเมินระดับความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับพฤติกรรมที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

น้อยที่สุด	ค่อนข้างน้อย	ปานกลาง	ค่อนข้างมาก	มากที่สุด
1	2	3	4	5

ข้อ	รายการ	ระดับพฤติกรรม				
		1	2	3	4	5
1	ฉันสามารถระบุความรู้ที่ใช้แก้ปัญหาได้					
2	ฉันสามารถเชื่อมโยงความรู้กับการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญได้					
3	ฉันสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้					
4	ฉันสามารถทำความเข้าใจและระบุสิ่งที่คิดว่า เป็นปัญหาได้					
5	ฉันสามารถบอกถึงสาเหตุหรือเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้					

ข้อ	รายการ	ระดับพฤติกรรม				
		1	2	3	4	5
6	ฉันสามารถบอกถึงวิธีในการแก้ปัญหาได้					
7	ฉันสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำในการแก้ปัญหาได้					
8	ฉันสามารถคำนวณปัจจัยสำคัญที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาได้					
9	ฉันสามารถแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลจากสถานการณ์ได้					
10	ฉันสามารถสามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้ นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง					
11	ฉันสามารถร่าง (sketch) งานหรือชิ้นงานออกมาเพื่อแสดงส่วนต่าง ๆ ของการแก้ปัญหาได้					
12	ฉันสามารถสร้างชิ้นงานจากการแก้ปัญหาได้					
13	ฉันสามารถกระจายงานในกลุ่มร่วมมือกัน ทำได้อย่างเหมาะสมตามความถนัด					
14	ฉันมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา					
15	ฉันให้ความสำคัญในความคิดที่แตกต่างของคนในทีม					
16	ฉันสามารถสื่อสารสิ่งที่คิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้					
17	ฉันสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพได้					
18	ฉันสามารถสรุปใจความจากการสื่อสารของสมาชิกในกลุ่ม เพื่อความเข้าใจร่วมกัน					
19	ฉันกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น					
20	ฉันเปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่					

ข้อ	รายการ	ระดับพฤติกรรม				
		1	2	3	4	5
	รีบัตติสิน					
21	ฉันมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ					
22	ฉันมีความเป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย					
23	ฉันมีความตั้งใจ มุ่งมั่นะทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น					
รวม						



คู่มือหลักสูตร

หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรม
เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำนำ

ในการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดควบคู่ไปกับการสร้างคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีจิตนิสัยวิศวกรรม ซึ่งเป็นแนวโน้มทางความคิดและพฤติกรรมที่มุ่งเน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาการทำงานร่วมกันและความเพียรพยายามในการปรับปรุงผลงานอย่างต่อเนื่อง

คู่มือเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อให้เป็นเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา “การคิดเชิงวิศวกรรม” เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีเนื้อหาครอบคลุมหลักการ จุดมุ่งหมาย โครงสร้างรายวิชา วิธีการจัดการเรียนรู้และแนวทางการประเมินผล เพื่อให้ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนและสถานศึกษา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาหลักสูตร การจัดการเรียนรู้และการสร้างเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมให้กับผู้เรียน อันจะนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนอย่างยั่งยืน



สารบัญ

ตอนที่ 1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริม
จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หัวข้อที่ 1 หลักการและจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1. หลักการของหลักสูตร
2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หัวข้อที่ 2 สาระสำคัญของหลักสูตร

3. ความหมายของจิตนิสัยวิศวกรรม
4. คำอธิบายรายวิชา
5. โครงสร้างรายวิชา

ตอนที่ 2 การนำหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สู่การปฏิบัติ

หัวข้อที่ 3 การใช้หลักสูตรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

6. แนวทางการจัดการเรียนรู้
7. แผนการจัดการเรียนรู้

หัวข้อที่ 4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

หัวข้อที่ 5 การจัดสภาพแวดล้อม

หัวข้อที่ 6 การประเมินพัฒนาการนักเรียน

8. การประเมินผลหลักสูตร

หัวข้อที่ 7 ปัญหาที่พบบ่อย แนวทางแก้ไข

ตอนที่ 1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิต นิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การจัดการศึกษาวิศวกรรมเป็นการจัดการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยอิงตามบริบท ความถนัดและการจัดการศึกษาวิชาเฉพาะ หลักการจัดการศึกษาวิชาเฉพาะมีส่วนสำคัญในการพัฒนา ผู้เรียนผ่านองค์ประกอบที่จำเป็นในการต่อยอดความรู้ในสาขาวิศวกรรม ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะ และคุณลักษณะ การเสริมสร้างสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการเป็นวิศวกรในอนาคต จำเป็นต้องคำนึงถึง สภาพแวดล้อมที่สอดคล้องกับสถานการณ์และนำดึงดูดเพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงบันดาลใจ ในการเรียนและทำกิจกรรมเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เพื่อช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการและ เกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ด้วยวิธีการประเมินที่หลากหลายสำหรับการสะท้อนจิต นิสัยวิศวกรรมให้ออกมาชัดเจนที่สุด ซึ่งครูมีบทบาทในการให้คำแนะนำและให้กำลังใจเพื่อเป็นแรง กระตุ้นในการเรียนรู้ของนักเรียนมากกว่าการสอนให้นักเรียนจำ นักเรียนจำเป็นต้องลงมือทำด้วย ตนเองเพื่อเป็นประสบการณ์ที่จะสั่งสมจนบ่มเพาะให้นักเรียนมีพัฒนาการต่อไป

หัวข้อที่ 1. หลักการและจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1 หลักการของหลักสูตร

หลักสูตรพัฒนาขึ้นตามแนวคิดปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม โดยรูปแบบ ของการจัดการศึกษาจะเน้นที่การสร้างประสบการณ์ความรู้ของนักเรียนโดยไม่ยึดติดกับเนื้อหาความรู้ แต่เน้นที่ทักษะและการลงมือปฏิบัติ ซึ่งใช้นิยามการจัดการศึกษาตามแนวคิดแบบ Signature Pedagogy ซึ่งว่าด้วยเรื่องการจัดการศึกษาเฉพาะทาง ซึ่งหลักการของหลักสูตรนั้นคำนึงถึงการ ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยวิศวกรรมและความตระหนักรู้ที่มีต่อจิต นิสัยวิศวกรรม ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งจิตนิสัยวิศวกรรมนี้จะช่วยให้ นักเรียนมีความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่ดีต่อการศึกษาต่อสาขาวิชาเอกวิศวกรรมใน ระดับอุดมศึกษาหรือระดับที่สูงขึ้น เมื่อเรียนจบจากหลักสูตรแล้วนักเรียนสามารถนำจิตนิสัยวิศวกรรม ไปใช้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมได้ สามารถ ตระหนักถึงตนเองได้ว่ามีความสามารถเพียงพอต่อหรือไม่ เพื่อปลูกฝังทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยนักเรียนให้เกิดคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อการเรียนสาขาวิชาเอกวิศวกรรม ที่ก่อให้เกิดเป็น ทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพในสายอาชีพวิศวกรรม เพื่อเป็นกำลังสำคัญต่อการพัฒนาในโลกยุค ปัจจุบัน ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิด ดังนี้

แนวคิดในการพัฒนานักเรียน พัฒนาการของนักเรียนจะมีลำดับขั้นตอนซึ่งเป็นอัตราการเจริญเติบโตและระยะเวลาในการผ่านขั้นตอนต่าง ๆ โดยนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นนักเรียนที่อยู่ในช่วงกำลังค้นหาตัวตนจากสายการเรียนหรือตามวิชาเอก โดยนักเรียนที่เลือกเรียนตามสายการเรียนหรือตามวิชาเอกที่ตนเองสนใจนั้น จะมีความตั้งใจเรียนวิชาเฉพาะตามที่ตนเองเลือกมากกว่านักเรียนที่เลือกเรียนในสายการเรียนหรือวิชาเอกที่ไม่ใช่วิชาเฉพาะ

แนวคิดในการพัฒนาจิตนิสัยวิศวกรรม การส่งเสริมนักเรียนให้เกิดจิตนิสัยวิศวกรรม จำเป็นต้องปลูกฝังความรู้ ทักษะและคุณลักษณะไปพร้อมกัน เมื่อนักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้านอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาของหลักสูตร ซึ่งจิตนิสัยวิศวกรรมนี้คือองค์ประกอบที่ประกอบด้วยความรู้ ทักษะและคุณลักษณะทั้ง 3 ด้าน ที่จะเกิดขึ้นในเวลาไล่เลี่ยกันซึ่งไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับการเกิด ซึ่งในระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนสามารถเกิดองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านนี้ได้ จะสามารถอธิบายได้ว่านักเรียนเกิดจิตนิสัยวิศวกรรม แต่ต้องใช้ในการประเมินที่เหมาะสมเพื่อสะท้อนความมีจิตนิสัยวิศวกรรมออกมา

แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินตามสภาพจริง การประเมินผลเพื่อสะท้อนจิตนิสัยวิศวกรรมตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน มีรายละเอียดและองค์ประกอบคือ ด้านความรู้ วัดจาก การทำแบบฝึก/ใบงาน ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยประเมินในลักษณะของ Scoring Rubrics **ด้านทักษะ** วัดจาก การทำ Mind Mapping และ การสร้างชิ้นงาน ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยประเมินในลักษณะของ Scoring Rubrics **ด้านคุณลักษณะ** วัดจาก การตอบแบบประเมิน 360 องศา ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยประเมินในลักษณะของ Rating Scale แล้วนำผลที่ได้จากการประเมินชั้นเรียนทั้ง 3 ด้านมาประเมินภาพรวมขององค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมอีกครั้ง

แนวคิดในการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ เช่น ลักษณะของห้องเรียนควรเป็นห้องเรียนแบบเปิด มีพื้นที่เพียงพอสำหรับนักเรียนในการทำกิจกรรม เช่น การประกอบสะพาน ประกอบหุ่นยนต์ เป็นต้น โดยสถานที่จัดกิจกรรมควรเป็นสถานที่ที่สามารถจัดหาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้

แนวคิดเกี่ยวกับการบูรณาการ การจัดการเรียนรู้รายวิชาการศึกษาเชิงวิศวกรรม เป็นการวางแผนโดยบูรณาการทั้งวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ ภาษา คุณธรรมจริยธรรม

และศาสตร์อื่นๆโดยไม่แบ่งเป็นรายวิชา แต่ใช้ผสมผสานการเรียนรู้ให้เป็นการจัดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะในหลาย ๆ ศาสตร์ร่วมกัน โดยคำนึงถึงการลงมือปฏิบัติ การสำรวจ การวางแผน การทดลอง การสร้างสรรค์ชิ้นงาน การจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่ส่งเสริมความถนัดทางวิศวกรรมกับผู้เรียนที่มีความถนัดทางวิศวกรรมเช่นกันจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิด ความชอบและความสนใจ ทำให้สามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของความถนัดของนักเรียน ดังนั้น หน้าที่ของครูจะต้องวางแผนการจัดประสบการณ์ที่มีความหลากหลายในการเลือกใช้วิชาในการแก้ปัญหา หรือเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาทางวิศวกรรมเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่กำหนดไว้

แนวคิดเกี่ยวกับสื่อเทคโนโลยี การสร้างประสบการณ์การพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดนั้นสามารถนำสื่อ เทคโนโลยีและการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้มาสนับสนุนและเสริมสร้างการเรียนรู้ได้ สื่อสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถเป็น บุคคล วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ คลิปวิดีโอ เอกสารประกอบการสอน ตัวอย่างชิ้นงานที่สำเร็จ เพื่อให้เป็นแนวทางในการเรียนรู้ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อการใช้งานของนักเรียน ซึ่งครูจะต้องมีหน้าที่ในการกวดขันนักเรียนให้ใช้เครื่องมือด้วยความปลอดภัยไม่เล่นกันขณะทำการทดลองหรือสร้างชิ้นงาน

2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมมุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดจิตนิสัยวิศวกรรม เมื่อจบการศึกษาในหลักสูตรแล้วนักเรียน

1. มีจิตนิสัยวิศวกรรมตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ

2. มีความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง

หัวข้อที่ 2 สารสำคัญของหลักสูตร

3. ความหมายของจิตนิสัยวิศวกรรม

จิตนิสัยวิศวกรรม (Engineering Habit of Minds) หมายถึง การแสดงออกทางพฤติกรรมทางการคิดที่เป็นกระบวนการของวิชาวิศวกรรมโดยอัตโนมัติเมื่อพบกับปัญหา การรับส่งข้อมูล การประมวลผลบนแนวคิดของวิชาวิศวกรรมที่เป็นไปตามความเคยชิน ความคุ้นเคยใน

กระบวนการทางวิศวกรรมโดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหา เพื่อแก้ปัญหาตรงหน้าได้อย่างคล่องแคล่วโดยระลึกว่าเป็นการพัฒนาความคิดของตนเองตลอดเวลา สามารถจัดการตนเองได้ มีความรับผิดชอบ ถ่ายทอดความคิดผ่านการออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน คำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานและสามารถทำงานเป็นทีมได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการหาคำตอบของปัญหาได้ในที่สุด ซึ่งสามารถพิจารณาระดับจิตินัยวิศวกรรมโดยอิงจากแบบประเมินความตระหนักรู้ การวัดประเมินตามสภาพจริงและการวัดประเมินฐานสมรรถนะ จากการทำแบบฝึก/ใบงาน , Mind Mapping , การสร้างชิ้นงาน , แบบประเมิน 360 องศา จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ ด้านคุณลักษณะ โดยในแต่ละด้านจะประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้

พฤติกรรมบ่งชี้ หมายถึง การกระทำ หลักฐาน ร่องรอยสิ่งที่ชี้หรือบ่งบอกถึงพฤติกรรม ความสามารถ ที่เป็นไปตามกรอบขององค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมในแต่ละด้าน แสดงรายละเอียด องค์ประกอบหลัก 3 ด้านและพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1. ด้านความรู้

องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge)
หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และสามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ปืนกาว มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ด้านความรู้สหวิชาได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

- K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
- K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้
- K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้

2. ด้านทักษะ

องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)
หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาคำตอบ ทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับ

ผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1. คิววิเคราะห์ ซึ่งลำดับของการคิดวิเคราะห์ คือ 1.1 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ 1.2 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ 1.3 นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ 2. คิดคำนวณ ซึ่งลำดับของการคิดคำนวณ คือ 2.1 นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรกและอันดับสุดท้ายได้ 2.2 นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาได้ 3. คิดแก้ปัญหา นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4. คิดสังเคราะห์ นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถประเมินผลลัพธ์นั้นได้ว่าเป็นที่น่าพอใจหรือควรปรับปรุง 5. คิดสร้างสรรค์ ซึ่งลำดับขั้นของการคิดสร้างสรรค์ คือ 5.1 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาเป็นรูป sketch ได้ 5.2 นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์จากผลข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นชิ้นงาน โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านทักษะการคิดอย่างเป็นระบบได้ 9 พฤติกรรมดังนี้

S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้

S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้

S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้

S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้

S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด

S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าสนใจ หรือควรปรับปรุง

S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา

S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหา มาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน

3. ด้านคุณลักษณะ

องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการทำงานเป็นทีมได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้เหมาะสมตามความถนัด

A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา

A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม

องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสาร ทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้วเพื่อย้ำความเข้าใจ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการสื่อสารได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด

A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน

A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน

องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความคิดเห็น โดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วน

งานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วง ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการเป็นผู้นำได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน

A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ

A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง หมายถึง การเข้าใจและรับรู้ถึงกระบวนการคิด วิธีการทำงาน และแนวโน้มพฤติกรรมของตนเองในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม ได้แก่ วิธีคิดอย่างเป็นระบบ การทดลองและปรับปรุง การใช้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ และการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ สามารถสะท้อน (reflect) ถึงวิธีที่ตนเองคิดและตัดสินใจ และสามารถพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งวัดจาก การทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ในลักษณะของ Rating Scale

4. คำอธิบายรายวิชา

การทำความเข้าใจ อธิบายวิธีการและศึกษาหลักการและแนวคิดทฤษฎีจากความรู้พื้นฐานตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประยุกต์ใช้ความรู้ทั่วไปผ่านการคิดอย่างเป็นระบบในการสร้างสถานการณ์จำลองที่สามารถพบเห็นได้ในสายอาชีพวิศวกร เกี่ยวกับเนื้อหา โครงสร้าง กลศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ไฟฟ้า หุ่นยนต์ เคมีและโครงการวิศวกรรม คณิตวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหา คำนวณกระบวนการ คิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่เรียบเรียงมา คิดสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหาและคิดสร้างสรรค์การแก้ปัญหาจากข้อมูลทั้งหมด เขียนเค้าโครงภาพและลงมือสร้างจนเป็นชิ้นงาน ค้นคว้าหาคำตอบในวิถีทางของตนเองและการสร้างคุณลักษณะของวิศวกร ได้แก่ การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร การเป็นผู้นำ ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

กิจกรรมการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1. Bridge (สะพาน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการสร้างสะพานและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสะพานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. Gravity Table	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของแรงโน้มถ่วงและนำไปใช้แก้ปัญหาได้

(โด้ระแรงโน้มถ่วง)	2. สามารถวางแผนและสร้างโด้ระแรงโน้มถ่วงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของน้ำพุแรงดันและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างน้ำพุจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของการตรวจจับไฟฟ้าและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างเครื่องตัวไฟฟ้าสถิตจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของสรีระมนุษย์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างแขนหุ่นยนต์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีเป็นแก๊สและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างจรวดแรงดันแก๊สจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
7. Slime Making (สร้างสไลม์)	1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการของปฏิกิริยาเคมีมีการจับตัวของสารและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. สามารถวางแผนและสร้างสไลม์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

5. โครงสร้างรายวิชา

เนื้อหาในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม แบ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด 6 หน่วย ซึ่งแต่ละหน่วยจะใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบการใช้ปัญหาเป็นฐานและการใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้จากปัญหาในรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรม

การคิดเชิงวิศวกรรม หมายถึง พฤติกรรมทางการคิดที่เป็นกระบวนการของวิชาวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการรับส่งข้อมูลและประมวลผลที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานของแนวคิดวิชาวิศวกรรม เมื่อพบเจอปัญหาสมองจะเริ่มวางแผนในการแก้ปัญหาโดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหา ผ่านการออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อคำตอบของการแก้ปัญหา

หน่วยการเรียนรู้ที่	เวลาเรียน / คาบ	ตัวบ่งชี้
1	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
2	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
3	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
4	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
5	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
6	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33
	2	K1 , K2 , K3 , S1 , S2 , S3 , S4 , S5 , S6 , S7 , S8 , S9 , A11 , A12 , A13 , A21 , A22 , A23 , A31 , A32 , A33

ตอนที่ 2 การนำหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สู่การปฏิบัติ

รายละเอียดในการนำหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปปฏิบัติเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ตามที่หลักสูตรได้ระบุไว้
ประกอบด้วย แนวทางการใช้หลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดสภาพแวดล้อม การประเมิน
พัฒนาการนักเรียนและมุมมองต่อปัญหาที่ไดพบเจอระหว่างการใช้งานหลักสูตรและวิธีการแก้ปัญหา

หัวข้อที่ 3 การใช้หลักสูตรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

6. แนวทางการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในรายวิชานี้ยึดหลักการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เป็นสำคัญ โดยมุ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง การแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบร่วมมือ การใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) และการใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) ครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Facilitator) มากกว่าการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้โดยตรง แนวทางดังกล่าวเอื้อต่อการพัฒนาทั้งความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนอย่างสมดุล

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ ควรคำนึงถึงความยากง่ายต่อการเรียนรู้ ตามความสามารถของนักเรียน โดยสามารถประยุกต์ใช้สื่อที่ทำขึ้นเอง

แนวทางการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ มุ่งเน้นในการจัดประสบการณ์ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยคำนึงถึงพัฒนาการโดยรวมของการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ตามกิจกรรมการเรียนรู้

แนวทางการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้จิตินัย วิศวกรรมจำเป็นต้องจัดสภาพแวดล้อมให้มีความน่าสนใจ ให้นักเรียนเกิดความรู้ท้าทายที่จะลงมือทำ หรือทดลอง แต่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการทำกิจกรรมทั้งในและนอกห้องเรียน ในกรณีที่ต้องใช้สถานที่สำหรับการทดลอง

แนวทางการประเมิน เป็นขั้นตอนในการประเมินประสิทธิผลจากการใช้หลักสูตร ซึ่งจะต้องทำการประเมินองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน โดยใช้แบบประเมินตามองค์ประกอบเพื่อใช้ในการสะท้อนจิตินัยวิศวกรรมให้ออกมาเป็นรูปธรรมมากที่สุด ได้แก่ ด้านความรู้ วัดประเมินจาก ใบงาน/แบบฝึก ด้านทักษะ วัดประเมินจาก Mind Mapping และ ด้านคุณลักษณะ วัดประเมินจากแบบประเมิน 360 องศา

7. แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชานี้ ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับโครงสร้างรายวิชาและแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยมีรายละเอียดครบถ้วนในแต่ละบทเรียน เช่น ชื่อหน่วยการเรียนรู้ เวลาเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/แหล่งการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ ที่จะถูกใช้เป็นเครื่องมือหลักในการทำและดำเนินการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ

หัวข้อที่ 4 การจัดสภาพแวดล้อม

บทบาทผู้ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการหลักสูตรและการจัดทำหลักสูตร

ผู้บริหารสถานศึกษา ส่วนหนึ่งในการบ่งบอกว่าการจัดการศึกษาจะประสบผลสำเร็จได้ดีหรือมีคุณภาพเพียงใดขึ้นอยู่กับผู้บริหาร ซึ่งนับเป็นองค์ประกอบสำคัญในการจัดการศึกษา โดยมีคุณสมบัติและบทบาท ดังนี้

คุณสมบัติของผู้บริหาร ประกอบด้วย

1. มีความเข้าใจในการจัดการศึกษานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. มีวิสัยทัศน์กว้างไกล
3. มีความมุ่งมั่นในการจัดการศึกษา มุ่งมั่นในสร้างระบบคุณภาพให้เกิดขึ้นใน

สถานศึกษา

4. เป็นผู้มีความร่วมมือและประสานงานกับทุกฝ่าย

บทบาทหน้าที่ของผู้บริหาร ประกอบด้วย

1. จัดให้มีแผนพัฒนา เพื่อใช้ในการดำเนินการจัดการศึกษาของสถานศึกษา
2. เป็นผู้นำในการจัดทำหลักสูตร
3. จัดให้มีการประชาสัมพันธ์หลักสูตร
4. จัดให้มีการประเมินนำหลักสูตรไปใช้เพื่อพัฒนาหลักสูตร

ครูผู้สอน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองตามศักยภาพ ซึ่งครูควรมีคุณสมบัติและบทบาท ดังนี้

คุณสมบัติของครูผู้สอน ประกอบด้วย

1. เป็นผู้ที่มีความรู้วิชาเอกพื้นฐานคือวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์
2. เป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก และ

ประสบการณ์การสอนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

3. เป็นผู้พัฒนาตนเองอยู่เสมอในด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยชิ้นงานหรือการประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายความรู้ในสาขาวิชาวิศวกรรม

4. เป็นผู้ที่มีระดับวุฒิภาวะและบุคลิกที่เหมาะสม

บทบาทของครูผู้สอน ประกอบด้วย

1. วางแผนกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้
2. จัดทำแผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง
3. จัดทำและพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้นักเรียนทั้งภายในและนอกห้องเรียน จัดหาแหล่งการเรียนรู้อื่น เช่น ห้องสมุด ลานกิจกรรมโรงเรียน เป็นต้น ที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น อยากร่วม
4. ศึกษานักเรียนเป็นรายกรณีหรือจัดทำวิจัยในชั้นเรียน พัฒนาหลักสูตรและกระบวนการ
5. จัดทำข้อมูลนักเรียนรายบุคคลและรายกลุ่ม เพื่อเก็บรวบรวมผลทั้งในรายบุคคล และภาพรวมสำหรับการประเมินผลรายบุคคลและทั้งชั้นเรียน
6. เป็นผู้ให้คำแนะนำมากกว่าจะเป็นผู้ถ่ายทอด

บทบาทของนักเรียน การจัดการศึกษาตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนทุกคนที่ต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมด้วยตนเองในทุกๆกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ในการเรียนรู้ทุกๆกิจกรรม

หัวข้อที่ 5 การประเมินพัฒนาการนักเรียน

เกณฑ์การประเมินผลจิตินัยวิศวกรรมจำแนกตามองค์ประกอบออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ ซึ่งใช้เกณฑ์การประเมินตามองค์ประกอบแต่ละด้าน ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนจิตินัยวิศวกรรม ด้านความรู้ [K]

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน / ให้คะแนนด้านความรู้ คือ แบบฝึก / ใบงาน ซึ่งจะแสดงเป็น Rubic Score ดังนี้

ตารางที่ 1.1 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านความรู้ K1 (Scoring Rubrics)

คะแนน	พฤติกรรม K1
3	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน
2	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
1	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้บ้าง
0	K1. นักเรียนไม่สามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ตารางที่ 1.2 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านความรู้ K2 (Scoring Rubrics)

คะแนน	พฤติกรรม K2
3	K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ตรงจุดและชัดเจน
2	K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ตรงจุด แต่ไม่ชัดเจน
1	K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ไม่ตรงจุด
0	K2. นักเรียนไม่สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้

ตารางที่ 1.3 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านความรู้ K3 (Scoring Rubrics)

คะแนน	พฤติกรรม K3
3	K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้ สามารถนำไปแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
2	K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้ สามารถนำไปแก้ปัญหาได้บ้าง
1	K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้บ้าง สามารถนำแก้ปัญหาได้แต่ไม่ถูกต้อง
0	K3. นักเรียนไม่รู้วิธีการใช้งานทฤษฎีความรู้ ไม่สามารถนำไปแก้ปัญหาได้

เกณฑ์การให้คะแนนจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านทักษะ [S]

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ คือ Mind Mapping และ ชิ้นงาน ซึ่ง
จะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S1 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S1
3	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ ถูกต้องและชัดเจน
2	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
1	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้บ้าง
0	S1. นักเรียนไม่สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S2 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S2
3	S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้สมเหตุสมผลและชัดเจน
2	S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้สมเหตุสมผลแต่ไม่ชัดเจน
1	S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้บ้าง
0	S2. นักเรียนไม่สามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S3 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S3
3	S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้สมเหตุสมผลและชัดเจน
2	S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้สมเหตุสมผล แต่ไม่ชัดเจน
1	S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้บ้าง
0	S3. นักเรียนไม่สามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S4 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S4
3	S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้ อย่างเป็นขั้นเป็นตอน
2	S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้
1	S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ แต่ไม่ได้เรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุด
0	S4. นักเรียนไม่สามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ ไม่สามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S5 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S5
3	S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัดได้อย่างชัดเจน
2	S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัดได้ แต่ไม่ชัดเจน
1	S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้บ้าง สามารถประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัดได้บ้าง และไม่ชัดเจน
0	S5. นักเรียนไม่สามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ไม่สามารถประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัดได้

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S6 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S6
3	S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2	S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน ที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
1	S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ขาดตกบกพร่อง ที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
0	S6. นักเรียนไม่สามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S7 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S7
3	S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าสนใจ หรือควรปรับปรุงได้อย่างชัดเจนและสมเหตุสมผล
2	S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาได้แต่ไม่ชัดเจน สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าสนใจหรือควรปรับปรุงแต่ไม่ชัดเจน
1	S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน ไม่สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าสนใจหรือควรปรับปรุง
0	S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน ไม่สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าสนใจหรือควรปรับปรุง

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S8 (Mind Mapping)

คะแนน	พฤติกรรม S8
3	S8. นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจนและภาพเข้าใจง่าย
2	S8. นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหาได้ไม่ชัดเจนเท่าที่ควรและภาพพอเข้าใจได้
1	S8. นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี สามารถนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหาได้บ้าง แต่ไม่สามารถทำความเข้าใจได้
0	S8. นักเรียนไม่สามารถสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี ไม่สามารถนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหาได้

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์การประเมิน / ให้คะแนนด้านทักษะ S9 (ชิ้นงาน)

คะแนน	พฤติกรรม S9
5	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาสร้างสรรค์ให้ ออกมาเป็นชิ้นงาน แข็งแรงแน่นหนาไม่พังง่าย สามารถเคลื่อนย้ายได้ตามปกติ
4	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาสร้างสรรค์ให้ ออกมาเป็นชิ้นงาน แข็งแรงแน่นหนาไม่พังง่าย แต่สามารถเคลื่อนย้ายได้แบบมีเงื่อนไข
3	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาสร้างสรรค์ให้ ออกมาเป็นชิ้นงาน มีความแข็งแรงบางส่วน ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้
2	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาสร้างสรรค์ให้ ออกมาเป็นชิ้นงาน ไม่มีความแข็งแรง ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้
1	S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาสร้างสรรค์ให้ ออกมาเป็นชิ้นงาน แต่ยังไม่เป็นรูปเป็นร่าง
0	S9. นักเรียนไม่สามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาสร้างสรรค์ให้ ออกมาเป็นชิ้นงานได้

เกณฑ์การให้คะแนนจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านคุณลักษณะ [A]

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน / ให้คะแนนด้านคุณลักษณะ คือ แบบประเมิน 360 องศา ที่จะ
ให้นักเรียน เพื่อนและครูเป็นผู้ประเมิน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้ 3 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้ 2 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้ 1 คะแนน
พฤติกรรมที่ไม่ปฏิบัติ	ให้ 0 คะแนน

และข้อคำถามสำหรับประเมินแสดงดังตารางต่อไปนี้

คุณลักษณะ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		ตนเอง	เพื่อน	ครู
1. การทำงานเป็นทีม	A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้เหมาะสมตามความถนัด			
	A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา			
	A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม			
2. การสื่อสาร	A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด			
	A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน			
	A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน			
3. การเป็นผู้นำ	A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน			
	A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ			
	A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุมานะทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น			

8. การประเมินผลหลักสูตร

การประเมินผลหลักสูตรนี้ใช้ทั้งการประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment) ซึ่งครอบคลุมการประเมินด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ จากการนำข้อมูลในการประเมินตามองค์ประกอบมาประเมินตามน้ำหนักคะแนนที่กำหนดไว้เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การประเมินผล จิตนิสัยวิศวกรรมโดยกำหนดเกณฑ์การผ่านตั้งแต่ร้อยละ 60 ของคะแนนตลอดทั้งหลักสูตร

เกณฑ์การประเมินผลจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การประเมินผลจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จะประเมินโดยใช้คะแนนที่ได้จากการประเมินแยกส่วนองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรม 3 ด้าน คือด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ มารวมเป็นการประเมินรวมส่วนโดยแบ่งเป็นร้อยละของคะแนนดังนี้

องค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรม	ร้อยละของคะแนนการประเมินตาม องค์ประกอบ
ด้านความรู้	30
ด้านทักษะ	40
ด้านคุณลักษณะ	30
รวม	100

ซึ่งเกณฑ์การวัดและประเมินผลรายวิชาพิจารณาจาก

1. นักเรียนต้องมีเวลาเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลาเรียนทั้งหมด
2. นักเรียนต้องได้รับการประเมินผลการเรียนรู้ทุกหน่วยการเรียนรู้
3. นักเรียนต้องได้คะแนนตามองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป
4. นักเรียนต้องได้คะแนนภาพรวมจิตนิสัยวิศวกรรมตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป

ดังตารางแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

ตารางแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

คะแนน	เกรด
0 – 50.00	0
50.01 – 55.00	1
55.01 – 60.00	1.5
60.01 – 65.00	2
65.01 – 70.00	2.5
70.01 – 75.00	3
75.01 – 80.00	3.5
80.01 ขึ้นไป	4

หัวข้อที่ 7 ปัญหาที่พบบ่อย แนวทางแก้ไข

ลักษณะที่พบ	สาเหตุ	การแก้ไขเบื้องต้น
นักเรียนไม่มีกลุ่มเรียน	การจัดกลุ่มตามจำนวนที่กำหนดไม่ลงตัว	- ให้นักเรียนหากกลุ่มที่ต้องการอยู่ - ครูช่วยนักเรียนจัดกลุ่ม
นักเรียนขาดความสนใจในการเรียน	- นักเรียนรู้สึกไม่สนใจในการเรียน - กิจกรรมไม่น่าสนใจ	- ครูช่วยสร้างแรงบันดาลใจในการเรียน - ปรับการจัดกิจกรรมให้มีความน่าสนใจ/ครูเกริ่นปัญหาที่น่าสนใจสำหรับนักเรียน - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือทำด้วยตนเองเพื่อให้นักเรียนเห็นความท้าทายและอยากทำ

ลักษณะที่พบ	สาเหตุ	การแก้ไขเบื้องต้น
		ต่อ
นักเรียนไม่ทำกิจกรรม	- นักเรียนไม่เห็นความสำคัญของการเรียน - นักเรียนสนใจสิ่งอื่นมากกว่ากิจกรรมเรียน	- สร้างกฎในการเรียนในชั้นเรียน - ครูพยายามดึงนักเรียนให้กลับมาสู่กิจกรรม
นักเรียนไม่ได้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง	- นักเรียนลอกงานของเพื่อนส่งครู	- ครูตักเตือนการกระทำของนักเรียนและให้นักเรียนทำใหม่ - ครูถามนักเรียนด้วยปากเปล่าถึงวิธีการ/กระบวนการที่นักเรียนเขียน
นักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นกระบวนการได้	- โจทย์ปัญหาเป็นโจทย์ใหม่สำหรับนักเรียนทำให้นักเรียนไม่ทราบวิธีการในการแก้ปัญหา	- ครูแนะนำให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลเพื่อศึกษาวิธีการแก้ปัญหา - ครูแนะนำให้นักเรียนเห็นถึงสาเหตุของปัญหาและตั้งคำถามเพื่อจุดประกายในการแก้ปัญหาของนักเรียน
นักเรียนค้นข้อมูลผ่านการใช้ AI และไม่ได้สังเคราะห์ข้อมูล	- นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จาก AI ในทันทีโดยที่ไม่ทำการประมวลหรือสังเคราะห์ข้อมูลก่อนนำมาใช้	- ครูให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของแหล่งข้อมูลที่ได้และเปรียบเทียบกับแหล่งอื่นเพิ่ม 2 – 3 แหล่ง - อธิบายให้นักเรียนเห็นถึงข้อดีข้อเสียของการใช้งาน AI และการสังเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็น
นักเรียนลงมือทำก่อนการวางแผน	- นักเรียนอยากทดลองทันทีหลังจากได้อุปกรณ์	- ครูแนะนำให้นักเรียนหาข้อมูลและเริ่มวางแผนก่อน และเน้นย้ำเรื่องทรัพยากร/อุปกรณ์ที่ให้

ลักษณะที่พบ	สาเหตุ	การแก้ไขเบื้องต้น
		จะไม่ได้เพิ่มอีก
ชิ้นงานของนักเรียนไม่สามารถใช้งานได้	- นักเรียนอาจจะลืมขั้นตอนหรือการทำงานบางส่วนที่ทำให้กระบวนการทำงานไม่สมบูรณ์	- ครูแนะนำให้นักเรียนตรวจสอบขั้นตอนและหาสาเหตุของข้อผิดพลาดเพื่อเป็นการเรียนรู้ในกรณีที่พลาด
นักเรียนเขียนงานแล้วอ่านไม่ออก	- นักเรียนรีบเขียนงานที่ได้รับมอบหมายจนอ่านลายมือออกได้ยาก	- ระยะเวลาที่กำหนดให้น้อยไป - กิจกรรมที่กำหนดให้ต้องใช้เวลามากทำให้นักเรียนจัดการเวลาไม่ได้
นักเรียนลืมตอบแบบประเมินคุณลักษณะ	- เนื่องจากความ匆ุ่ละทุกในการทำกิจกรรมทำให้นักเรียนลืมที่จะทำแบบประเมิน 360 องศา	- แนะนำให้นักเรียนทำแบบประเมินก่อนหมดเวลากิจกรรม - ครูวางแผนการแจกใบประเมินหรือปรับรูปแบบการประเมินที่ทำให้นักเรียนได้ประเมินได้

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. แบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบ นิยาม ความหมายและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. แบบยืนยันข้อมูลความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบ นิยาม ความหมายและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. แบบประเมินความสอดคล้องความตระหนักรู้ของตนเองที่มีต่อจิตนิสัย วิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
4. แบบประเมินร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัย วิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. แบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบ นิยามความหมาย และตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบประเมินชุดนี้ ประกอบด้วยแบบประเมิน 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชุดที่ 2 แบบประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ชุดที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบ นิยามความหมายและตัวบ่งชี้จิต นิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบประเมินชุดนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบวิจัย เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. แบบประเมินนี้ สอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องว่ามีความเป็นไปได้และเหมาะสมในการนำไปใช้ในการพัฒนานักเรียนในหลักสูตร ซึ่งผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทางการศึกษาที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

3. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด แบบประเมิน มีจำนวน 3 คือ

ตอนที่ 1.1 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก

ตอนที่ 1.2 แบบประเมินความเหมาะสมของนิยามความหมายองค์ประกอบหลัก

ตอนที่ 1.3 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้

ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยเกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

เหมาะสมที่สุด	มีค่าเท่ากับ	5 คะแนน
เหมาะสมมาก	มีค่าเท่ากับ	4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	มีค่าเท่ากับ	3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	มีค่าเท่ากับ	2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	มีค่าเท่ากับ	1 คะแนน

ข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์และนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น ผู้วิจัยจะถือความลับ และจะไม่นำไปเผยแพร่แต่ประการใด ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้

นายวรวิทย์ แซ่เต๋

นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้อมูลส่วนตัวผู้ประเมิน

1. ผู้เชี่ยวชาญสาขา

.....

2. ประสบการณ์ในการทำงาน

.....

3. วุฒิการศึกษา

.....

4. ตำแหน่งปัจจุบัน

.....

5. สถานที่ทำงาน

.....

ตอนที่ 1.1 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก

คำชี้แจง หลังจากพิจารณาองค์ประกอบหลักจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาแล้ว
ท่านคิดว่าองค์ประกอบหลักที่กำหนดให้มีความเหมาะสมน้อยเพียงใด

องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น				
	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
1. การคิดอย่างเป็นระบบ					
2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา					
3. การคิดออกมาเป็นภาพ					
4. การคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น					
5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา					
6. การคิดดัดแปลงและพัฒนา					

ท่านคิดว่าการคิดที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรม ควรเป็นแบบใด

.....

.....

.....

ท่านคิดว่าจิตินัยวิศวกรรมที่จำเป็นนอกเหนือจากจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 6 ประการข้างต้น ควรเป็น
เช่นไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ตอนที่ 1.2 แบบประเมินความเหมาะสมของนิยามความหมายองค์ประกอบหลัก

คำชี้แจง หลังจากพิจารณานิยามความหมายองค์ประกอบหลักจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาแล้ว ท่านคิดว่านิยามความหมายองค์ประกอบหลักที่กำหนดให้มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

นิยามความหมายขององค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น				
	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
องค์ประกอบหลักที่ 1. การคิดอย่างเป็นระบบ					
หมายถึง : การมองภาพรวมของสิ่งที่เป็นปัญหา และลงรายละเอียดถึงรูปแบบของการทำงาน การมองระบบ การจำแนกส่วนประกอบภายนอกภายในที่เกี่ยวข้องกัน โดยอ้างอิงจากพื้นฐานความเป็นไปได้โดยอาศัยข้อมูลเอกสาร รวมไปถึงการตั้งสมมติฐานถึงความเกี่ยวข้องกันในระบบนั้นๆ					
องค์ประกอบหลักที่ 2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา					
หมายถึง : การค้นหาและตรวจสอบความถูกต้องของระบบที่ได้จากการตั้งสมมติฐานหรือการมองภาพรวมในขั้นการคิดเป็นระบบ ซึ่งการค้นหาและตรวจสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อบ่งชี้ปัญหาจากการตรวจสอบระบบการทำงานที่ละจุดหรือการพบปัญหาจากความผิดพลาดที่ชัดเจน การยืนยันสิ่งที่เป็นปัญหา					
องค์ประกอบหลักที่ 3. การคิดออกมาเป็นภาพ					
หมายถึง : การถ่ายทอด การสื่อสาร การคิดเพื่อแปลเปลี่ยนสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ออกมาเป็นรูปธรรม เพื่อถ่ายทอดการนำเสนอผู้อื่นให้เข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การสเก็ตภาพ การสร้างแผนภาพ การออกแบบ เป็นต้น รวมถึงการเขียนรายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ การจัดการวัสดุ การจินตนาการส่วนประกอบของวัสดุที่เป็นไปได้และ					

นิยามความหมายขององค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น				
	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
ถ่ายทอดออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพให้ได้ในโลกแห่งความจริง และสามารถทำให้เป็นจริงขึ้นมาได้					
องค์ประกอบหลักที่ 4. การคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น					
หมายถึง : ความพยายามไม่ลดละต่อการพัฒนาและการตรวจสอบซ้ำ การคิดทบทวนซ้ำให้เกิดผลที่ดียิ่งขึ้น ให้รูปแบบและประสิทธิภาพมีแนวโน้มดีกว่าค่าที่ออกแบบไว้ โดยอาศัยประสบการณ์ จากข้อมูลการทดลอง รวมถึงการสร้างตัวต้นแบบ					
องค์ประกอบหลักที่ 5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา					
หมายถึง : การประยุกต์ใช้สิ่งต่างๆเพื่อสร้างสรรค์สร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด การออกแบบเพื่อสร้างนวัตกรรม ออกแบบสร้างตัวต้นแบบ ออกแบบสร้างตัวทดลองที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพแวดล้อม ความเป็นไปได้ในสภาวะความเป็นจริง คุณภาพวัสดุ ระดับการใช้งาน เป็นต้น					
องค์ประกอบหลักที่ 6. การคิดดัดแปลงและพัฒนา					
หมายถึง : การทดลองใช้วิธีการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ผลลัพธ์ การให้ผลสะท้อนการทำงาน การปรับเปลี่ยนวิธีคิด ปรับเปลี่ยนรูปแบบ การปรับสภาพหรือการปรับแต่งเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ออกมาดียิ่งขึ้น					

ท่านคิดว่านิยามความหมายจิตนิสัยวิศวกรรมเหมาะสมหรือไม่ ความหมายที่เหมาะสมในแต่ละหัวข้อควรเป็นแบบใด

.....

.....

.....

.....

ท่านคิดว่านิยามความหมายจิตนิสัยของวิศวกรรมทั้ง 6 ประการที่เหมาะสม ควรเป็นแบบใด

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

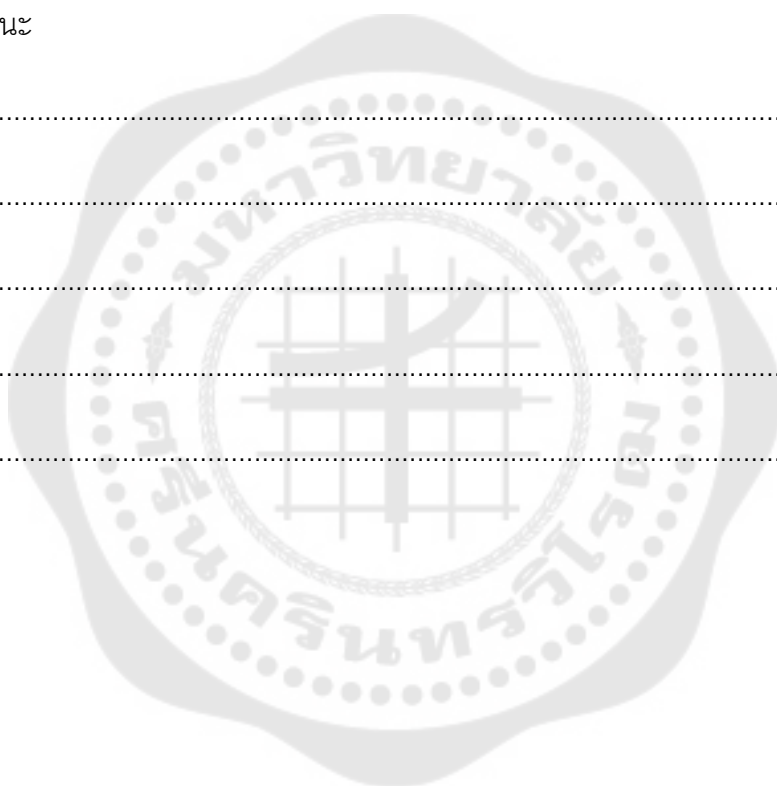
.....

.....

.....

.....

.....



ตอนที่ 1.3 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้

คำชี้แจง หลังจากพิจารณาองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาแล้ว ท่านคิดว่าองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้ที่กำหนดให้มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

องค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น				
	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
องค์ประกอบหลักที่ 1. การคิดอย่างเป็นระบบ					
1.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดอย่างเป็นระบบได้					
1.2 นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานจากการมองระบบการทำงานว่าส่วนใดคือข้อบกพร่องหรือจุดอ่อน					
1.3 นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งที่คาดว่าจะปัญหาของระบบได้					
1.4 นักเรียนสามารถพูดอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบที่ชัดเจนหรือเข้าใจภาพรวมอย่างคร่าวๆได้					
1.5 นักเรียนแสดงพฤติกรรมการคิด ชูกคิด หรือพฤติกรรมที่แสดงออกว่านักเรียนกำลังทำความเข้าใจระบบเมื่อพบเจอปัญหา					
1.6 สังเกตจากร่องรอยการทำงานของนักเรียนพบว่านักเรียนมีการกำหนดภาพรวมของระบบที่ชัดเจนหรือเข้าใจภาพรวมอย่างคร่าวๆ					
องค์ประกอบหลักที่ 2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา					
2.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดค้นหาต้นตอของปัญหาได้					
2.2 นักเรียนลงมือสำรวจและตรวจสอบตำแหน่งที่คาดว่าปัญหา จนสามารถยืนยันได้ว่าตำแหน่งนั้นเป็นปัญหาจริงหรือไม่					
2.3 นักเรียนสามารถพูดอธิบายขั้นตอนการสำรวจและวิธีการตรวจสอบตำแหน่งที่คาดว่าจะปัญหาได้					
2.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกว่าได้ลงมือสำรวจและตรวจสอบจุดที่คาดว่าจะปัญหาทันทีหลังจากที่หยุดคิดไปครู่หนึ่ง					
2.5 สังเกตจากการลงมือสำรวจและตรวจสอบจุดที่เป็นปัญหา					
2.6 สังเกตจากร่องรอยการสำรวจ ตรวจสอบหรือค้นคว้าวิธีการตรวจสอบของนักเรียน					
องค์ประกอบหลักที่ 3. การคิดออกมาเป็นภาพ					

องค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น				
	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
3.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดออกมาเป็นภาพได้					
3.2 นักเรียนสามารถนำเสนอปัญหาที่พบ ส่วนที่เป็นปัญหาของระบบ แผนผังของระบบ แผนภาพที่ใช้ประกอบการนำเสนอให้ผู้รับฟังเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนต้องการจะสื่อได้					
3.3 นักเรียนสามารถพูดอธิบาย พูดเพื่อถ่ายทอดสิ่งที่คิดให้ผู้ฟังเข้าใจได้					
3.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความพยายามในการอธิบายสิ่งที่คิดให้ออกมาเป็นสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้ด้วยรูป					
3.5 สังเกตจากร่องรอยการร่างภาพประกอบหรือการวางลำดับการนำเสนอให้ผู้รับสารให้ตรงกับที่คิด					
องค์ประกอบหลักที่ 4. การคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น					
4.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดเพื่อทำให้ดีขึ้นได้					
4.2 นักเรียนสามารถปรับปรุงเครื่องมือหรือสิ่งที่มีทั้งหมด เช่น ภาพประกอบระบบการทำงาน การนำเสนอ การวางแผนในการแก้ปัญหา ตำแหน่งที่เป็นปัญหา โดยการพิจารณาความถูกต้อง ตรวจสอบเข้าไปซ้ำมาจนแน่ใจว่าไม่ผิดพลาดและทำการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น					
4.3 นักเรียนสามารถพูดอธิบายวิธีการพัฒนา การสำรวจจุดที่ควรพัฒนา แนวคิดในการปรับปรุงให้ดีขึ้นอีกครั้งแม้จะเป็นสิ่งที่ดีอยู่แล้วอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้					
4.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกว่ากำลังพัฒนาหรือแก้ไขสิ่งที่ทำเสร็จเรียบร้อยแล้วแล้วให้ดีขึ้น เช่น การลบและเขียนแนวคิดใหม่หรือข้อมูลใหม่แทนที่ข้อมูลเดิม					
4.5 สังเกตจากร่องรอยการขีดเขียนหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงการพัฒนาและแก้ไข					
องค์ประกอบหลักที่ 5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา					
5.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดสร้างวิธีแก้ปัญหาได้					
5.2 นักเรียนสามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมเพื่อช่วยในการแก้ปัญหบนพื้นฐานของข้อจำกัดเรื่องทรัพยากรได้ เช่น ไม่กระทบสภาพแวดล้อม มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาเป็นที่น่าสนใจเมื่อเทียบกับวิธีเดิมที่เสียไป					
5.3 นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าข้อจำกัดในการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญมีอะไรบ้าง พร้อมบอกวิธีแก้ปัญหาที่อยู่บนความสมดุลระหว่างทรัพยากรที่จำกัดกับปัญหาที่ต้องแก้					
5.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการหาข้อมูลปัจจัยข้อจำกัดเพื่อกำหนดความเป็นไปได้สูงสุดเพื่อระบุทรัพยากรที่สามารถใช้ได้ในการแก้ปัญหา					

องค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น				
	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
5.5 สังเกตจากร่องรอยการเขียนหรือร่องรอยการจดบันทึกที่แสดงถึงพฤติกรรมในการแก้ปัญหา					
องค์ประกอบหลักที่ 6. การคิดดัดแปลงและพัฒนา					
6.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดดัดแปลงและพัฒนาได้					
6.2 นักเรียนลงมือทดลองใช้วิธีการในการแก้ปัญหาที่คิดค้นขึ้นกับปัญหาและประเมินประสิทธิภาพที่ได้จากการแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงให้ดีขึ้น					
6.3 นักเรียนสามารถอธิบายการทำงานและวิธีในการแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนที่คิดค้นขึ้นได้					
6.4 นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดการทดลองแก้ปัญหาด้วยวิธีการของนักเรียนจึงประสบผลสำเร็จ/ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร					
6.5 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการทดลองแก้ปัญหาด้วยวิธีที่คิดค้นขึ้น นักมีพฤติกรรมในการเก็บข้อมูลและประเมินข้อผิดพลาดของตนเอง					
6.6 สังเกตจากการลงมือแก้ปัญหาที่นักเรียนแสดงออก					

ชุดที่ 2 แบบประเมินความสอดคล้องของนิยามความหมายขององค์ประกอบหลัก และตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบประเมินชุดนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบวิจัย เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. แบบประเมินนี้ สอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความสอดคล้องตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องว่ามีความเป็นไปได้และเหมาะสมในการนำไปใช้ในการพัฒนานักเรียนในหลักสูตร ซึ่งผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทางการศึกษาที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

3. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด แบบประเมิน มีจำนวน 2 คือ

ตอนที่ 2.1 แบบประเมินความสอดคล้องของนิยามความหมายขององค์ประกอบหลัก

ตอนที่ 2.2 แบบประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้

แบบประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จะนำมาใช้ทดลองในหลักสูตร โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนน +1	สำหรับองค์ประกอบหรือตัวชี้ที่ผู้ทรงคุณวุฒิแน่ใจว่าสอดคล้องกัน
คะแนน 0	สำหรับองค์ประกอบหรือตัวบ่งชี้ที่ผู้ทรงคุณวุฒิไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกัน
คะแนน -1	สำหรับองค์ประกอบหรือตัวบ่งชี้ที่ผู้ทรงคุณวุฒิแน่ใจว่าไม่สอดคล้องกัน

4. ข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์และนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น ผู้วิจัยจะถือความลับ และจะไม่นำไปเผยแพร่แต่ประการใด ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้

นายวรวุฒิ แซ่ตั้ง

นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตอนที่ 2.1 แบบประเมินความสอดคล้องของนิยามความหมายองค์ประกอบหลัก

คำชี้แจง หลังจากพิจารณานิยามความหมายองค์ประกอบหลักจิตนัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้ว ท่านคิดว่านิยามความหมายองค์ประกอบหลักที่กำหนด มีความสอดคล้องกันหรือไม่

นิยามความหมายองค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	สอดคล้อง (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่สอดคล้อง (-1)	
องค์ประกอบหลักที่ 1. การคิดอย่างเป็นระบบ				
หมายถึง : การมองภาพรวมของสิ่งที่ปัญหา และลงรายละเอียดถึงรูปแบบของการทำงาน การมองระบบ การจำแนกส่วนประกอบภายนอกภายในที่เกี่ยวข้องกัน โดยอ้างอิงจากพื้นฐานความเป็นไปได้โดยอาศัยข้อมูลเอกสาร รวมไปถึงการตั้งสมมติฐานถึงความเกี่ยวข้องกันในระบบนั้นๆ				
องค์ประกอบหลักที่ 2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา				
หมายถึง : การค้นหาและตรวจสอบความถูกต้องของระบบที่ได้จากการตั้งสมมติฐานหรือการมองภาพรวมในขั้นการคิดเป็นระบบ ซึ่งการค้นหาและตรวจสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันปัญหาจากการตรวจสอบระบบการทำงานที่ละจุดหรือการพบปัญหาจากความผิดพลาดที่ชัดเจน การยืนยันสิ่งที่ปัญหา				
องค์ประกอบหลักที่ 3. การคิดออกมาเป็นภาพ				
หมายถึง : การถ่ายทอด การสื่อสาร การคิดเพื่อแปลเปลี่ยนสิ่งที่ป็นนามธรรมให้ออกมาเป็นรูปธรรม เพื่อง่ายแก่การนำเสนอผู้อื่นให้เข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การสเก็ตภาพ การสร้างแผนภาพ การออกแบบ เป็นต้น รวมถึงการเขียนรายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ การจัดการวัสดุ การจินตนาการส่วนประกอบของวัสดุที่เป็นไปได้ และถ่ายทอดออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพให้ได้ในโลกแห่งความจริง และสามารถทำให้เป็นจริงขึ้นมาได้				
องค์ประกอบหลักที่ 4. การคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น				
หมายถึง : ความพยายามไม่ลดละต่อการพัฒนาและการตรวจสอบซ้ำ การคิดทบทวนซ้ำให้เกิดผลที่ดียิ่งขึ้น ให้รูปแบบและประสิทธิภาพมีแนวโน้มดีมากกว่าค่าที่ออกแบบไว้ โดยอาศัยประสบการณ์ จากข้อมูลการ				

นิยามความหมายขององค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
ทดลอง รวมถึงการสร้างตัวต้นแบบ				
องค์ประกอบหลักที่ 5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา				
หมายถึง : การประยุกต์ใช้สิ่งต่างๆเพื่อสร้างสรรค์สร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด การออกแบบเพื่อสร้างนวัตกรรม ออกแบบสร้างตัวต้นแบบ ออกแบบสร้างตัวทดลองที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพแวดล้อม ความเป็นไปได้ในสภาวะความเป็นจริง คุณภาพวัสดุ ระดับการใช้งาน เป็นต้น				
องค์ประกอบหลักที่ 6. การคิดดัดแปลงและพัฒนา				
หมายถึง : การทดลองใช้วิธีการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ผลลัพธ์ การให้ผลสะท้อนการทำงาน การปรับเปลี่ยนวิธีคิด ปรับเปลี่ยนรูปแบบ การปรับสภาพหรือการปรับแต่งเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ออกมาดียิ่งขึ้น				

ความคิดเห็นเพิ่มเติม สำหรับแบบประเมินตอนที่ 2.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2.2 แบบประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้

คำชี้แจง หลังจากพิจารณาองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้ว ท่าน คิดว่าองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้ที่กำหนด มีความสอดคล้องกันหรือไม่

องค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	สอดคล้อง (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่สอดคล้อง (-1)	
องค์ประกอบหลักที่ 1. การคิดอย่างเป็นระบบ				
1.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดอย่างเป็นระบบได้				
1.2 นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานจากการมองระบบการทำงานว่าส่วนใดคือข้อบกพร่องหรือจุดอ่อน				
1.3 นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งที่คาดว่าจะปัญหาของระบบได้				
1.4 นักเรียนสามารถพูดอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบที่ชัดเจนหรือเข้าใจภาพรวมอย่างคร่าวๆได้				
1.5 นักเรียนแสดงพฤติกรรมการคิด ชูกคิด หรือพฤติกรรมที่แสดงออกว่านักเรียนกำลังทำความเข้าใจระบบเมื่อพบเจอปัญหา				
1.6 สังเกตจากร่องรอยการทำงานของนักเรียนพบว่านักเรียนมีการกำหนดภาพรวมของระบบที่ชัดเจนหรือเข้าใจภาพรวมอย่างคร่าวๆ				
องค์ประกอบหลักที่ 2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา				
2.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดค้นหาต้นตอของปัญหาได้				
2.2 นักเรียนลงมือสำรวจและตรวจสอบตำแหน่งที่คาดว่าปัญหา จนสามารถยืนยันได้ว่าตำแหน่งนั้นเป็นปัญหาจริงหรือไม่				
2.3 นักเรียนสามารถพูดอธิบายขั้นตอนการสำรวจและวิธีการตรวจสอบตำแหน่งที่คาดว่าปัญหาได้				
2.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกว่าได้ลงมือสำรวจและตรวจสอบจุดที่คาดว่าจะปัญหาทันทีหลังจากที่หยุดคิดไปครู่หนึ่ง				
2.5 สังเกตจากการลงมือสำรวจและตรวจสอบจุดที่เป็นปัญหา				
2.6 สังเกตจากร่องรอยการสำรวจ ตรวจสอบหรือค้นคว้าวิธีการตรวจสอบของนักเรียน				
องค์ประกอบหลักที่ 3. การคิดออกมาเป็นภาพ				
3.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดออกมาเป็นภาพได้				
3.2 นักเรียนสามารถนำเสนอปัญหาที่พบ ส่วนที่เป็นปัญหาของระบบ แผนผังของระบบ แผนภาพที่ใช้ประกอบการนำเสนอให้ผู้รับฟังเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนต้องการจะสื่อได้				
3.3 นักเรียนสามารถพูดอธิบาย พูดเพื่อถ่ายทอดสิ่งที่คิดให้ผู้ฟังเข้าใจได้				
3.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความพยายามในการอธิบายสิ่งที่คิดให้				

องค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น			ข้อ
ออกมาเป็นสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้ด้วยรูป				
3.5 สังเกตจากร่องรอยการร่างภาพประกอบหรือการวางลำดับการนำเสนอให้ผู้ชมรับสารให้ตรงกับที่คิด				
องค์ประกอบหลักที่ 4. การคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น				
4.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดเพื่อทำให้ดีขึ้นได้				
4.2 นักเรียนสามารถปรับปรุงเครื่องมือหรือสิ่งที่มีทั้งหมด เช่น ภาพประกอบระบบการทำงาน การนำเสนอ การวางแผนในการแก้ปัญหา ตำแหน่งที่เป็นปัญหา โดยการพิจารณาความถูกต้อง ตรวจสอบซ้ำไปซ้ำมาจนแน่ใจว่าไม่ผิดพลาดและทำการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น				
4.3 นักเรียนสามารถพูดอธิบายวิธีการพัฒนา การสำรวจจุดที่ควรพัฒนาแนวคิดในการปรับปรุงให้ดีขึ้นอีกขั้นแม้จะเป็นสิ่งที่ดีอยู่แล้วอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้				
4.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกว่ากำลังพัฒนาหรือแก้ไขสิ่งที่ทำเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ดีขึ้น เช่น การลบและเขียนแนวคิดใหม่หรือข้อมูลใหม่แทนที่ข้อมูลเดิม				
4.5 สังเกตจากร่องรอยการขีดเขียนหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงการพัฒนาและแก้ไข				
องค์ประกอบหลักที่ 5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา				
5.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดสร้างวิธีแก้ปัญหาได้				
5.2 นักเรียนสามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมเพื่อช่วยในการแก้ปัญหบนพื้นฐานของข้อจำกัดเรื่องทรัพยากรได้ เช่น ไม่กระทบสภาพแวดล้อม มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาเป็นที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับวัสดุดิบที่เสียไป				
5.3 นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าข้อจำกัดในการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญมีอะไรบ้าง พร้อมบอกวิธีแก้ปัญหาที่อยู่บนความสมดุลระหว่างทรัพยากรที่จำกัดกับปัญหาที่ต้องแก้				
5.4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการหาข้อมูลปัจจัยข้อจำกัดเพื่อกำหนดความเป็นไปได้สูงสุดเพื่อระบุทรัพยากรที่สามารถใช้ได้ในการแก้ปัญหา				
5.5 สังเกตจากร่องรอยการขีดเขียนที่แสดงถึงพฤติกรรมในการแก้ปัญหา				
องค์ประกอบหลักที่ 6. การคิดดัดแปลงและพัฒนา				
6.1 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความหมายของการคิดดัดแปลงและพัฒนาได้				

องค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น			ข้อ
6.2 นักเรียนลงมือทดลองใช้วิธีการในการแก้ปัญหาที่คิดค้นขึ้นกับปัญหาและประเมินประสิทธิภาพที่ได้จากการแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงให้ดีขึ้น				
6.3 นักเรียนสามารถอธิบายการทำงานและวิธีในการแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนที่คิดค้นขึ้นได้				
6.4 นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดการทดลองแก้ปัญหาด้วยวิธีการของนักเรียนจึงประสบความสำเร็จ/ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร				
6.5 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการทดลองแก้ปัญหาด้วยวิธีที่คิดค้นขึ้น นักมีพฤติกรรมในการเก็บข้อมูลและประเมินข้อผิดพลาดของตนเอง				
6.6 สังเกตจากการลงมือแก้ปัญหาที่นักเรียนแสดงออก				

ความคิดเห็นเพิ่มเติม สำหรับแบบประเมินตอนที่ 2.2



2. แบบเขียนข้อมูลความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบ นิยามความหมายและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อยและตัวชี้วัดจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ฉบับปรับปรุง)
คำชี้แจง

1. แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินที่ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์และการทำแบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จนได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อยและตัวชี้วัดจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผ่านกระบวนการศึกษาค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติม ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา และส่งเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดแล้ว

2. แบบประเมินชุดนี้ เป็นการยืนยันความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญและตัวชี้วัดจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. แบบประเมินนี้ สอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมของตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องว่ามีความเป็นไปได้และเหมาะสมในการนำไปใช้ในการพัฒนานักเรียน ซึ่งผลที่ได้จะนำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

4. โปรดทำเครื่องหมาย P ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด แบบประเมิน มีจำนวน 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก

ตอนที่ 2 แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบย่อย

ตอนที่ 3 แบบประเมินความเหมาะสมของตัวชี้วัด

ตอนที่ 4 แบบประเมินความเหมาะสมของวิธีการประเมินแต่ละองค์ประกอบ

ซึ่งแบบประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

เหมาะสมที่สุด	มีค่าเท่ากับ	5 คะแนน
เหมาะสมมาก	มีค่าเท่ากับ	4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	มีค่าเท่ากับ	3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	มีค่าเท่ากับ	2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	มีค่าเท่ากับ	1 คะแนน

โดยข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์และนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น ผู้วิจัยจะถือเป็นความลับ และจะไม่นำไปเผยแพร่แต่ประการใด ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้

นายวรวุฒิ แซ่ตั้ง
นิสิตหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

นิยามศัพท์เฉพาะ

จิตนิสัยวิศวกรรม หมายถึง การแสดงออกทางพฤติกรรมทางการคิดอย่างเป็นระบบโดยอัตโนมัติเมื่อพบกับปัญหา การรับส่งข้อมูล การประมวลผลบนแนวคิดของวิศวกรรมที่เป็นไปตามความเคยชิน ความคุ้นเคยในกระบวนการทางวิศวกรรมโดยการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาประยุกต์ให้เข้ากันกับปัญหา เพื่อแก้ปัญหาตรงหน้าได้อย่างคล่องแคล่วและความคิดของตนเองตลอดเวลา สามารถจัดการตนเองได้ มีความรับผิดชอบ ถ้ายกข้อความคิดผ่านการออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงระบบการทำงานจนสามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน คำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานและสามารถทำงานเป็นทีม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการหาคำตอบของปัญหาได้ในที่สุด ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน ดังนี้

1. **ด้านความรู้** หมายถึง สิ่งที่ได้มาจากการศึกษาเล่าเรียน ที่นักเรียนจำเป็นต้องมีเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เป็นความรู้และความเข้าใจพื้นฐานในด้าน คณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. **ด้านทักษะ** หมายถึง ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างเป็นขั้นเป็นตอนที่น่าจะสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา กับสถานการณ์ที่พบเจอได้ และสามารถใช้ระบบการคิดนี้ในใจหรือสถานการณ์ที่หลากหลายได้ ประกอบด้วยการคิดวิเคราะห์ การคิดคำนวณ การคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ปัญหา

3. **ด้านคุณลักษณะ** หมายถึง ลักษณะเบื้องต้นที่ผู้ประกอบอาชีพวิศวกรซึ่งเป็นลักษณะที่ส่งเสริมให้วิศวกรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยลักษณะเบื้องต้นที่สามารถปลูกฝังการเป็นวิศวกรที่ดีได้แก่ การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และความเป็นผู้นำ

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง หมายถึง การเข้าใจและรับรู้ถึงกระบวนการความคิด วิธีการทำงาน และแนวโน้มพฤติกรรมของตัวเองในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม ได้แก่ วิธีคิดอย่างเป็นระบบ การทดลองและปรับปรุง การใช้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ และการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ สามารถสะท้อน (reflect) ถึงวิธีที่ตนเองคิดและตัดสินใจ และสามารถพัฒนาแนวทางการทำงานของตัวเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งวัดจาก การทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ในลักษณะของ Rating Score

จิตวิสัยวิศวกรรมที่ผ่านการปรับปรุงแล้วมีองค์ประกอบหลักแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1. ด้านความรู้

องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการนำไปใช้เพื่อการแก้ปัญหาของวิศวกร ซึ่งประกอบด้วยความรู้พื้นฐานหลัก คือ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมถึงความรู้เรื่องการออกแบบด้วย

2. ด้านทักษะ

องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกัน เมื่อผู้ใช้งานต้องการเพิ่มระดับความสามารถในการระบุข้อมูลและทำความเข้าใจระบบเพิ่มเติม ใช้เพื่อทำนายหรือคาดการณ์เหตุการณ์ของปัญหาที่ส่งผลกระทบให้เกิดผลลัพธ์ ใช้เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ 2. คิดคำนวณ 3. คิดสร้างสูตร 4. คิดแก้ปัญหา โดยทักษะความคิดนี้จะเกิดการทำงานพร้อม ๆ กันอย่างเป็นระบบ และเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

3. ด้านคุณลักษณะ

องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่องานในส่วนของตนเอง

องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้เข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสาร ทักษะในการสื่อสารกับคนในทีมและผู้ฟัง

องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลกระทบการทำงานของทีม การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่พัฒนาแล้ว ความกล้าแสดงออกเห็นในฐาะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงาน

ตอนที่ 1. แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก

องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
องค์ประกอบหลักที่ 1 ด้านความรู้						
องค์ประกอบหลักที่ 2 ด้านทักษะ						
องค์ประกอบหลักที่ 3 ด้านคุณลักษณะ						

ตอนที่ 2. แบบประเมินความเหมาะสมของประเมิองค์ประกอบย่อย

องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
องค์ประกอบหลักที่ 1 ด้านความรู้						
1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการนำไปใช้เพื่อ การแก้ปัญหาของวิศวกร ซึ่งประกอบด้วยความรู้ พื้นฐานหลัก คือ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี รวมถึงความรู้เรื่องการออกแบบด้วย						
องค์ประกอบหลักที่ 2 ด้านทักษะ						
2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกัน เมื่อผู้ใช้งาน ต้องการเพิ่มระดับความสามารถในการระบุข้อมูลและทำ						

องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
ความเข้าใจระบบเพิ่มเติม ใช้เพื่อทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ ใช้เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ 2. คิดคำนวณ 3. คิดสร้างสรรค์ 4. คิดแก้ปัญหา โดยทักษะความคิดนี้จะเกิดการทำงานพร้อม ๆ กันอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอน เมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่						
องค์ประกอบหลักที่ 3 ด้านคุณลักษณะ						
3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานของคนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่องานในส่วนของตนเอง						
3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสาร ทักษะในการสื่อสารกับคนในทีมและผู้ฟัง						

องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้ นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน การเป็นผู้ นำที่ส่งผลต่อการทำงานที่ตนเองได้ ความกล้าแสดงออกเห็น ใน ฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงาน						



ตอนที่ 3. แบบประเมินความเหมาะสมของตัวชี้วัดในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบหลัก	ตัวชี้วัด	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
องค์ประกอบหลักที่ 1 ด้านความรู้							
องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge)	นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ว่า สถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาที่กำลังประสบ อยู่ต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการแก้ปัญหา เป็นการบ่งบอกว่านักเรียนสามารถนำความรู้ ที่มีมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ (วัดการนำไปใช้ จากพื้นฐานความรู้ที่มี เช่น คณิต วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี)						
องค์ประกอบหลักที่ 2 ด้านทักษะ							



องค์ประกอบหลัก	ตัวชี้วัด	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานหรือโครงกรรม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ผ่านระบบกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นเป็น ตอน ดังนี้ 1. คิดวิเคราะห์ 2. คิดคำนวณ 3. คิดสร้างสรรค์ 4. คิดแก้ปัญหา						
องค์ประกอบหลักที่ 3 ด้านคุณลักษณะ							
องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play)	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นในกลุ่ม ได้ เลือกทำงานในสิ่งที่ตนถนัด และมีความ รับผิดชอบต่องานในส่วนของตนเอง						
องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication)	นักเรียนสามารถสื่อสารและถ่ายทอด ความคิดให้ทีมเข้าใจได้ สามารถถ่ายทอด ความคิดบนธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบ ข้อมูลในทิศทางเดียวกันอย่างเป็นรูปธรรม ทักษะ ในการสื่อสารกับคนในทีมและผู้ฟัง						
องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership)	นักเรียนสามารถทำหน้าที่ผู้นำของกลุ่มใน การแบ่งงานและควบคุมการทำงานของกลุ่ม ให้สำเร็จสูงส่งได้ การเป็นผู้นำในแต่ละด้าน						
ระดับความคิดเห็น							
องค์ประกอบหลัก	ตัวชี้วัด	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	ข้อเสนอแนะ
	ของงานที่ตนถนัด ความกล้าแสดงออกเห็นใน ฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงาน						

ตอนที่ 4. แบบประเมินความเหมาะสมของวิธีการประเมินแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
องค์ประกอบหลักที่ 1 ด้านความรู้						
องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge)						
1.1.1) ใบงาน หรือ แบบบันทึกภาระงาน						
องค์ประกอบหลักที่ 2 ด้านทักษะ						
องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)						
2.1.1) แบบประเมินชิ้นงาน						
2.1.2) แบบประเมินภาระงาน						
องค์ประกอบหลักที่ 3 ด้านคุณลักษณะ						



องค์ประกอบหลัก	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play)						
องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication)						
องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership)						
3) แบบประเมินรอบทิศทาง 360 องศา (ประเมินตนเอง ประเมินโดยเพื่อน ประเมินโดยครู)						



3. แบบประเมินความสอดคล้องของความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบประเมิน สอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความสอดคล้องของประเด็นคำถามเพื่อประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ตามหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. โปรดทำเครื่องหมาย ☐ ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด โดยใช้เกณฑ์ประเมินดังนี้

คะแนน + 1 สำหรับประเด็นคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าสอดคล้อง

คะแนน 0 สำหรับประเด็นคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

คะแนน - 1 สำหรับประเด็นคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

3. ผู้วิจัยได้แนบตารางแสดงองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้โดยผู้เชี่ยวชาญมาด้วย

4. ข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์และนำเสนอภาพรวมเท่านั้น ผู้วิจัยจะถือเป็นความลับ และจะไม่นำไปเผยแพร่แต่ประการใด ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้

นายวรุฒิ แซ่ตั้ง

นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง หมายถึง การเข้าใจและรับรู้ถึงกระบวนการคิด วิธีการทำงาน และแนวโน้มพฤติกรรมของตนเองในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม ได้แก่ วิธีคิดอย่างเป็นระบบ การทดลองและปรับปรุง การใช้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ และการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ สามารถสะท้อน (reflect) ถึงวิธีที่ตนเองคิดและตัดสินใจ และสามารถพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งวัดจาก การทำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง ในลักษณะของ Rating Score

ตาราง แสดงองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
1. ด้านความรู้	[K] 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge)	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้
2. ด้านทักษะ	[S] 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้ S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้ S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถ

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
		ระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหา มาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน
3. ด้านคุณลักษณะ	[A1] 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play)	A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้อย่างเหมาะสมตามความถนัด A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม
	[A2] 3.2) การสื่อสาร (Communication)	A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน
	[A3] 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership)	A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุมานะทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดี และสำเร็จเสร็จสิ้น

ส่วนที่ 1 แบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง

ความ ตระหนักรู้	ตัวบ่งชี้	ประเด็นคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			- 1	0	+ 1	
ด้านความรู้	K1	ฉันมีกระบวนทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาใด ๆ ได้				
	K2	ฉันมักอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้				
	K3	ฉันมีวิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้				
ด้านทักษะ	S1	ฉันมักคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็แกนหรือต้นตอของปัญหาได้				
	S2	ฉันมักคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้				
	S3	ฉันมักคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้				
	S4	ฉันมักคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรก ไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้				
	S5	ฉันมักคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด				
	S6	ฉันมักคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้				
	S7	ฉันมักคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้ นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง				
	S8	ฉันมักคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping				

ความ ตระหนักรู้	ตัวบ่งชี้	ประเด็นคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
			- 1	0	+ 1	
		เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา				
	S9	ฉันมักคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน				
ด้าน คุณลักษณะ	A11	ฉันมักกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้อย่างเหมาะสมตามความถนัด				
	A12	ฉันมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา				
	A13	ฉันมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม				
	A21	ฉันมักสื่อสารสิ่งที่คิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่คิด				
	A22	ฉันมักถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน				
	A23	ฉันมักสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน				
	A31	ฉันมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน				
	A32	ฉันมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ				
	A33	ฉันมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น				

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....



4. แบบประเมินร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้เป็นแบบประเมินร่างหลักสูตร จัดทำขึ้นเพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้
กรุณาประเมินความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตรโดย
ทำเครื่องหมาย ☐ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด และเขียนข้อเสนอแนะอื่น ๆ

แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมของร่างหลักสูตร

ตอนที่ 2 แบบประเมินความสอดคล้องของร่างหลักสูตร

ตอนที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็นเพิ่มเติม

หมายเหตุ : เนื่องจากเป็นร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเป็นหลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตนิสัย
วิศวกรรมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ 7 หน่วยการเรียนรู้
ผู้วิจัยนำเสนอมีตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มาประกอบการ
พิจารณาเท่านั้น

นายวรวิทย์ แซ่เต๋

นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตอนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมของร่างหลักสูตร

คำชี้แจง : หลังจากที่ท่านได้พิจารณาร่างหลักสูตรแล้ว ขอให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตรในแต่ละข้อต่อไปนี้ มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

ประเด็นการประเมิน	เหมาะสม น้อยที่สุด	เหมาะสม น้อย	เหมาะสม ปานกลาง	เหมาะสม มาก	เหมาะสม มากที่สุด
1. หลักการของหลักสูตร					
2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร					
2.1 เพื่อให้นักเรียนมีจิตนิสัยวิศวกรรม					
2.2 เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้จิตนิสัยวิศวกรรมกับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม					
3. คำอธิบายรายวิชา					
4. กิจกรรมการเรียนรู้และผลการเรียนรู้					
5. โครงสร้างรายวิชา					
5.1 กิจกรรมการเรียนรู้					
5.2 เวลาเรียน/คาบ					
5.3 ตัวบ่งชี้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้					
6. รายละเอียดตัวบ่งชี้					
7. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
8. ขั้นตอน/สื่อการจัดการเรียนรู้ (ตามตาราง)					
8.1 การจัดการเรียนรู้					
8.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาจิตนิสัยวิศวกรรม					
8.3 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมาย					
8.4 เหมาะสมกับเนื้อหา					
9.แผนการจัดการเรียนรู้					
9.1 ส่วนประกอบ ผลการเรียนรู้ , ตัวบ่งชี้ , ความรู้/เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง , กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
9.2 รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
9.3 แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะกับการนำไปใช้จริง					
10. การประเมินผลหลักสูตร					
10.1 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร					
10.2 เหมาะสมกับเนื้อหาของหลักสูตร					
10.3 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
10.4 เหมาะสมกับการวัดจิตนิสัยวิศวกรรม					

ตอนที่ 2 แบบประเมินความสอดคล้องของร่างหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : หลังจากที่ท่านได้พิจารณาร่างหลักสูตรแล้ว ขอให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตร (หลักการของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร, คำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร, โครงสร้างรายวิชาของหลักสูตร แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, แผนการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลหลักสูตร) มีความสอดคล้องกันหรือไม่

ประเด็นการประเมิน	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
1. หลักการของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร			
2. หลักการของหลักสูตรกับคำอธิบายรายวิชา			
3. หลักการของหลักสูตรกับโครงสร้างรายวิชา			
4. หลักการของหลักสูตรกับแนวทางการจัดการเรียนรู้			
5. หลักการของหลักสูตรกับการประเมินผลหลักสูตร			
6. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับคำอธิบายรายวิชา			
7. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับโครงสร้างรายวิชา			
8. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับแนวทางจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
9. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับการประเมินผลหลักสูตร			
10. คำอธิบายรายวิชากับโครงสร้างรายวิชา			
11. คำอธิบายรายวิชากับแนวทางการจัดการเรียนรู้			
12. คำอธิบายรายวิชากับการประเมินผลหลักสูตร			
13. โครงสร้างรายวิชากับแนวทางการจัดการเรียนรู้			
14. เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
15. เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้กับการวัดผลและประเมินผล			
16. แนวทางการจัดการเรียนรู้กับการประเมินผลหลักสูตร			

ตอนที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็นเพิ่มเติม

คำชี้แจง : หลังจากที่ท่านได้พิจารณาร่างหลักสูตรแล้ว ขอให้ท่านแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในประเด็นต่าง ๆ เพื่อผู้วิจัยจะได้ปรับปรุงแก้ไขร่างหลักสูตรให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1. หลักการของหลักสูตร ท่านมีความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ท่านมีความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. คำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร ท่านมีความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. โครงสร้างรายวิชาของหลักสูตร ท่านมีความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของหลักสูตร ท่านมีความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. แผนการจัดการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ ท่านมีความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

7. การประเมินผลหลักสูตร ท่านมีความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....





ภาคผนวก ง.

ตารางแสดงผล

1. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จัดนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญครั้งแรก ดังตาราง 27 28 และ 29

ตาราง 20 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบหลัก

องค์ประกอบหลัก	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1. ด้านความรู้	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2. ด้านทักษะ	4.67	0.57	เหมาะสมมากที่สุด
3. ด้านคุณลักษณะ	5.00	0	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบย่อย

องค์ประกอบย่อย	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1.1 ความรู้ส่ววิชา	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
2.1 การคิดอย่างเป็นระบบ	4	1	เหมาะสมมาก
3.1 การทำงานเป็นทีม	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 การเป็นผู้นำ	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1.1 ความรู้ส่ววิชา : นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ว่า สถานการณ์หรือโจทย์ ปัญหาที่กำลังประสบ	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	แปลผล
อยู่ต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการแก้ปัญหา			
2.1 การคิดอย่างเป็นระบบ : นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ	4	1	เหมาะสมมาก
3.1 การทำงานเป็นทีม : นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นในกลุ่มได้	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 การเป็นผู้นำ : นักเรียนสามารถทำหน้าที่ผู้นำของกลุ่มในการแบ่งงานและควบคุมการทำงานของกลุ่มให้สำเร็จลุล่วงได้	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด

2. ผลการตรวจสอบความสอดคล้องขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญในครั้ง ดังตาราง 30

ตาราง 23 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อยและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
K1	1	0	สอดคล้อง
K2	1	0	สอดคล้อง
K3	1	0	สอดคล้อง
S1	1	0	สอดคล้อง
S2	1	0	สอดคล้อง
S3	1	0	สอดคล้อง
S4	1	0	สอดคล้อง
S5	1	0	สอดคล้อง
S6	0.875	0.353553	สอดคล้อง
S7	1	0	สอดคล้อง
S8	0.875	0.353553	สอดคล้อง
S9	0.875	0.353553	สอดคล้อง
A11	1	0	สอดคล้อง
A12	1	0	สอดคล้อง
A13	0.875	0.353553	สอดคล้อง
A21	1	0	สอดคล้อง
A22	0.875	0.353553	สอดคล้อง
A23	0.875	0.353553	สอดคล้อง
A31	0.875	0.353553	สอดคล้อง
A32	0.625	0.517549	สอดคล้อง
A33	1	0	สอดคล้อง

3 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัย
วิศวกรรมของตนเองของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
จากตาราง 31

ตาราง 24 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัย
วิศวกรรมของตนเองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความตระหนักรู้ด้าน	ตัวบ่งชี้	ประเด็นคำถาม	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	แปลผล
ด้านความรู้	K1	ฉันมีกระบวนทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาใด ๆ ได้	1	สอดคล้อง
	K2	ฉันมักอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้	1	สอดคล้อง
	K3	ฉันมีรู้วิธีการใช้งานทฤษฎีสามารถนำไปแก้ปัญหาได้	1	สอดคล้อง
ด้านทักษะ	S1	ฉันมักคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้	1	สอดคล้อง
	S2	ฉันมักคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้	1	สอดคล้อง
	S3	ฉันมักคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้	1	สอดคล้อง
	S4	ฉันมักคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้	1	สอดคล้อง
	S5	ฉันมักคิดคำนวณทรัพยากรรายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง	1	สอดคล้อง

ความตระหนักรู้ด้าน	ตัวบ่งชี้	ประเด็นคำถาม	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	แปลผล
		กับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด		
	S6	ฉันมักคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้	0.88	สอดคล้อง
	S7	ฉันมักคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง	1	สอดคล้อง
	S8	ฉันมักคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มีและนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา	0.88	สอดคล้อง
	S9	ฉันมักคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน	0.88	สอดคล้อง
ด้านคุณลักษณะ	A11	ฉันมักจะกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้เหมาะสมตามความถนัด	1	สอดคล้อง
	A12	ฉันมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา	1	สอดคล้อง
	A13	ฉันมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม	0.88	สอดคล้อง

ความตระหนักรู้ด้าน	ตัวบ่งชี้	ประเด็นคำถาม	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	แปลผล
	A21	ฉันมักสื่อสารสิ่งที่คิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่คิด	1	สอดคล้อง
	A22	ฉันมักถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน	0.88	สอดคล้อง
	A23	ฉันมักสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน	0.88	สอดคล้อง
	A31	ฉันมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน	0.88	สอดคล้อง
	A32	ฉันมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ	0.63	สอดคล้อง
	A33	ฉันมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น	1	สอดคล้อง

4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตร ในด้านความเหมาะสมของหลักสูตรและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของหลักสูตร จากผู้เชี่ยวชาญ ดังตาราง 32 และ 33

ตาราง 25 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ประเด็นการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
1. หลักการของหลักสูตร	4.4	0.55	เหมาะสมมาก
2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	4.6	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.1 เพื่อให้นักเรียนมีจิตนิสัยวิศวกรรม	4.6	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้จิตนิสัยวิศวกรรมกับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อหาหนทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม	4.8	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3. คำอธิบายรายวิชา	4.6	0.89	เหมาะสมมากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	4.2	0.45	เหมาะสมมาก
5. โครงสร้างรายวิชา	4.2	0.84	เหมาะสมมาก
5.1 กิจกรรมการเรียนรู้	4.2	0.84	เหมาะสมมาก
5.2 เวลาเรียน/คาบ	4.2	0.84	เหมาะสมมาก
5.3 ตัวบ่งชี้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้	4.2	0.84	เหมาะสมมาก
6. รายละเอียดตัวบ่งชี้	4.6	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.4	0.55	เหมาะสมมาก
8. ขั้นตอน?/สื่อการจัดการเรียนรู้ (ตามตาราง)	4.2	0.84	เหมาะสมมาก
8.1 การจัดการเรียนรู้	4.2	0.84	เหมาะสมมาก
8.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาจิตนิสัยวิศวกรรม	4.2	0.84	เหมาะสมมาก
8.3 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมาย	4.6	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
8.4 เหมาะสมกับเนื้อหา	4.4	0.55	เหมาะสมมาก
9.แผนการจัดการเรียนรู้	4.4	0.55	เหมาะสมมาก
9.1 ส่วนประกอบ ผลการเรียนรู้ ตัวบ่งชี้ ความรู้/เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้	4.4	0.89	เหมาะสมมาก

ประเด็นการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
และการวัดประเมินผลการเรียนรู้มีความเหมาะสม			
9.2 รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้	4.4	0.55	เหมาะสมมาก
9.3 แผนการจัดการเรียนรู้กับการนำไปใช้จริง	4.4	0.55	เหมาะสมมาก
10. การประเมินผลหลักสูตร	4.2	0.84	เหมาะสมมาก
10.1 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร	4.0	1.00	เหมาะสมมาก
10.2 เหมาะสมกับเนื้อหาของหลักสูตร	4.0	0.71	เหมาะสมมาก
10.3 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.0	0.71	เหมาะสมมาก
10.4 เหมาะสมกับการวัดจิตินัยวิศวกรรม	4.0	0.71	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.32	0.69	เหมาะสมมาก

ตาราง 26 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของหลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ประเด็นการประเมิน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	ผลการประเมิน
1. หลักการของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร	1	สอดคล้อง
2. หลักการของหลักสูตรกับคำอธิบายรายวิชา	0.8	สอดคล้อง
3. หลักการของหลักสูตรกับโครงสร้างรายวิชา	1	สอดคล้อง
4. หลักการของหลักสูตรกับแนวทางการจัดการเรียนรู้	1	สอดคล้อง
5. หลักการของหลักสูตรกับการประเมินผลหลักสูตร	1	สอดคล้อง
6. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับคำอธิบายรายวิชา	0.8	สอดคล้อง

ประเด็นการประเมิน	ค่าดัชนีความ สอดคล้อง	ผลการประเมิน
7. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับโครงสร้างรายวิชา	1	สอดคล้อง
8. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการ	1	สอดคล้อง
9. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับการประเมินผลหลักสูตร	1	สอดคล้อง
10. คำอธิบายรายวิชากับโครงสร้างรายวิชา	0.8	สอดคล้อง
11. คำอธิบายรายวิชากับแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการ	0.8	สอดคล้อง
12. คำอธิบายรายวิชากับการประเมินผลหลักสูตร	0.8	สอดคล้อง
13. โครงสร้างรายวิชากับแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการ	1	สอดคล้อง
14. เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้กับการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการ	1	สอดคล้อง
15. เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้กับการวัดผลและประเมินผล	1	สอดคล้อง
16. แนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการกับการประเมินผลหลักสูตร	1	สอดคล้อง
ค่าเฉลี่ยรวม	0.94	สอดคล้อง

ตาราง 27 แสดงผลการประเมินภาพรวมของนักเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรม

กิจกรรมการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 65)	คะแนน ร้อยละ 60	ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
1. Bridge (สะพาน)	40.39	39.00	3.15
2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	42.56		3.80
3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	44.52		4.32
4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	45.36		3.96

5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	47.39		3.25
6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	52.38		5.17
7. Slime Making (สร้างสไลม์)	55.59		5.24
เฉลี่ยรวม	46.88		4.13

จากตาราง 27 ผลการประเมินภาพรวมทุกองค์ประกอบของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนในภาพรวมมีแนวโน้มที่สูงขึ้นที่คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 46.88 คะแนน ซึ่งสูงกว่าคะแนนร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มคิดเป็น 39.00 คะแนน ซึ่งแสดงว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านหลักสูตรมีจิตนิสัยวิศวกรรมในภาพรวม

ตาราง 28 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านความรู้

กิจกรรมการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 9)	คะแนนร้อยละ 60	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. Bridge (สะพาน)	5.27	5.40	1.40
2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	5.85		1.90
3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	6.22		1.77
4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	6.49		1.24
5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	6.98		0.80

6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	7.37		1.88
7. Slime Making (สร้างสไลม์)	8.44		1.22
เฉลี่ยรวม	6.66		1.46

จากตาราง 28 พบว่า ผลการประเมินจิตนิตยวิศวกรรม ด้านความรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านความรู้มีแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งคะแนนร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มด้านความรู้คิดเป็น 5.40 คะแนน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยรวมของนักเรียนในทุกกิจกรรมเท่ากับ 6.66 คะแนน

ตาราง 29 แสดงผลการประเมินจิตนิตยวิศวกรรมของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิตยวิศวกรรม ด้านทักษะ

กิจกรรมการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 29)	คะแนน ร้อยละ 60	ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
1. Bridge (สะพาน)	14.60	17.40	4.88
2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	15.66		6.12
3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	16.40		6.93
4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	16.81		6.39
5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	17.42		5.16
6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	21.46		7.83
7. Slime Making	22.94		8.15

(สร้างสไลม์)			
เฉลี่ยรวม	17.90		6.49

จากตาราง 29 พบว่า ผลการประเมินจิตินิสัยวิศวกรรม ด้านทักษะ ค่าเฉลี่ยของคะแนน ด้านทักษะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มด้านทักษะคิดเป็น 17.40 คะแนน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยรวมของนักเรียนในทุกกิจกรรมเท่ากับ 17.90 คะแนน

ตาราง 30 แสดงผลการประเมินจิตินิสัยวิศวกรรมของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่ผ่านหลักสูตรการคิดเชิง วิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรม ด้านคุณลักษณะ

กิจกรรมการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 27)	คะแนนร้อยละ 60	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. Bridge (สะพาน)	20.51	16.20	1.59
2. Gravity Table (โต๊ะแรงโน้มถ่วง)	21.05		1.52
3. Heron's Fountain (น้ำพุของเฮรอน)	21.90		2.06
4. Static Electricity (ไฟฟ้าสถิต)	22.07		1.80
5. Robot Hand (มือหุ่นยนต์)	22.99		1.56
6. Soda Rocket (จรวดโซดา)	23.55		1.95
7. Slime Making (สร้างสไลม์)	24.21		1.78
เฉลี่ยรวม	22.33		1.75

จากตาราง 30 พบว่า ผลการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านคุณลักษณะ ค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านคุณลักษณะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มด้านทักษะคิดเป็น 16.20 คะแนน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยรวมของนักเรียนในทุกกิจกรรมเท่ากับ 22.33 คะแนน

ตาราง 31 แสดงผลการประเมินภาพรวมทุกองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนรายบุคคล (คะแนนเต็ม 65 คะแนน)

เลขที่	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3	กิจกรรมที่ 4	กิจกรรมที่ 5	กิจกรรมที่ 6	กิจกรรมที่ 7
1	33.2	40.7	38	47.8	47.3	54	59
2	37	42.2	53.7	49.7	51.3	58.3	61
3	43.8	45.5	52	46.7	53.7	54	59.7
4	28.5	36.3	37	43.3	43.7	3	55
5	37.5	45.3	0	42.8	31.7	52	58
6	36.2	42.7	39	49	49	54.7	56.3
7	43.5	45	46.7	43.7	45.3	55.7	60
8	33.5	38.3	0	44	41.7	49	50.5
9	43.8	45.8	51	48.2	48.3	8	58
10	45.8	45	51.2	44.7	53.3	54	61
11	23.2	41.3	46.5	46	47.3	53.7	57.2
12	45.7	49.7	53.7	47	51.7	54.3	41.3
13	44	45	47	47.3	55.7	5	60.8
14	52.3	53	53.3	49.7	50	58.7	58.3

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
15	44	46	51.2	48.2	49.7	54.3	59.7
16	42	48	47.3	49	53.3	56.3	60.2
17	52	52	38	29.8	46	54.3	59.7
18	43	45.5	44	44.7	44.3	48	40
19	37.7	43.3	48.7	47	52.7	59.3	60.3
20	32.5	45	2	45	50.3	55.7	57.5
21	36.5	38	42	44	39.3	52.3	59.2
22	37.3	45.5	52	46.8	49.7	59	58.8
23	35.3	36.3	44.3	48	48.7	45.7	61.3
24	41	48	51	45	53.3	55.3	58.2
25	42.3	41.3	41	32	33	52.3	58.3
26	44	32.7	45.7	47.3	52	58	57.7
27	51	43	40.5	50	46	54	60
28	42.5	33.7	39.7	34	33.7	51.7	41.3
29	37.7	40.3	46	47	48.7	53.7	60.7
30	42.3	46	53.5	53	52.2	57.3	60.2
31	39.5	45	45	44.8	47	58.7	59.3
32	34.2	45	42	48	46.7	57.7	60.7
33	29.5	44	53	47.3	50.2	55.7	60.8
34	37.5	45	48	50.5	48	59	60.2

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
35	39.8	43.7	41	49	51.3	58	48.3
36	37.5	43	48	31	51	52.3	57.7
37	24.5	43	44	47	48.7	60.3	60.5
38	41.7	47	49.5	50	52.7	57.7	59.2
39	35.8	40.7	39.3	46	45.7	54.7	57.5
40	52.2	51.7	45	49	52.7	59.3	60.7
41	46	43.7	49.3	45.3	31	53	58.7
42	43	43.3	46.7	42.3	41.3	46.3	53.7
43	45	48	52.5	49.3	49	59.3	59.3
44	37	46.7	51.5	46.7	46.7	56	56.5
45	48.5	47.3	56	53.3	52.2	60.3	57.8
46	51.2	52	48	47.7	48	59	60.8
47	43.7	48	50.5	50	50.7	57.7	41.7
48	46.5	47	45.5	47	49.8	53	59.2
49	49.5	49.3	53	50	49.7	59.7	57
50	26.5	44	53	53.5	51	54.3	57.5
51	51.5	2	47.7	47	49.3	51.7	61
52	28	2	48	48	46	53	60
53	43.3	44	51.5	48	43	56	58
54	45.5	41.7	47.7	47	48.3	53.3	59

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
55	41.5	45	48	1	49.7	54.3	57.7
56	36.5	39.7	43.2	48	47.7	50.3	56.7
57	38.8	36.7	40.3	45	45.3	57	54.7
58	38.5	40.7	38.5	48.3	44.7	51.7	70.3
59	41	41.5	44.7	40	36.7	49.3	54.7

จากตาราง 31 พบว่า ผลการประเมินภาพรวมทุกองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้นตามกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้งซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ดังตาราง 18 19 20 และ 21 ที่พบว่า คะแนนเฉลี่ยภาพรวมของนักเรียนในชั้นเรียนและคะแนนเฉลี่ยตามองค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมทั้งชั้นเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อนักเรียนได้เรียนตั้งกิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 7

ตาราง 32 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนรายบุคคล
ด้านความรู้ (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
	1	2	3	4	5	6	7
1	6	6	6	7	7	8	9
2	4	6	6	7	7	8	9
3	5	7	7	8	7	7	9
4	4	2	6	6	7	0	8
5	4	5	0	7	7	9	9
6	6	5	6	6	8	7	8

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
7	6	6	7	6	7	7	9
8	4	2	0	7	7	8	0
9	5	6	7	7	7	0	9
10	5	7	7	7	7	7	9
11	3	5	6	6	7	7	8
12	9	7	8	6	7	8	9
13	6	7	6	9	9	0	8
14	9	7	9	9	9	8	9
15	6	7	9	7	7	8	9
16	7	7	6	8	7	9	9
17	9	7	9	6	9	8	9
18	6	6	6	6	7	7	8
19	4	6	6	6	8	7	9
20	3	6	0	7	7	8	8
21	6	2	6	6	6	7	9
22	4	6	6	6	6	7	8
23	4	6	6	6	6	7	9
24	6	7	7	7	7	9	9
25	6	8	8	6	7	9	9
26	5	7	6	7	6	8	9

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
27	9	6	9	9	9	9	9
28	6	2	6	6	7	9	9
29	4	6	6	6	7	7	9
30	4	7	5	7	7	7	9
31	4	4	6	6	7	8	9
32	4	6	7	7	5	7	8
33	5	7	6	5	8	9	8
34	4	7	6	7	7	9	8
35	4	6	6	6	7	8	8
36	4	5	6	6	7	7	8
37	5	7	7	6	6	8	9
38	4	6	7	7	8	8	9
39	5	4	6	6	7	7	9
40	6	7	6	6	7	9	8
41	6	7	6	6	7	7	9
42	5	8	8	6	6	7	8
43	6	6	6	6	8	9	8
44	4	6	6	7	6	7	9
45	6	7	9	7	6	8	8
46	6	8	6	6	7	9	9

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
47	6	9	6	7	7	8	9
48	6	8	6	6	7	7	9
49	6	9	9	9	7	9	8
50	3	7	6	8	7	8	8
51	6	0	6	6	7	7	8
52	5	0	6	6	7	7	9
53	6	4	5	6	6	7	8
54	6	6	6	7	7	7	8
55	5	6	6	0	6	8	9
56	4	4	6	6	7	7	8
57	5	5	6	6	7	8	8
58	5	5	6	6	6	7	9
59	5	7	7	6	6	8	8

จากตาราง 32 พบว่า ผลการประเมินตามองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านความรู้
 ของนักเรียนรายบุคคลมีแนวโน้มสูงขึ้น ตามกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 7

ตาราง 33 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยวิศวกรรมของนักเรียนรายบุคคล
ด้านทักษะ (คะแนนเต็ม 29 คะแนน)

เลขที่	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3	กิจกรรมที่ 4	กิจกรรมที่ 5	กิจกรรมที่ 6	กิจกรรมที่ 7
1	9.5	16	11	17.5	17	22	24
2	11	15.5	23	18	19	24	26
3	15.5	16.5	22	17	22	21	25
4	9.5	17	9	15	14	3	25
5	9.5	18	0	13.5	17	19	23
6	9.5	16	12	18	18	24	24
7	15.5	19	17	14	17	25	25
8	8.5	15	0	14	18	24	24.5
9	15.5	17.5	19	17.5	17	8	24
10	17.5	16	20.5	14	21	22	26
11	9.5	15	17.5	18	18	23	23.5
12	13	19	22	16	21	20	24
13	14	14	16	15	21	5	26.5
14	20	22	21	16	16	26	24
15	14	15	18.5	17.5	19	20	24
16	11	17	17	16	21	21	24.5

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
17	19	21	22	17.5	12	20	24
18	13	18.5	13	15	14	18	24
19	11	15	18	16	19	26	25
20	9.5	17	2	16	21	24	24.5
21	9.5	15	11	13	8	19	23.5
22	11	15.5	21	16.5	18	26	25.5
23	11	12	16	20	19	20	26
24	11	17	19	13	21	20	22.5
25	14	13	11	19	19	20	24
26	17	12	16	17	21	26	26
27	18	16	24.5	16	12	19	25
28	14.5	14	12	21	19	19	24
29	14	13	15	16	16	21	25
30	16	15	23.5	21	19.5	24	24.5
31	14.5	17	14	14.5	15	25	24
32	14.5	15	10	16	16	24	26
33	18.5	16	22	18	16.5	21	26.5
34	12.5	14	17	18.5	16	24	25.5
35	13.5	16	10	18	19	25	23
36	12.5	14	17	18	19	19	23

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
37	13.5	15	12	16	17	26	25.5
38	15	17	17.5	18	19	24	23.5
39	13.5	15	14	18	16	24	24.5
40	23.5	21	17	18	21	25	26
41	16	15	19	18	17	20	23
42	17	16	19	16	15	19	25
43	15	18	21.5	19	16	24	25
44	14	20	20.5	18	18	25	23.5
45	18.5	18	22	22	20.5	26	23.5
46	22.5	20	17	17	18	24	25.5
47	15	16	21.5	19	19	24	24
48	19.5	15	14.5	16	17.5	20	24.5
49	19.5	18	19	16	18	25	23
50	17.5	16	22	20.5	18	20	23.5
51	21.5	2	17	16	17	20	26
52	17	2	17	17	16	20	25
53	14	18	23.5	19	15	26	25
54	15.5	15	17	15	16	20	24
55	15.5	15	17	1	18	20	22
56	13.5	15	14.5	20	19	19	24

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
57	14.5	13	14	19	15	26	25
58	15.5	13	13.5	20	15	21	25
59	17	16.5	18	16	11	21	26

จากตาราง 33 พบว่า ผลการประเมินตามองค์ประกอบจิตนิสัยยวิศกรรม ด้านทักษะ ของนักเรียนรายบุคคลมีแนวโน้มสูงขึ้น ตามกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 7

ตาราง 34 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยยวิศกรรมของนักเรียนรายบุคคล
ด้านคุณลักษณะ (คะแนนเต็ม 27 คะแนน)

เลขที่	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3	กิจกรรมที่ 4	กิจกรรมที่ 5	กิจกรรมที่ 6	กิจกรรมที่ 7
1	17.7	18.7	21	23.3	23.3	24	26
2	22	20.7	24.7	24.7	25.3	26.3	26
3	23.3	22	23	21.7	24.7	26	25.7
4	15	17.3	22	22.3	22.7	0	22
5	24	22.3	0	22.3	7.7	24	26
6	20.7	21.7	21	25	23	23.7	24.3
7	22	20	22.7	23.7	21.3	23.7	26
8	21	21.3	0	23	16.7	17	26
9	23.3	22.3	25	23.7	24.3	0	25
10	23.3	22	23.7	23.7	25.3	25	26

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
11	10.7	21.3	23	22	22.3	23.7	25.7
12	23.7	23.7	23.7	25	23.7	26.3	8.3
13	24	24	25	23.3	25.7	0	26.3
14	23.3	24	23.3	24.7	25	24.7	25.3
15	24	24	23.7	23.7	23.7	26.3	26.7
16	24	24	24.3	25	25.3	26.3	26.7
17	24	24	7	6.3	25	26.3	26.7
18	24	21	25	23.7	23.3	23	8
19	22.7	22.3	24.7	25	25.7	26.3	26.3
20	20	22	0	22	22.3	23.7	25
21	21	21	25	25	25.3	26.3	26.7
22	22.3	24	25	24.3	25.7	26	25.3
23	20.3	18.3	22.3	22	23.7	18.7	26.3
24	24	24	25	25	25.3	26.3	26.7
25	22.3	20.3	22	7	7	23.3	25.3
26	22	13.7	23.7	23.3	25	24	22.7
27	24	21	7	25	25	26	26
28	22	17.7	21.7	7	7.7	23.7	8.3
29	19.7	21.3	25	25	25.7	25.7	26.7
30	22.3	24	25	25	25.7	26.3	26.7

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
31	21	24	25	24.3	25	25.7	26.3
32	15.7	24	25	25	25.7	26.7	26.7
33	6	21	25	24.3	25.7	25.7	26.3
34	21	24	25	25	25	26	26.7
35	22.3	21.7	25	25	25.3	25	17.3
36	21	24	25	7	25	26.3	26.7
37	6	21	25	25	25.7	26.3	26
38	22.7	24	25	25	25.7	25.7	26.7
39	17.3	21.7	19.3	22	22.7	23.7	24
40	22.7	23.7	22	25	24.7	25.3	26.7
41	24	21.7	24.3	21.3	7	26	26.7
42	21	19.3	19.7	20.3	20.3	20.3	20.7
43	24	24	25	24.3	25	26.3	26.3
44	19	20.7	25	21.7	22.7	24	24
45	24	22.3	25	24.3	25.7	26.3	26.3
46	22.7	24	25	24.7	23	26	26.3
47	22.7	23	23	24	24.7	25.7	8.7
48	21	24	25	25	25.3	26	25.7
49	24	22.3	25	25	24.7	25.7	26
50	6	21	25	25	26	26.3	26

เลขที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
51	24	0	24.7	25	25.3	24.7	27
52	6	0	25	25	23	26	26
53	23.3	22	23	23	22	23	25
54	24	20.7	24.7	25	25.3	26.3	27
55	21	24	25	0	25.7	26.3	26.7
56	19	20.7	22.7	22	21.7	24.3	24.7
57	19.3	18.7	20.3	20	23.3	23	21.7
58	18	22.7	19	22.3	23.7	23.7	36.3
59	19	18	19.7	18	19.7	20.3	20.7

จากตาราง 34 พบว่า ผลการประเมินตามองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรม ด้านคุณลักษณะ ของนักเรียนรายบุคคลมีแนวโน้มสูงขึ้น ตามกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 7

ตาราง 35 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร ด้านความรู้

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัย วิศวกรรมด้านความรู้	จำนวน นักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	t
ก่อนการใช้หลักสูตร	59	10.22	1.61	8.73
หลังการใช้หลักสูตร	59	12.37	1.96	

จากตาราง 35 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านความรู้ หลังการใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตร แสดงว่านักเรียนสามารถตระหนักถึงจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองได้ว่ามีพัฒนาการที่ดีขึ้น จาก ค่าเฉลี่ย 10.22 เพิ่มขึ้นเป็นค่าเฉลี่ย 12.37

ตาราง 36 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร ด้านทักษะ

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัย วิศวกรรมด้านทักษะ	จำนวน นักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	t
ก่อนการใช้หลักสูตร	59	32.08	4.89	10.07
หลังการใช้หลักสูตร	59	38.08	4.44	

จากตาราง 36 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านทักษะ หลังการใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตร แสดงว่านักเรียนสามารถตระหนักถึงจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองได้ว่ามีพัฒนาการที่ดีขึ้น จาก ค่าเฉลี่ย 32.08 เพิ่มขึ้นเป็นค่าเฉลี่ย 38.08

ตาราง 37 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร ด้าน
คุณลักษณะ

ความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัย วิศวกรรมด้านคุณลักษณะ	จำนวน นักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	t
ก่อนการใช้หลักสูตร	59	42.64	7.04	7.19
หลังการใช้หลักสูตร	59	48.14	4.86	

จากตาราง 37 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความตระหนักรู้ที่มีต่อจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านคุณลักษณะ หลังการใช้หลักสูตรรายวิชาการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตร แสดงว่านักเรียนสามารถตระหนักถึงจิตนิสัยวิศวกรรมของตนเองได้ว่ามีพัฒนาการที่ดีขึ้น จากค่าเฉลี่ย 42.64 เพิ่มขึ้นเป็นค่าเฉลี่ย 48.14



ประวัติผู้เขียน

