

การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ
ช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ปริญญานิพนธ์
ของ
ทักษิณา เครือหงส์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
พฤษภาคม 2550

การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ
ช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

บทคัดย่อ
ของ
ทักษิณา เครือหงส์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
พฤษภาคม 2550

ทักษิณา เครือหงส์. (2550) การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณ
ของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
มงคล. ปริญญาโท กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ : บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม:รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย
วงใหญ่, อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ, อาจารย์ ดร.ราชันย์ บุญธิมา.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ
ช่างอุตสาหกรรม โดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด สำหรับ
นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีการดำเนินการ
4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านนักศึกษา ด้าน
อาจารย์ และด้านเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตร การบูรณาการและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตร ได้ดำเนินการบูรณาการ 2 หน่วย คือ หน่วยที่ 1
ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทาง
วงจรไฟฟ้า และหน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทาง
วงจรไฟฟ้า โดยการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด กำหนดหัวข้อเนื้อหาและเวลาให้อาจารย์ช่าง
อุตสาหกรรมและอาจารย์คณิตศาสตร์ จำนวน 29 คน ร่วมกันพิจารณาความเหมาะสมในขั้นต้น
ภายหลังจากสร้างหลักสูตรได้นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 24 คน ตรวจสอบ ได้ค่าความเหมาะสม
อยู่ในระดับมาก (ภาพรวม $\bar{X} = 4.45$ และ มีความสอดคล้อง (ภาพรวม IOC = 0.89)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ทดลองใช้หลักสูตร
1 ครั้งกับนักศึกษาในกลุ่มอื่นโดยผู้วิจัยและอาจารย์คณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้
หลักสูตรจริง และระยะที่ 2 นำหลักสูตรไปทดลองใช้กับนักศึกษาสาขาวิชาช่างไฟฟ้า ชั้นปีที่ 1 ใน
ภาคเรียนที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2549 ผลการทดลองพบว่า ทั้ง 2 หน่วยให้ผลลัพธ์เป็นแนวทาง
เดียวกัน กล่าวคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตร นำผลจากการทดลองใช้หลักสูตรมา
ปรับปรุงแก้ไขเป็นหลักสูตรที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนต่อไปได้

The Curriculum Development by Content Integration between Mathematics and
Calculative Fundamental for Technicians in Higher Vocational Diploma
at Rajamangala University of Technology

AN ABSTRACT
BY
TUGSINA KRUEHONG

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Curriculum Research and Development
at Srinakharinwirot University

May 2007

Tugsina Kruehong. (2007). *The Curriculum Development by Content Integration between Mathematics and Calculative Fundamental for Technicians in Higher Vocational Diploma at Rajamangala University of Technology*. Dissertation, Ed.D. (Curriculum Research and Development). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Wichai Wongyai, Dr. Manat Boonprakob, Dr. Rachan Boontima.

The main purpose of this research was to develop content integration curriculum between mathematics and calculative fundamental for technicians in higher vocational diploma at Rajamangala University of Technology 4 steps as the following :

The first was the studying of fundamental data : student, teachers and review of documents which related to integration and cognitive guided instruction.

The second was the curriculum construction integrated into two units as unit 1 : the relationship of Matrix and Determinant to Fundamental Mathematics and electrical circuit solution and unit 7 : the relationship of Calculus to Fundamental Mathematics and electrical circuit solution . The cognitive guided instruction approach were used. The topic of content and time were analyzed by 29 industrial teacher2s and mathematics teachers. The curriculum draft was considered by 24 expertise in its appropriation ($\bar{X} = 4.45$ and S.D. = 0.50) and consistency (IOC = 0.89).

The third was the curriculum implementation divided into 2 periods : the first period the curriculum was implemented to the other students by the research and mathematics teacher for studying the possibility of curriculum experimentation. The second period, the curriculum was implemented to the first year students in Electrical power major in the first and second semester in academic year 2006. The result of the study found that both units were same that learning achievement : pre and post studies were significantly different at .01 level.

The fourth was the curriculum evaluation and revision by improving, revising and developing the curriculum for apply to the instruction.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ของ

ทักษิณา เครือหงส์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

วันที่ เดือน พ.ศ. 2550

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย วงษ์ใหญ่)

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย วงษ์ใหญ่)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ราชันย์ บุญธิมา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ราชันย์ บุญธิมา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาพร เสวกวิ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย วงษ์ใหญ่ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.ราชันย์ บุญธิมา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้ง 3 ท่านที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา และแนะนำการดำเนินการทุกขั้นตอนจากพื้นความรู้ที่ลูกศิษย์มีอยู่ ด้วยความทุ่มเท อดทนกับลูกศิษย์ตั้งแต่เริ่มต้นและต่อเนื่องมาจนถึงวันนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ชัมภลลิขิต ผู้เริ่มต้นให้แนวทางการทำปริญญานิพนธ์เริ่มตั้งแต่การกำหนดหัวข้อปัญหา แนะนำให้ผู้วิจัยไปเรียนปรึกษากับประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ จนพัฒนามาถึงขั้นเป็นปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ ที่ท่านให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบปากเปล่า ที่ผ่านมาท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ได้แนะนำและให้โอกาสแก่ลูกศิษย์ในการพัฒนาตนเองเสมอ และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาพร เสวกวิ ที่ท่านได้ให้ความกรุณาสละเวลารับเป็นผู้เชี่ยวชาญ และเป็นกรรมการสอบปากเปล่า ทำให้ผู้วิจัยได้สำเร็จการศึกษาอย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในการแสดงความคิดเห็นพร้อมคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาหลักสูตร

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร อาจารย์ และขอบคุณนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ ที่ให้โอกาสในการเก็บข้อมูลขั้นต้น

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร อาจารย์ และขอบคุณนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ในสาขาวิชาช่างไฟฟ้า และนักศึกษาสาขาวิชาช่างไฟฟ้า ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2549

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตสาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรที่ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเติมเต็มให้ผู้วิจัย โดยเฉพาะพี่เฉลิมพล สวัสดิ์พงษ์ ที่ได้ช่วยเหลือตั้งแต่เริ่มต้นการทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณ พี่สุณี วัฒนพิมล และน้องรุจิรา คงนุ้ย ที่ได้สนับสนุนให้การทำปริญญานิพนธ์บรรลุผล

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยได้ผ่านช่วงเวลาที่มิมีคุณค่านี้

ทักษิณา เครือหงส์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
คำถามการวิจัย	10
ความมุ่งหมายของการวิจัย	10
ความสำคัญของการวิจัย	10
ขอบเขตของการวิจัย	10
นิยามศัพท์เฉพาะ	11
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
การพัฒนาหลักสูตร	13
ความหมายของหลักสูตร	13
องค์ประกอบหลักสูตร	15
รูปแบบของหลักสูตร	16
ความหมายและกระบวนการพัฒนาหลักสูตรของกลุ่มมนุษยนิยม.....	16
แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตร	17
การบูรณาการ	22
ความหมายของการบูรณาการ	22
แนวคิดพื้นฐานของการบูรณาการหลักสูตร	23
ประโยชน์ของหลักสูตรบูรณาการ	26
รูปแบบของการบูรณาการ	27
การบูรณาการเนื้อหา	30
ส่วนที่เกี่ยวข้องในการบูรณาการเนื้อหา	31
ขั้นตอนการจัดทำการบูรณาการเนื้อหา	33
ผลจากการบูรณาการที่มีต่อผู้เรียนและผู้สอน	33
การประเมินผลจากการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ	35
ลักษณะวิชาคณิตศาสตร์ของช่วงอุตสาหกรรม	37
ความสำคัญของคณิตศาสตร์	37
หลักการสอนคณิตศาสตร์	38
การสอนโดยเน้นความเข้าใจทางคณิตศาสตร์.....	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	40
วิชาคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรม	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการเนื้อหาวิชา และการจัดการเรียนการสอน	
วิชาคณิตศาสตร์	42
การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	54
ความหมายของการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	54
แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	55
ขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	55
บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน และบรรยากาศในชั้นเรียน	56
องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	64
ทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญานิยม	64
รูปแบบการเรียนรู้	66
กระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม	76
การคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหา	78
การเรียนการสอนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน	83
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา	
เชิงอนาคต	85
แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ	
ช่างอุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	94
3 การดำเนินการวิจัย	99
ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์	
และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	102
ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่าง	
อุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาวิชา	108
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ	
ช่างอุตสาหกรรม โดยการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	111
ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณ	
ของช่างอุตสาหกรรม	111

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	112
ขั้นตอนที่ 1 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชา คณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	112
ขั้นตอนที่ 2 ผลการสร้างหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ ช่างอุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาวิชา	113
ขั้นตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณ ของช่างอุตสาหกรรม โดยการเรียนรู้เพื่อชี้นำการรู้คิด	117
ขั้นตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรม	128
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	148
ความมุ่งหมายของการวิจัย	148
วิธีดำเนินการวิจัย	148
สรุปผลการวิจัย	151
อภิปรายผลการวิจัย	153
ข้อเสนอแนะ	157
บรรณานุกรม	159
ภาคผนวก	168
ภาคผนวก ก	169
ภาคผนวก ข	181
ภาคผนวก ค	189
ภาคผนวก ง	194
ภาคผนวก จ	210
ภาคผนวก ฉ	216
ประวัติย่อผู้วิจัย	314

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรที่สัมพันธ์กับส่วนประกอบขององค์ประกอบ หลักสูตร	20
2 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหาที่สัมพันธ์กับส่วนประกอบขององค์ประกอบ หลักสูตร	50
3 เปรียบเทียบหลักการในการจัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมกับการเรียนการเรียนรู้ เพื่อชี้แนะการรู้คิด	63
4 ส่วนประกอบในห้องเรียน 5 ด้านที่จะนำไปสู่การเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ ของผู้เรียน	64
5 สรุปความสอดคล้องรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทางตะวันตกและแนวคิดทาง ตะวันออกโดยยึดรูปแบบการเรียนรู้ของกราสชา และไรช์แมน (Grasha and Riechman. 1975) เป็นหลัก	65
6 เปรียบเทียบกระบวนการคิดสร้างสรรค์ของ จุสส์ ทอร์เรนซ์ วอนลาซ ออสบอร์น และแอนเดอร์สัน	80
7 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่สัมพันธ์กับส่วนประกอบของ องค์ประกอบหลักสูตร	89
8 สรุปขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่าง อุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาวิชาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	101
9 เนื้อหา สาระสำคัญ เวลาเรียนและเวลาทดสอบประจำภาคเรียนของหลักสูตร (ฉบับร่าง 2)	114
10 เนื้อหาและเวลาของหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) (ฉบับร่าง 2)	115
11 เนื้อหาและเวลาของหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐาน และการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) (ฉบับร่าง 2)	116
12 การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับ คณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) (ฉบับร่าง 2) ...	117
13 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549	118

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
14 รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549	119
15 คะแนนรวมใบงาน 1 – 13 ของหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และใบงาน 14 – 21 ของหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหา ทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549	120
16 คะแนนรวมแบบทดสอบ 1 – 5 ของหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และ ดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และ แบบทดสอบ 6 – 10 ของหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์ พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549	121
17 คะแนนก่อนเรียน – หลังเรียนหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความ สัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549	123
18 ค่า t – test คะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549	124
19 ค่า t – test คะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของ แคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549	124

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
20 ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549 โดยผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์บูรณาการ หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจร ไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการ แก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และผู้สอนวิชาวงจรไฟฟ้า	125
21 ความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549	127
22 เนื้อหาสาระสำคัญ เวลาเรียนและเวลาทดสอบประจำภาคเรียนของหลักสูตร (ฉบับจริง)	137
23 รายละเอียดหัวข้อเนื้อหา สาระสำคัญ เวลาเรียนและเวลาทดสอบประจำภาคเรียน ของหลักสูตร (ฉบับจริง)	138
24 การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับ คณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) (ฉบับจริง) ...	140
25 จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1	170
26 จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2	170
27 จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	171
28 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546	172
29 ความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546	173

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
30	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2548	174
31	ความสัมพันธ์ของวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	178
32	ความคิดเห็นเกี่ยวกับการร่างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (แคลคูลัส และเรขาคณิตวิเคราะห์) กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วงจรไฟฟ้า) ระดับ ประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ในด้านเนื้อหา และเวลา	182
33	ความเหมาะสมของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณ ของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคล (ฉบับร่าง 2)	185
34	ความสอดคล้องของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ ช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคล (ฉบับร่าง 2)	187
35	รายนามอาจารย์ช่างอุตสาหกรรมที่ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546	190
36	รายนามอาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ที่ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียน การสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546	191
37	รายนามอาจารย์ผู้ประเมินร่างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคล (ด้านเนื้อหาและเวลา)	192
38	รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคล	193
39	คะแนนใบงาน 1 – 13 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับ คณิตศาสตร์พื้นฐาน และการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)	211

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

40	คะแนนใบงาน 14 – 21 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)	212
41	คะแนนแบบทดสอบ 1 – 5 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน และการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และแบบทดสอบ 6 – 10 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)	213
42	คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมโดยอาจารย์ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ..	214
43	คะแนนรวมจากการสังเกตพฤติกรรมโดยอาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์	215

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 สรุปหัวข้อเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบหลักสูตร	21
2 สรุปหัวข้อเกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหาที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบหลักสูตร	53
3 วงจรการเรียนรู้	61
4 ขั้นตอนการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ของคอล์ป	70
5 แบบการเรียนรู้ 4 แบบของคอล์ป	71
6 ภาพรวมการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการวิจัย	84
7 สรุปหัวข้อเกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบ หลักสูตร	93
8 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ ช่างอุตสาหกรรม	98
9 ขั้นตอนการดำเนินงานการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ ช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหาและจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ...	100

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานที่มีความสำคัญวิชาหนึ่ง เป็นศาสตร์ที่อาศัยข้อเท็จจริง หลักการวิธีการและเหตุผล เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาหาข้อยุติ พัฒนาระบบความคิดของบุคคล และเป็นรากฐานของวิทยาการหลายสาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีแขนงต่างๆคณิตศาสตร์มีความสำคัญในการดำรงชีวิตเนื่องจากเป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิดในรูปของการจินตนาการและการเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ๆ อย่างเป็นระบบและมีเหตุผล ช่วยให้คนเป็นผู้ที่ใฝ่รู้ พยายามคิดค้นสิ่งแปลกใหม่ สามารถนำไปใช้พิสูจน์อย่างมีเหตุผล จำเป็นที่จะต้องเข้าใจและใช้คณิตศาสตร์ในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพมากขึ้น ผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์จะมีโอกาสที่ดีและมีความก้าวหน้าในอนาคต เป็นหนทางนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณค่า โลกปัจจุบันเจริญขึ้นเพราะการคิดค้นทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ กล่าวได้ว่า คณิตศาสตร์เป็นราชินีของวิทยาศาสตร์ (Mathematics is the Queen of Sciences) มีความสำคัญต่อมนุษย์ใน 3 ลักษณะ คือ ประโยชน์ในการนำไปใช้ได้จริง (Practical Values) ประโยชน์ในการฝึกวินัย (Disciplinary Values) และประโยชน์ทางวัฒนธรรม (Cultural Values) ความมุ่งหมายของการสอนคณิตศาสตร์ควรมีความสอดคล้องกับจุดหมายทางการศึกษา 2 ระดับ คือ จุดหมายทางสังคมและจุดหมายของผู้เรียน โดยจุดหมายทางสังคมในการสอนคณิตศาสตร์เป็นไปเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตและความเสมอภาคทางการศึกษา และจุดหมายของผู้เรียนคณิตศาสตร์ก็เพื่อเป็นการเห็นคุณค่า มีความมั่นใจในความสามารถของตนที่จะทำ เป็นนักแก้ปัญหา ตลอดจนเรียนรู้ที่จะสื่อสารและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (ฉวีวรรณ เศรษฐมัลย์. 2545 : 20 – 24; น้อมศรี เคท. 2547 : 18; บรรพต สุวรรณประเสริฐ. 2544 : 83; ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. 2546 : 107;อ้างอิงจาก สิริพร ทิพย์คง. 2536 : 9; ยุพิน พิพิธกุล. 2539 : 2; อรรถสิทธิ์ วชิรเมธี. 2536 : 1;อ้างอิงจาก สุวัฒนา อุทัยรัตน์. 2526 : 110; Heddens;& Speer. 2001 : 2 – 4)

เนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรมและต้องใช้ความคิดอย่างสมเหตุสมผลในการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอนจึงต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการในการถ่ายทอดและอธิบายให้สอดคล้องกับพัฒนาการด้านต่างๆ ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจคณิตศาสตร์อย่างถ่องแท้ การที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดีจะต้องพัฒนาระบบการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ส่งผลให้ผู้เรียนได้เรียนด้วยความเข้าใจ พัฒนาความคิดรวบยอด (Concept) ความสามารถในการโยงความสัมพันธ์ การสร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผลและมีความคิดสร้างสรรค์ใน

การนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา (Problem Solving) ดังที่ คูณี่ (สัจวัฒนา อุทัยรัตน์. 2546 : 44; อ้างอิงจาก Cooney. 1990) และ สมศักดิ์ สิ้นธุระเวชญ์ (2544 : 12) ได้กล่าวถึงกระบวนการสอนทางคณิตศาสตร์ไว้ว่าประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นค้นหา (Explore) ขั้นได้ข้อสรุป (Generalization) ขั้นทำให้สมบูรณ์ (Refine) ขั้นพิสูจน์ (Proof) และขั้นขยายผล (Expand) ซึ่งการสอนคณิตศาสตร์มีหลากหลายเทคนิควิธี ได้แก่ การสอนโดยการใช้คำถาม การสอนโดยการใช้สถานการณ์ การสอนสอดแทรก และการใช้สื่อการเรียนการสอน เป็นต้น โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน การที่ผู้เรียนจะมีความเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้นั้นเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยปัจจัยหลายด้าน และเป็นการยากที่จะสอนผู้เรียนทุกคนภายในเวลาเดียวกันให้บรรลุจุดประสงค์ของการสอนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การจัดการเรียนการสอนจะบรรลุผลได้นั้นต้องอาศัยปัจจัยหลายๆ ด้าน ตัวแปรหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก็คือ คุณภาพการสอนของผู้สอน หลักสูตรและอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ แม้จะมีความสำคัญเพียงใดอาจจะไม่มีประโยชน์นัก หรืออาจจะลดคุณค่าลงไปได้ ถ้าหากผู้สอนไม่ได้นำสิ่งเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ ผู้สอนเป็นผู้ที่วางแผนและดำเนินการเรื่องการนำหลักสูตร แผนการสอนและเทคโนโลยีต่างๆ มาจัดเป็นกิจกรรม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ขึ้นในตัวผู้เรียนตามความสามารถของแต่ละบุคคล ผู้สอนเป็นบุคคลสำคัญสำหรับการปลูกฝังเจตคติของการเรียนรู้ มีความเข้าใจและให้กำลังใจกับการเรียนรู้ของผู้เรียน ใช้วิจารณ์ญาณในการพิจารณาเข้าใจถึงเหตุผลและขั้นตอนที่ถูกต้องเหมาะสมกับการเสริมสร้างพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้ที่เป็นกระบวนการต่อเนื่องตลอดชีวิต ส่งผลให้ผู้เรียนได้ขวนขวายเพื่อตนเอง ใฝ่รู้ รักการเรียนรู้ ประสบความสำเร็จและบรรลุศักยภาพสูงสุดของตนเองเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้และมีคุณภาพ การแก้ไขและปรับปรุงการเรียนการสอนจึงเป็นหน้าที่ที่มีความสำคัญยิ่งที่ผู้สอนต้องตระหนัก ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนคณิตศาสตร์ควรมีความสามารถในด้านการสอนที่หลากหลายรูปแบบและควบคู่ไปกับความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง เพื่อส่งเสริมและสนับสนุน ผู้เรียนให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้ (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543 : 45; สมมาต บรรจงรัตน์. 2540 : 4; Gomez;& Rico. 2004 : Online)

จากการศึกษาในกิจกรรมรายวิชาวิชา ลส 822 การศึกษาค้นคว้าเฉพาะเรื่อง (CL 822 Independent Study) ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมจากนักศึกษา อาจารย์ช่างอุตสาหกรรม และอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม เจตคติต่อวิชา

คณิตศาสตร์ ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ ความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม และรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้ (ทักษิณา เครือหงส์. 2546; 2547) การจัดการเรียนการสอนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีวิชาคณิตศาสตร์ 2 วิชาที่เป็นวิชาพื้นฐาน คือ วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 (Calculus and Analytic Geometry I) และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 (Calculus and Analytic Geometry II) ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ (Matrix and Determinant) จำนวนเชิงซ้อน (Complex Number) ภาคตัดกรวยและพิกัดเชิงขั้ว (Conic Section and Polar Coordinates System) ลิมิตและความต่อเนื่อง (Limit and Continuity) อนุพันธ์ (Derivative) และปริพันธ์ (Integration) โดยนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรมทั้ง 4 คณะวิชา (8 แผนกช่าง) คือ คณะวิชาเครื่องกล (ช่างยนต์) คณะวิชาเทคโนโลยีการผลิต (ช่างกลโรงงาน ช่างโลหะ และช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์) คณะวิชาช่างไฟฟ้า (ช่างไฟฟ้า ช่างอิเล็กทรอนิกส์ และเทคนิคคอมพิวเตอร์) และคณะวิชาช่างโยธา (ช่างก่อสร้าง) จำเป็นต้องเรียนรู้ด้วยความเข้าใจเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมต่อไป และผลจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 – 2545 ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อแยกพิจารณาในรายละเอียดพบว่า มีหลายแผนกช่างที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ และเมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2540 – 2545 ก็มีลักษณะเดียวกันกับวิชาคณิตศาสตร์ กล่าวคือ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง หากแยกพิจารณาในรายละเอียดจะได้ว่ามีหลายแผนกช่างที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นปัญหาในลักษณะเดียวกันกับงานวิจัยของ นิตยา เลิศวีรนนท์รัตน์ (2530) เอิบศรี ตุษะเดช (2539) และ สมมาต บรรจงรัตน์ (2540) กล่าวคือ ควรปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้ดีขึ้น จากการศึกษาค้นคว้าเรื่องเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์และผู้สอนคณิตศาสตร์ ได้ข้อสรุปว่า นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2546 ส่วนใหญ่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มองเห็นคุณค่าและความสำคัญของคณิตศาสตร์ ขณะที่ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ส่วนใหญ่มีความชอบ ความเข้าใจและความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมองเห็นถึงประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์ที่จะได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของตนเองว่ายังมีความจำเป็นต้องใช้เนื้อหาจากวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในเรื่องของลิมิตและความต่อเนื่อง อนุพันธ์ และปริพันธ์ เป็นต้น จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนจากเอกสารหลักสูตรและ

อาจารย์ ปีการศึกษา 2546 สรุปได้ว่าเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับวิชา
 คำนวณของช่างอุตสาหกรรม ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อวิชา
 คณิตศาสตร์ว่ามีความสำคัญ และมีผลโดยตรงต่อการเรียนการสอนในวิชาคำนวณของช่าง
 อุตสาหกรรม การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมหลายวิชา
 ที่ผู้สอนช่างอุตสาหกรรมต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งไปในการย้อนกลับไปทบทวนเนื้อหาเดิมของวิชา
 คณิตศาสตร์ซึ่งนักศึกษาได้ผ่านการเรียนมาแล้วก่อนที่จะเข้าสู่เนื้อหาใหม่ที่เป็นวิชาคำนวณของช่าง
 อุตสาหกรรม นับว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การเรียนการสอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมเองไม่
 สามารถบรรลุผลอย่างครบถ้วน นอกจากนี้แต่ละแผนกช่างต่างก็มีความจำเป็นต้องใช้เนื้อหาในวิชา
 คณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ บางแผนกช่างต้องการให้นักศึกษาเรียนเนื้อหาที่เป็นเรื่องเพิ่มเติม
 จากที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ในขณะที่บางแผนกช่างมีความต้องการให้นักศึกษาได้เรียนรู้คณิตศาสตร์
 เพียงเพื่อเป็นพื้นฐานเท่านั้น นอกจากนี้บางแผนกช่างมีปัญหาในเรื่องลำดับการเรียนการสอนวิชา
 คำนวณ เนื่องจากการจัดรายวิชาถูกกำหนดไว้ในระยะเวลาจำกัด และข้อสรุปที่สำคัญอีกประการ คือ
 ทุกแผนกช่างได้ให้ความเห็นตรงกันว่ามีความรู้พื้นฐานความรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาทั้ง
 ที่มีความรู้วิชาคณิตศาสตร์ก่อนเข้าเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและความรู้วิชา
 คณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หากนักศึกษาช่างอุตสาหกรรมมีความรู้
 คณิตศาสตร์เป็นอย่างดี จะทำให้การเรียนรู้อีกความต่อเนื่องกับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม และ
 บรรลุผลสำเร็จได้ไม่ยากนัก ควรมีการพัฒนาแบบการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้มีความ
 เข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนวิชาคำนวณของช่าง
 อุตสาหกรรมในลักษณะที่มีความแตกต่างกันแต่ละช่าง ในขณะที่อาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ได้
 ให้ข้อคิดเห็นว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ต่อ
 ชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์และวิชาชีพในระดับสูงต่อไป การให้นักศึกษา
 อ่านเนื้อหาแล้วทำความเข้าใจได้เองนั้นคงเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเนื้อหาคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็น
 นามธรรม การเรียนการสอนส่วนใหญ่จึงใช้วิธีการแบบบรรยายและการใช้เอกสารแนะแนวทางใน
 ส่วนที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ในการจัดการเรียนการสอนควรจะเน้นหนักด้านการถามตอบ เพื่อให้ผู้เรียน
 รู้จักคิดวิเคราะห์หาเหตุผล การสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรมจึงต้องเรียนรู้เกี่ยวกับศิลปะการ
 ตั้งคำถามจะช่วยกระตุ้นความคิดของผู้เรียนให้มีความคิดอยากตอบคำถามนั้น ผู้เรียนต้องให้การ
 สังเกต การวิเคราะห์และการเปรียบเทียบจะช่วยให้เข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น นอกจากนี้
 การสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น ผู้สอนควรเน้นให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบ
 ช่วยเหลือเพื่อนซึ่งกันและกัน ด้านกระบวนการวัดและประเมินผลควรผสมผสานกับกิจกรรมการเรียน
 การสอนโดยการสังเกตพฤติกรรมการทำงานและผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ไม่ควรมุ่งเน้นแต่เพียงการ

ทำตามต้นแบบที่ผู้สอนกำหนดให้อย่างเดียว ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ด้วยการถาม การหาข้อมูลและลงมือกระทำเพื่อสร้างสรรค์สิ่ง que แสดงแนวความคิดของตนเอง และผลจากการศึกษารูปแบบการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2548 ได้ข้อสรุปที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชวนสิทธิ์ สุชาติ (2532) รวีวรรณ อังคนุรักษ์ พันธุ์ (2544) และ อรรถสิทธิ์ วชิรเมธี (2536) กล่าวคือ นักศึกษามีรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบร่วมมือมากที่สุด

จากการศึกษาข้อมูลที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และ วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ผ่านมายังไม่ประสบผลเท่าที่ควร และเมื่อได้วิเคราะห์หาสาเหตุ พบว่ามีปัจจัยหลายประการ กล่าวคือ ด้านผู้เรียนสรุปได้ว่า ผู้เรียนสายช่างอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในวิชาสามัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาที่เกี่ยวกับการ คำนวณอยู่ในระดับที่ไม่สูงนัก ผู้เรียนที่เข้าเรียนในสายช่างอุตสาหกรรมจำนวนมากที่ต้องการ หลีกเลี้ยงการเรียนวิชาคำนวณ แต่ในความเป็นจริงแล้วการเรียนในสายช่างอุตสาหกรรมนั้น จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ค่อนข้างมาก และวิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณใน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทั้งวิชาคณิตศาสตร์เองและวิชาทางช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้อง อาศัยพื้นฐานจากวิชาคณิตศาสตร์เดิมที่มีความต่อเนื่องมา การขาดพื้นฐานความรู้ดังกล่าวย่อมจะส่งผล ต่อการเรียนรู้ในปัจจุบันและในระดับที่สูงขึ้น นอกจากนั้นผู้เรียนเหล่านี้ยังต้องมีเวลาส่วนหนึ่งในการ เรียนรู้ตามสายอาชีพของตน ทำให้เวลาของการที่จะทบทวนความรู้มีน้อย และด้านผู้สอนสรุปได้ว่า อาจารย์ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมมีความจำเป็นต้องให้นักศึกษาที่เรียนวิชาคำนวณ ของช่างอุตสาหกรรมใช้พื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์จำนวนมาก ในขณะที่ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์มีปัญหา ในการจัดการเรียนการสอน กล่าวคือ ไม่สามารถหาตัวอย่างหรือโจทย์แบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับทางช่าง อุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียนได้ เนื่องจากไม่เข้าใจคำศัพท์และหน่วยต่างๆ ทางช่าง อุตสาหกรรม รวมทั้งตัวอย่างคณิตศาสตร์ที่ใช้ประยุกต์ในทางอุตสาหกรรมมีน้อย ปัญหาดังกล่าวนี้ เป็นผลมาจากหลักสูตรที่มีลักษณะเป็นแบบรายวิชาหลายๆ วิชาที่เป็นอิสระกัน การเรียนการสอน เป็นแบบแยกส่วนกัน เน้นการถ่ายทอดเนื้อหาจากผู้สอนมากกว่าการที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งการที่ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นถึงความต่อเนื่องในเนื้อหาวิชา แนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาแก้ปัญหาเหล่านี้คือ การพัฒนาหลักสูตรโดยใช้การบูรณาการเนื้อหา และการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

การบูรณาการเนื้อหาเป็นการเชื่อมโยงกันระหว่างเนื้อหาสาระในแต่ละวิชาที่ผู้เรียนต้อง เรียนรู้ กล่าวคือ เป็นการให้ความสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนทุกคนในทุกๆ ด้าน มีกิจกรรมการเรียน การสอนที่มีโครงสร้างแบบเปิด มีความยืดหยุ่นและหลากหลาย ผู้เรียนได้ลงมือกระทำด้วยตนเองได้

สัมพันธ์กับการสำรวจ การสังเกต และการคาดการณ์ที่สามารถสื่อได้ด้วยวิธีการต่างๆ โดยผ่านวิชาต่างๆ ผู้เรียนได้อยู่ในโลกประสบการณ์ที่มีโอกาสผิดพลาด มีโอกาสแก้ตัว เรียนรู้จากความผิดพลาดเหล่านั้น ซึ่งที่ผ่านมาผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาพยายามพัฒนาวิชาต่างๆ ให้เป็นอิสระต่อกัน ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นความเกี่ยวพันระหว่างวิชาเหล่านั้นได้ (พูลสุข อุดม. 2546 : 5 – 8; อ้างอิงจาก ธีระชัย ปุณณโชติ. 2541 : 29; รอยพิมพ์ใจ เพชรกุล. 2546 : 57; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2542 : 40 – 41; วิเศษ ชินวงศ์. 2544 : 24 – 25; สุรศักดิ์ หลาบมาลา. 2539 : 61; เสาวนีย์ เกียรติ. 2541 : 27) นอกจากนี้ โพลและอีลลิส (Lake. 2000 : Online; citing Post;& Ellis.1981) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนแบบบูรณาการว่าเป็นการเรียนการสอนที่ผู้เรียนได้ศึกษาหาความรู้อย่างกว้างขวางในวิชาการหลายแขนงในลักษณะที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ความรู้จะถูกสร้างขึ้นและใช้ในบริบทของการเรียนการสอนมากกว่า 1 บริบท ขณะที่ ชูเมกเกอร์ (Lake. 2000 : Online; citing Shoemaker.1989) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบบูรณาการเป็นการเรียนการสอนที่มีลักษณะเป็นองค์รวม (Holistic Way) ซึ่งซีลี (2540 : 21) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของหลักสูตรแบบบูรณาการว่าจะมีความยืดหยุ่น ผู้เรียนสามารถนำประสบการณ์และความรู้เดิมเข้าสู่ห้องเรียนได้ ในขณะที่ผู้สอนเองก็จะรู้สึกว่าสามารถสอนได้ครอบคลุมหลักสูตรมากขึ้นนอกจากนี้ เนเวล (วิเชียร อินทรสมพันธ์. 2546 : 6;อ้างอิงจาก Newell. 1994 : 35 – 61) กล่าวถึงการบูรณาการว่าจะส่งเสริมการยอมรับนับถือระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ระหว่างผู้เรียนและผู้เรียน ซึ่งเป็นการยอมรับแนวคิดและมุมมองของผู้อื่น และฟอการ์ตี (Lake. 2000 : Online; citing Fogarty. 1991) ได้แบ่งระดับของการบูรณาการเป็น 10 แบบ คือ แบบแยกย่อย (Fragmented) แบบเชื่อมต่อ (Connected) แบบรัง (Nested) แบบลำดับ (Sequenced) แบบแบ่งส่วน (Shared) แบบใยแมงมุม (Web) แบบร้อย (Threaded) แบบบูรณาการ (Integrated) แบบจุ่ม (Immersed) และแบบเครือข่าย (Networked) ซึ่งการบูรณาการเนื้อหาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การบูรณาการภายในวิชา (Intradisciplinary) และการบูรณาการระหว่างวิชา (Interdisciplinary) โดยการบูรณาการระหว่างวิชานั้นสามารถจัดทำได้ในหลายลักษณะ ได้แก่ การบูรณาการแบบการสอดแทรก (Infusion) แบบคู่ขนาน (Parallel) แบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) และแบบข้ามวิชา (Trans – disciplinary)

สำหรับคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงก็มีลักษณะเช่นเดียวกับวิชาอื่นๆ ใน การเรียนการสอนระดับอุดมศึกษานั้น ชนศักดิ์ บ้ายเที่ยง (2539 : 3 – 6) ได้กล่าวไว้ว่า โครงสร้างของเนื้อหาวิชาส่วนใหญ่สามารถดูภาพรวมของรายวิชาจากประมวลรายวิชา (Course Syllabus) หรือ คำอธิบายรายวิชา (Course Outline) ซึ่งจะบอกเพียงลำดับ (Sequence) และขอบเขต (Scope) ของเนื้อหา ทำให้ผู้เรียนมองภาพรวมของรายวิชาไม่ชัดเจน การที่ผู้เรียนมีความเข้าใจว่าเรื่องที่ตนกำลังศึกษาอยู่นั้นอยู่ที่ส่วนใดของรายวิชาและมีผลกระทบในการเรียนเรื่องอะไรต่อไปก็จะช่วยให้ผู้เรียน

สามารถเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีการส่งเสริมและพัฒนาการเรียนการสอนแบบข้ามคณะ และข้ามสาขาวิชาจึงมีการบูรณาการกันระหว่างหลักสูตรต่างๆ โดยมีการคัดสรรแต่ละหัวข้อในแต่ละศาสตร์ นำมาจัดระบบระเบียบผสมผสานกันใหม่ ก่อให้เกิดวิชาใหม่ซึ่งกระบวนการในการบูรณาการ จะต้องทำอย่างเป็นระบบ ผู้ที่อยู่ต่างศาสตร์กันจะต้องมีความเข้าใจในโครงสร้างเนื้อหาของกันและกันได้ จึงจะทำให้การบูรณาการมีความกลมกลืนกันดี ดังนั้นผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์นอกจากจะมีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่จะสอนเป็นอย่างดี มีความเข้าใจในตัวผู้เรียนแต่ละคนแล้ว ยังต้องมีความสามารถประสานงานกับผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมในเรื่องความต่อเนื่องของเนื้อหาวิชาอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ต่อการชี้แนะผู้เรียนในการนำเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในวิชาคำนวณแต่ละสาขาช่างอุตสาหกรรม ดังที่ โพรสเซอร์ (กฤษมันต์ วัฒนากมลรงค์. 2538 : 46 – 52; อ้างอิงจาก Prosser. 1925) ผู้อำนวยการคนแรกของสำนักงานอาชีวศึกษาแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา ได้เขียนทฤษฎีการจัดอาชีวศึกษาและกล่าวถึงความร่วมมือกันอย่างใกล้ชิดในการสอน ความรู้ภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เรื่องการใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์นั้นได้ข้อสรุปว่า การสอนคณิตศาสตร์ควรจะต้องมีความสัมพันธ์กับการฝึกอาชีพในสาขาที่ใช้คณิตศาสตร์โดยตรงดีกว่าการแยกกระบวนการวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็นอิสระ การร่วมมือกันระหว่างผู้สอนวิชาทฤษฎีกับวิชาปฏิบัติอาจจะมียุ้งแล้ว แต่การร่วมมือกันระหว่างรายวิชาที่เกี่ยวข้องกันนั้นมีความจำเป็นต้องปรับให้สอดคล้องตามความต้องการของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์กันซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้มากขึ้น สามารถส่งผลให้ผู้เรียนได้เห็นประโยชน์ในการนำไปใช้ และส่งผลต่อการเป็นผู้ประกอบอาชีพที่มีคุณภาพได้

การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่เหมาะสมในยุคของการปฏิรูปการศึกษา ดังที่ วิชัย วงษ์ใหญ่ (2544 : 1 – 13) กล่าวไว้ว่า ถ้าพิจารณาพระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2545 ซึ่งมี 9 หมวด 78 มาตรา พบว่ามีมาตราที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาที่สำคัญ ได้แก่ มาตรา 22 การเน้นผู้เรียนสำคัญที่สุด มาตรา 23 การจัดการศึกษาต้องมีการบูรณาการ มาตรา 24 การใช้โรงเรียนเป็นฐานในการพัฒนา เป็นแนวทางให้สถานศึกษาจัดกระบวนการเรียนรู้ มาตรา 26 การประเมินผลใหม่ที่หลากหลาย เป็นต้น การปฏิรูปการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการเรียนรู้มีวิธีคิด รู้จักการตั้งคำถาม เป็นการเรียนรู้ตามสภาพจริง และมีการประเมินผลตามสภาพจริง หลักสูตรที่เป็นตามสภาพจริงคือ การมุ่งเน้นผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นศตวรรษแห่งคุณภาพของสังคมแห่งการเรียนรู้ผู้เรียนที่ต้องเข้าใจและเห็นคุณค่าในการเรียนรู้ของตนเอง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องปรับแนวคิดหลายประการกับผู้เรียน ผู้สอน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นๆ โดยเฉพาะผู้สอนจะมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาให้เกิดการเรียนรู้ จะต้อง

มีการปรับเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปเป็นผู้จัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน เป็นผู้ที่สนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่หลากหลายเพื่อนำไปสู่เป้าหมายสูงสุดคือ การเรียนรู้ของผู้เรียน การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Cognitive Guided Instruction) เป็นนวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง อาศัยความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ ปรักฐานหรือแนวคิดนี้ได้รับริเริ่มโดย เฟนนิมา และคณะ (Fennema; et. al.) จาก มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน-เมดิสัน (Wisconsin-Madison) โดยมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ของผู้สอนเกี่ยวกับเรื่องการคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดจะไม่มีรูปแบบของวิธีการหรือกิจกรรมที่เป็นขั้นตอนอย่างชัดเจน แต่เป็นความรู้ความเข้าใจที่ผู้สอนต้องวินิจฉัยผู้เรียนเกี่ยวกับการคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนว่าผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาและมีความสนใจในขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างไร ผู้เรียนในห้องเรียนที่จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดจะใช้เวลาส่วนใหญ่ ใช้วิธีการและรูปแบบที่หลากหลายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความแตกต่างกันได้ตามศักยภาพของตน รวมทั้งการได้มีโอกาสได้พูดคุย นำเสนอแนวคิดของตน อาจกล่าวได้ว่าจุดเด่นของห้องเรียนที่จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดคือ การให้ความสำคัญและการยอมรับจากเพื่อนๆ และผู้สอน ในการนำเสนอแนวคิดหรือวิธีการที่ผู้เรียนแต่ละคนใช้ในการหาคำตอบทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งสำคัญที่ผู้สอนจะต้องคำนึงถึง คือ ผู้สอนจะไม่สอนวิธีการในการแก้ปัญหาใดๆ แก่ผู้เรียน แต่จะเป็นผู้สนับสนุนให้ผู้เรียนได้พิจารณาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง บทบาทของผู้สอนเป็นการแนะนำ ช่วยเหลือผู้เรียนได้ค้นพบข้อผิดพลาดด้วยตัวของผู้เรียนเอง การจัดการเรียนการสอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะของผู้เรียนแต่ละคน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกง่ายและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ผู้เรียนจะได้รับความรู้หลายรูปแบบจากการร่วมมือกับเพื่อนๆ ในห้องเรียนที่เป็นลักษณะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นอกจากนี้การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดยังเป็นการร่วมมือกันในการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนโดยผู้สอนและผู้ปกครองอีกด้วย (Franke;& Weishaupt. 1998 : Online; North Central Regional Educational Laboratory. 1991 : Online; Fashola;& Slavin. 1997 : Online) การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพได้นั้นต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการ ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้ ปรักฐาน นิยม รูปแบบการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหา และการเรียนการสอนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน เป็นต้น

การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนสายช่างอุตสาหกรรมก็อาศัยหลักการเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญกับผู้เรียน ศักยภาพของผู้เรียนในด้านต่างๆ ซึ่งในเรื่องรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Style) ตามแนวคิด

ของ กราส์ซาและ ไรซ์แมน (มัทธรา ธรรมบุศย์. 2004 : ออนไลน์; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537 : 82; ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546 : 104 – 105; อ้างอิงจาก Grasha;& Reichman) ได้จำแนกรูปแบบการเรียนรู้ไว้ 6 รูปแบบ คือ แบบแข่งขัน (Competitive) แบบร่วมมือ (Collaborative) แบบหลีกเลี่ยง (Avoidance) แบบมีส่วนร่วม (Participant) แบบพึ่งพา (Dependent) และแบบอิสระ (Independent) โดยผู้เรียนแต่ละคนจะมีรูปแบบการเรียนรู้เฉพาะตัว ไม่มีผู้เรียนคนใดที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบใดแบบหนึ่งอยู่ตลอดเวลา ส่วนใหญ่จะใช้รูปแบบการเรียนรู้หลายรูปแบบควบคู่กัน รูปแบบที่ตนถนัดที่สุดจะถูกนำมาใช้มากกว่ารูปแบบอื่นๆ จากการศึกษาลักษณะของผู้เรียนสามารถนำมาปรับใช้ในการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่ให้ความสำคัญกับการคิดของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ ในการจัดการเรียนการสอนต้องใช้เวลาส่วนใหญ่กับผู้เรียนเพื่อเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยมีผู้สอนเป็นผู้เอื้ออำนวยความสะดวกให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตัวผู้เรียนเองและจากการช่วยเหลือกันภายในกลุ่มเพื่อนๆ ของผู้เรียน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนได้เข้าใจความต่อเนื่องในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์สามารถเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์ไปยังเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมได้เป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนเองโดยผู้สอนต้องมีความเชื่อในตัวของผู้เรียนว่าสามารถสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ในการจัดการเรียนการสอนจึงควรสนับสนุนให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่ก่อให้เกิดความสามารถในการแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธี ซึ่งในการพัฒนาผู้เรียนในด้านของแนวคิดและทักษะต่างๆ ทางคณิตศาสตร์อาจจะมีลำดับหัวข้อในการเรียนการสอนแต่จะต้องมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาและความเข้าใจในตัวผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเองในแนวทางที่หลากหลาย

จากสภาพปัญหาและแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนที่กล่าวมาทั้งหมด ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนาลักษณะรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด สำหรับการบูรณาการเนื้อหา ผู้วิจัยได้ดำเนินการ 2 รูปแบบ คือ การบูรณาการภายในวิชาเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และการบูรณาการระหว่างวิชาเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงกับเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมโดยยึดวิชาคณิตศาสตร์เป็นหลัก และในการจัดการเรียนการสอนใช้แนวทางการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ซึ่งคำนึงถึงรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแก้ไขปัญหาและจุดบกพร่องต่างๆ ของตนเอง และยึดถือหลักการที่ว่า การเรียนรู้ต้องเกิดจากการเชื่อมโยงองค์ความรู้ของผู้เรียนเอง เป็นไปตามความแตกต่างระหว่างบุคคล ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนวิชาคำนวณของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทั้งในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมต่อไป

คำถามการวิจัย

หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นโดยใช้การบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมและนำไปจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดจะส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นหรือไม่

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม โดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด สำหรับนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ความสำคัญของการวิจัย

ผลที่ได้จากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ดังนี้

1. ผลที่เกิดโดยตรงในการเรียนการสอน คือ ได้หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่เป็นการบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมอีกแนวทางหนึ่ง สามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในรายวิชาอื่นๆ ได้โดยตรง อย่างเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน สอดคล้องกับการปฏิรูปการศึกษาในการพัฒนาการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
2. ผลที่เกิดขึ้นในทางอ้อม คือ ทำให้ผู้สอนได้ตระหนักถึงบทบาทในการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม รวมทั้งวิชาสามัญอื่นๆ เช่น ภาษาอังกฤษ ภาษาไทย วิทยาศาสตร์ เป็นต้น ที่สามารถนำมาเชื่อมโยงเนื้อหาอย่างเป็นรูปธรรมกับวิชาของช่างอุตสาหกรรมหลายๆ วิชาได้ ซึ่งความจำเป็นที่ต้องพัฒนาเนื้อหาวิชาให้มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันนั้นนับได้ว่าเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนในสายช่างอุตสาหกรรมได้

ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการวิจัย

1.1 วิชาคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง 2 วิชา ได้แก่ วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย เมตริกซ์ และดีเทอร์มิแนนต์ จำนวนเชิงซ้อน ภาคตัดกรวยและพิกัดเชิงขั้ว ลิมิตและความต่อเนื่อง อนุพันธ์ และปริพันธ์

1.2 ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ พีชคณิต เวกเตอร์ ตรีโกณมิติ ตรรกศาสตร์
สมการ ทฤษฎีบททวินาม

1.3 วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม 4 คณะวิชา (8 แผนกช่าง) คือ คณะวิชาเครื่องกล
(ช่างยนต์) คณะวิชาเทคโนโลยีการผลิต (ช่างกลโรงงาน ช่างโลหะ และช่างผลิตเครื่องมือและ
แม่พิมพ์) คณะวิชาช่างไฟฟ้า (ช่างไฟฟ้า ช่างอิเล็กทรอนิกส์ และเทคนิคคอมพิวเตอร์) และคณะวิชา
ช่างโยธา (ช่างก่อสร้าง)

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร คือ นักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี สาขาวิชาช่างไฟฟ้า จากการเลือกแบบ
เจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชา
คณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนา
หลักสูตรโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่าง
อุตสาหกรรม หมายถึง การนำเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมในส่วนที่มี
ความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาเชื่อมโยง เพื่อสร้างความรู้และประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องกับ
ความต้องการและความเหมาะสมของผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์เกิดความคิด
รวบยอด เป็นการลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ลดระยะเวลาเรียน และลดภาระงานผู้สอน โดยยึดแนว
การสอนแบบชี้แนะปัญญาในการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตร

2. การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ดำเนินการใน
ลักษณะการกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผิ่กฝน
ด้วยตัวเอง โดยผู้เรียนได้ลงมือกระทำการเรียนรู้จากกิจกรรม การเรียนมีความยืดหยุ่นและหลากหลาย
ตามวุฒิภาวะ ความพร้อม ความสามารถ ความสนใจและประสบการณ์ของผู้เรียน สำหรับผู้สอนจะ
สนับสนุนการเรียนด้วยความจริงใจ เข้าใจ มีทักษะในการสื่อสาร ศึกษารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน
จัดกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และ
ประเมินผลตามสภาพจริง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษา วิเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การพัฒนาหลักสูตร

1.1 ความหมายของหลักสูตร

1.2 องค์ประกอบหลักสูตร

1.3 รูปแบบของหลักสูตร

1.4 ความหมายและกระบวนการพัฒนาหลักสูตร

1.5 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของกลุ่มมนุษยนิยม

2. การบูรณาการ

2.1 ความหมายของการบูรณาการ

2.2 แนวคิดพื้นฐานของการบูรณาการหลักสูตร

2.3 ประโยชน์ของหลักสูตรบูรณาการ

2.4 รูปแบบของการบูรณาการ

2.5 การบูรณาการเนื้อหา

2.5.1 ส่วนที่เกี่ยวข้องในการบูรณาการเนื้อหา

2.5.2 ขั้นตอนการจัดทำการบูรณาการเนื้อหา

2.5.3 ผลจากการบูรณาการที่มีต่อผู้เรียนและผู้สอน

2.5.4 การประเมินผลจากการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ

2.6 ลักษณะวิชาคณิตศาสตร์

2.6.1 ความสำคัญของคณิตศาสตร์

2.6.2 หลักการสอนคณิตศาสตร์

2.6.3 การสอนโดยเน้นความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

2.6.4 วิชาคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรม

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการเนื้อหาวิชาและการจัดการเรียนการสอนวิชา

คณิตศาสตร์

3. การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

3.1 ความหมายของการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

3.2 แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

3.4 บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน และบรรยากาศในชั้นเรียน

3.5 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

3.5.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญานิยม

3.5.2 รูปแบบการเรียนรู้

3.5.3 กระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

3.5.4 การคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหา

3.5.5 การเรียนการสอนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาเชิงอนาคต

4. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม โดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

1. การพัฒนาหลักสูตร

1.1 ความหมายของหลักสูตร

สัจจ อูทรานันท์ (2528 : 9 – 16) เซเลอร์ อเล็กซานเดอร์ และลิวอิส (พูลสุข อุดม 2546 : 15 – 18; อ้างอิงจาก Saylor; Alexander; & Lewis. 1981 : 3 – 6) สรุปความหมายของหลักสูตรไว้ดังนี้

1. หลักสูตร คือ รายวิชาหรือเนื้อหาที่เรียน เป็นการมองว่าหลักสูตรคือรายวิชาหรือเนื้อหาที่จัดเตรียมไว้อย่างเป็นระบบให้ผู้เรียนในระดับการศึกษาระดับใดระดับหนึ่งหรือสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นรายการของสิ่งที่ผู้เรียนต้องทำและมีประสบการณ์โดยการพัฒนาความสามารถในการกระทำสิ่งต่างๆ ให้ดีเพื่อความสามารถในการดำรงชีวิตในวัยผู้ใหญ่ได้ ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ความเข้าใจ พัฒนาทักษะ และเปลี่ยนเจตคติ ค่านิยมภายใต้การดูแลของสถาบันนั้นๆ

2. หลักสูตร คือ มวลประสบการณ์ของผู้เรียนที่จัดโดยโรงเรียน ความหมายของหลักสูตรในลักษณะนี้เป็นการมองว่าผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาด้านต่างๆ ทั้งทางร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และปัญญา การจัดการเรียนการสอนควรจัดให้สนองความต้องการและความสนใจที่แตกต่างกันของผู้เรียนแต่ละคน ควรสอนหรือจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้กระทำจนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีศักยภาพซึ่งโรงเรียนจัด

ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้คิดและกระทำในสิ่งที่ถูกต้องตามความสามารถของผู้เรียน

3. หลักสูตร คือ จุดหมายที่ผู้เรียนพึงบรรลุ ในความหมายนี้ หลักสูตร หมายถึง สิ่งที่ผู้เรียนต้องเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน เพื่อให้บรรลุจุดหมายและจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ เป็นสิ่งที่สังคมได้มุ่งหวังหรือคาดหวังให้ผู้เรียนได้รับ เป็นชุดของการเรียนและประสบการณ์สำหรับเด็กที่โรงเรียนวางแผนไว้เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ของการศึกษา เป็นชุดของความตั้งใจเกี่ยวกับโอกาสในการจัดให้คนได้รับการศึกษาร่วมกับคนอื่นและสิ่งอื่นในระยะเวลาและเนื้อหาที่จัดไว้อย่างแน่นอนมีความเกี่ยวข้องกับการจัดลำดับของเนื้อหาวิชา การคัดเลือกเนื้อหาสาระ การคัดเลือกอุปกรณ์ รวมทั้งกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อให้การสอนเป็นไปอย่างได้ผลมากที่สุด

4. หลักสูตร คือ แผนซึ่งจัดโอกาสการเรียนรู้ ประสบการณ์ที่คาดหวังให้แก่ผู้เรียน ความหมาย ของหลักสูตรในลักษณะนี้จะเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ การออกแบบหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้และการประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เกี่ยวข้องได้ปฏิบัติ โดยมุ่งให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถ และพฤติกรรมตามที่กำหนดในหลักสูตร เป็นแผนสำหรับจัดกระบวนการเรียนการสอนหรือโอกาสการเรียนรู้ให้แก่บุคคลกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เพื่อให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในด้านต่างๆ และบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ โดยมีโรงเรียนเป็นผู้รับผิดชอบ

5. หลักสูตร คือ กิจกรรมทางการศึกษาที่จัดให้กับผู้เรียน ความหมายของหลักสูตรลักษณะนี้เป็นการมองกิจกรรมทางการศึกษาที่จัดให้กับผู้เรียนในแง่ของกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดให้ผู้เรียนได้มีความรู้ มีประสบการณ์ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรและนอกหลักสูตร ซึ่งสถานศึกษาจัดขึ้นเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมผู้เรียนทุกๆ ด้าน

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า หลักสูตร หมายถึง เนื้อหา กระบวนการ และกิจกรรมทางการศึกษาที่จัดให้กับผู้เรียนให้ได้รับความรู้ความเข้าใจ พัฒนาทักษะและเปลี่ยนเจตคติให้คิดและกระทำในสิ่งที่ถูกต้องตามความสามารถ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองตามความสามารถ การจัดการศึกษาทุกระดับ ตั้งแต่ระดับก่อนวัยเรียน ระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษา ระดับอาชีวศึกษา และระดับอุดมศึกษา ตลอดจนการศึกษานอกระบบ รวมทั้งการฝึกอบรมทั้งระยะสั้นและระยะยาว หลักสูตรจะมีบทบาทและมีความสำคัญ กล่าวคือ หลักสูตรเป็นแผนและแนวทางในการจัดการศึกษาของชาติ หน่วยงานหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทุกระดับ เป็นเครื่องมือในการควบคุมมาตรฐานการศึกษา ตลอดจนเป็นเครื่องบ่งชี้ทิศทางในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ดังนั้นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรและการสอนเป็นสิ่งที่ผู้สอนทุกระดับชั้น ทุกสาขาวิชาต่างๆ ไม่อาจละเลยได้

1.2 องค์ประกอบหลักสูตร

องค์ประกอบหลักสูตร ประกอบด้วย 4 ประการ ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ (Objective) เป็นส่วนที่ระบุถึงปรัชญา แนวความเชื่อที่เป็นปณิธานของหลักสูตร เป็นข้อความหรือสมมติฐานที่แสดงถึงจุดมุ่งหมายในการสอนของผู้สอนซึ่งควรจะสอดคล้องกับความมุ่งหมายของการศึกษาระดับชาติ จุดประสงค์สามารถกำหนดได้หลายระดับ เช่น ระดับเป้าหมาย (Goal) จุดมุ่งหมาย (Purpose) เป็นต้น จุดประสงค์เหล่านี้มีความเฉพาะเจาะจงแตกต่างกัน จะครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน จำแนกได้เป็น 3 ด้านใหญ่ๆ คือ ด้านความรู้หรือสติปัญญา (Cognitive Domain) ด้านเจตคติหรือความรู้สึก (Affective Domain) และด้านทักษะปฏิบัติ (Psychomotor Domain)

2. เนื้อหาสาระและประสบการณ์การเรียนรู้ (Content and Experience) เป็นข้อความที่แสดงถึงเนื้อหาวิชาที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้และได้รับประสบการณ์ รวมถึงทางเลือกให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนวิชาที่ตรงกับความถนัดและความสนใจ การพิจารณาคัดเลือกเนื้อหาและประสบการณ์ การเรียงลำดับเนื้อหาสาระและการกำหนดเวลาเรียนที่เหมาะสม ควรคำนึงถึงความสอดคล้องกับจุดประสงค์และเป็นเนื้อหาที่มีความสำคัญ มีความจำเป็นต่อการเรียนรู้

3. การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ (Experience Organization) เป็นข้อความที่แสดงถึงวิธีการต่างๆ ที่จะนำมาใช้พิจารณาดำเนินการจัดการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ การพิจารณาการจัดประสบการณ์ผู้สอนควรคำนึงถึงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามความสามารถ

4. การประเมินผล (Assessment) เป็นข้อความที่แสดงถึงเกณฑ์และวิธีการต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการประเมินรายวิชาและผลงานของผู้เรียน ผู้สอนต้องมีเครื่องมือในการวัดคุณลักษณะผู้เรียนได้อย่างสอดคล้องกับพฤติกรรมตามสภาพที่เกิดขึ้นจริงของผู้เรียน

องค์ประกอบทั้ง 4 จะเรียงลำดับก่อนหลัง โดยมีเป้าหมายหรือจุดประสงค์เป็นค่านำทางไปกำหนดสิ่งที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ทำให้เห็นแนวทางในการจัดเนื้อหาสาระ ประสบการณ์และกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างสอดคล้อง ตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมไปถึงสื่อการเรียนการสอนและการประเมินผล (ชาติรี มณีโกศล. 2539 : 69 – 70; จีวีวรรณ เสวตมาลย์. 2545 : 9; ชวัชชัย เทียนประทีป. 2541 : 11 – 12; บุญชม ศรีสะอาด. 2546 : 11; พูลสุข อุดม. 2546 : 19 – 20; รุจิร ภู่อารยะ. 2545 : 8 – 9; สุธาสินี บุญญาพิทักษ์. 2545 : 113 – 114; สุนิย์ ภูพันธ์. 2546 : 18 – 19)

1.3 รูปแบบของหลักสูตร

รูปแบบของหลักสูตร (Curriculum Design) มีอยู่หลายรูปแบบ ได้แก่ หลักสูตรรายวิชา (Subject Curriculum) หลักสูตรสหสัมพันธ์ (Correlate Curriculum) หลักสูตรผสมผสาน (Fused Curriculum) หลักสูตรหมวดวิชา (Broad Fields Curriculum) หลักสูตรวิชาแกน (Core Curriculum) หลักสูตรที่เน้นทักษะกระบวนการ (Process Skills) หลักสูตรที่เน้นสมรรถฐาน (Competency or Performance – Base Curriculum) หลักสูตรที่เน้นกิจกรรมและปัญหาทางสังคม (Social Activities and Problem Curriculum) หลักสูตรที่เน้นความต้องการและความสนใจของแต่ละบุคคล (Individual and Interested Curriculum) หลักสูตรมนุษยนิยม (Humanistic Curriculum) หลักสูตรประสบการณ์ (Experience Curriculum) หลักสูตรแบบบูรณาการ (Integrated Curriculum) และหลักสูตรแบบส่วนบุคคล (Personalized Curriculum) เป็นต้น สำหรับหลักสูตรแบบบูรณาการ (Integrated Curriculum) เป็นหลักสูตรที่รวมประสบการณ์ในการเรียนโดยการคัดเลือกลักษณะเด่นของเรื่องมาจัดเป็นกระบวนการเรียนการสอน ตัดตอนมาจากหลายสาขาวิชา นำมาจัดเข้าเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ นำเสนอวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่สามารถกระทำได้หลายรูปแบบ เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อกิจกรรมการเรียนการสอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาการเรียนของตนเอง ทำให้ได้รับประสบการณ์ที่ต่อเนื่อง จุดมุ่งหมายของหลักสูตรประเภทนี้จะเน้นที่ตัวผู้เรียน ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นการเน้นประสบการณ์ในการเรียนรู้ของผู้เรียน ช่วยให้มีความสัมพันธ์ระหว่างวิชาสูงสุด ทำให้ได้รับประสบการณ์โดยตรงและต่อเนื่อง สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (บุญชม ศรีสะอาด. 2546 : 49 – 61; พูลสุข อุคม. 2546 : 19; รุจิร ภู่อาระ. 2545 : 10 – 19; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537 : 53 – 61; สุนีย์ ภูพันธ์. 2546 : 131 – 152; Ornsten;& Hunkins. 2004 : 176 – 192)

1.4 ความหมายและกระบวนการของการพัฒนาหลักสูตร

เซเลอร์ และอเล็กซานเดอร์ (สุนีย์ ภูพันธ์. 2546 : 158;อ้างอิงจาก Saylor and Alexander 1974 : 7) ให้ความหมายของการพัฒนาหลักสูตร (Curriculum Development) ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงการทำหลักสูตรที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น หรือการจัดทำหลักสูตรขึ้นมาใหม่ โดยไม่มีหลักสูตรเดิมเป็นพื้นฐานอยู่เลย และ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (พูลสุข อุคม. 2546 : 23 – 24;อ้างอิงจาก สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2537 : 39) กล่าวว่า มีกระบวนการทั้งในแนวกว้างและแนวลึกเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาใน 3 มิติ คือ

1. การวางแผน ออกแบบ หรือยกร่างหลักสูตร (Curriculum Planning) ประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน การกำหนดจุดมุ่งหมาย การกำหนดเนื้อหาสาระ และประสบการณ์การเรียนรู้ การกำหนดการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้
2. การใช้หลักสูตร (Curriculum Implementation) ประกอบด้วย การจัดทำวัสดุหลักสูตร การผลิตและการใช้สื่อการเรียนการสอน การเตรียมบุคลากร การบริหารหลักสูตรและการดำเนินการสอนตามหลักสูตร
3. การประเมินผลหลักสูตร (Curriculum Evaluation) ประกอบด้วย การประเมินเอกสารหลักสูตร การประเมินการใช้หลักสูตร การประเมินสัมฤทธิ์ผลของหลักสูตร และการประเมินหลักสูตรทั้งระบบ

1.5 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตร

เมคเนอร์กนีส์ และ เฮร์เบิร์ต (วิเชียร อินทรสมพันธ์. 2546 : 74 อ้างอิงจาก Mcnergney & Herbert. 1998 : 145 – 146) ได้กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของกลุ่มมนุษยนิยม (Humanism) ไว้ว่า นักปรัชญากลุ่มนี้จะให้ความสนใจเกี่ยวกับการเคารพ การเอาใจใส่ และความเมตตาแก่ผู้เรียน โดยมีความเชื่อว่ามนุษย์มีความสามารถที่จะยอมรับตัวเอง รู้จักศักยภาพของตนเอง การพัฒนามนุษย์จะมุ่งพัฒนาด้านมโนคติของตนเอง ผู้เรียนไม่ควรได้รับการบังคับให้เกิดการเรียนรู้ แต่การเรียนรู้ของมนุษย์ต้องเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริง เกิดจากการทดลอง โดยมีกระบวนการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญในการแสวงหาความรู้ ความจริงและทักษะต่างๆ ผู้เรียนจะต้องมีความรับผิดชอบ สามารถประเมินตนเอง และมีความสุขกับการเรียนรู้ด้วยตัวเอง

นอกจากนั้น วิชัย วงษ์ใหญ่ (2537 : 29) ได้กล่าวถึงแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรของกลุ่มมนุษยนิยมว่ามีลักษณะที่สำคัญสรุปได้ดังนี้

1. มุ่งเน้นการพัฒนาที่ตัวบุคคล โดยเฉพาะแรงกระตุ้นภายในเป็นความต้องการที่จะกระทำอันเป็นพื้นฐานในการพัฒนาไปสู่การรู้จักตนเองอันอุดม ซึ่งประกอบด้วย
 - 1.1 การรับรู้และมีความสัมพันธ์กับความจริงได้อย่างเหมาะสม ไม่มีการบิดเบือนความจริง
 - 1.2 การมีประสบการณ์สุดยอด (Peak Experiences) และอยู่ในกระบวนการที่จะเปลี่ยนแปลงได้เสมอถ้ามีเหตุผลและข้อมูลเพียงพอ
 - 1.3 การมองตนเองในแง่ดีและมีความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองรวมทั้งการแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม

1.4 การเปิดตนเองพร้อมที่จะเรียนรู้ประสบการณ์ใหม่ รู้จักเปลี่ยนแปลงเพื่อจะนำมา
บูรณาการในตนเอง

1.5 มีความรู้สึกเป็นเพื่อนกับมนุษย์

2. ทฤษฎีความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ จากแนวความคิดของมาสโลว์ (วิชัย วงษ์ใหญ่ .2537 : 31 – 32 อ้างอิงจาก Maslow) มีลำดับขั้นคือ ความต้องการทางร่างกาย (Physiological Needs) ความต้องการความมั่นคงปลอดภัย (Safety Needs) ความต้องการที่จะได้รับการยกย่องจากสังคม (Esteem Needs) ความต้องการที่จะรู้จักตนเองอันอุดม (Self-actualization Needs) และความปรารถนาที่จะเรียนรู้และเข้าใจ (Desire to Know and Understand) โดยมองการรู้จักตนเองอันอุดมว่ามีหลายมิติ และการตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์นั้นจะประสบผลสัมฤทธิ์ได้จะต้องมีการตอบสนองของแต่ละลำดับขั้น การค้นพบภาวะตนเองอันอุดมของแต่ละบุคคลเป็นสิ่งที่ต้องแสวงหาที่เป็นลักษณะเฉพาะตน การจัดหลักสูตรจะต้องมุ่งเน้นกระบวนการที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุถึงการรู้จักตนเองอันอุดมโดยได้รับการส่งเสริมให้แสดงออกการฝึกปฏิบัติจริงเพื่อให้เห็นข้อดี ข้อผิดพลาดและขีดจำกัด การจัดหลักสูตรเพื่อพัฒนาให้เกิดความสำเร็จในขั้นความต้องการที่จะรู้จักตนเองอันอุดมได้จะต้องเกิดภายหลังจากที่ความต้องการ 3 ขั้นตามลำดับได้รับการตอบสนองหมดแล้ว การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนจะต้องเป็นกระบวนการที่พัฒนาคนให้เติบโตไปตามความต้องการและศักยภาพที่แต่ละบุคคลมีอยู่

3. บูรณาการแห่งตน หมายถึง การมีความสัมพันธ์ทั้งความคิด ความรู้สึกและการกระทำ บุคคลที่มีบูรณาการแห่งตนจะเป็นผู้ที่มีใจกว้าง เข้าใจตนเองและผู้อื่น ประกอบด้วยคุณลักษณะดังนี้

3.1 การยอมรับตนเอง ทำความเข้าใจตนเองได้

3.2 การพึ่งตนเอง ไม่ชอบการพึ่งพาอาศัยผู้อื่น มีความมั่นใจ

3.3 การยอมรับคนอื่น ทำความเข้าใจกับคนอื่นได้

3.4 การมองเห็นปัญหาหาแนวทางความสามารถในการแก้ปัญหา

3.5 การยอมรับฟังผู้อื่น และการยอมรับสภาพความเป็นจริง

3.6 ความเป็นประชาธิปไตย สร้างสัมพันธ์กับคนอื่น ให้ความร่วมมือในการเป็นผู้นำ
ผู้ตาม และผู้ประสานงานที่ดี

3.7 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นอิสระแก่ตัว

3.8 รู้จักที่จะเปลี่ยนค่านิยมได้

4. การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามแนวคิดของโรเจอร์ (วิชัย วงษ์ใหญ่ .2537 : 34 – 35; อ้างอิงจาก Roger. 1965) มี 9 ประการ คือ

4.1 มนุษย์มีความสามารถและต้องการที่จะเรียนรู้ มีความอยากรู้อยากเห็น พยายามที่จะจับต้อง ทดลองจากสภาพแวดล้อม

4.2 มนุษย์มีความสามารถแตกต่างกัน ต้องคำนึงถึงการเคารพสิทธิและพัฒนาความเป็นมนุษย์เพื่อให้การเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดขึ้นและสอดคล้องกับประสบการณ์

4.3 การเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ถ้ามีการบังคับน้อยหรือไม่บังคับเลยจะเรียนรู้ได้ดี จึงควรหลีกเลี่ยงประสบการณ์การเรียนรู้ที่จะทำให้เกิดการขัดแย้ง

4.4 ประสบการณ์การเรียนรู้บางอย่างที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งหรือความไม่สบายใจ ในบางครั้งอาจจะเป็นไปในทางบวก ถ้าประสบการณ์การเรียนรู้นั้นสอดคล้องกับบทบาทของผู้เรียนที่เป็นฝ่ายกระทำและเกิดความมั่นใจ

4.5 การเสนอทางเลือกให้ผู้เรียน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีจากประสบการณ์ตรงและควรมีหลายรูปแบบ

4.6 ประสบการณ์การเรียนรู้จะเกิดขึ้นถ้าผู้เรียนมีส่วนร่วม มีส่วนรับผิดชอบและทราบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของตน ผู้เรียนจะเกิดความพอใจ

4.7 ประสบการณ์การเรียนรู้จะต้องครอบคลุมคนทั้งคน กล่าวคือ การพัฒนาทางด้านความสนใจ อารมณ์ ความรู้สึก ค่านิยม ไม่มุ่งเน้นส่งเสริมพัฒนาการใช้ปัญญาอย่างเดียว

4.8 ประสบการณ์การเรียนรู้จะต้องส่งเสริมความคิดอิสระ ความเชื่อมั่นในตนเอง

4.9 การเรียนรู้จะต้องส่งเสริมวิธีการเรียน เน้นการพัฒนาตนเอง รักที่จะเรียน และมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ตามความคาดหวังของตนเอง

จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้นำความหมายของหลักสูตร รูปแบบหลักสูตรบูรณาการ และแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของกลุ่มมนุษยนิยมเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรตามองค์ประกอบของหลักสูตร 4 ประการ คือ วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ และการประเมินผล โดยให้ความสำคัญกับผู้เรียนในการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสามารถ ให้โอกาสผู้เรียนได้มีอิสระในการเลือกที่จะเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นการแก้ปัญหา พัฒนาบุคคลตามสภาพจริง เพื่อให้ผู้เรียนได้มีอิสระและมีความสุขในการเรียนรู้ คำนึงถึงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญ สามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพ โดยมีผู้สอนเป็นผู้เอื้ออำนวยในการเรียนรู้ รวมทั้งสามารถวัดคุณลักษณะผู้เรียนได้อย่างสอดคล้องกับพฤติกรรมตามสภาพที่เกิดขึ้นจริง สรุปดังตาราง 1 และภาพประกอบ 1

ตาราง 1 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบหลักสูตร

หัวข้อที่เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร	องค์ประกอบหลักสูตร			
	วัตถุประสงค์	เนื้อหาสาระ	การจัดประสบการณ์การเรียนรู้	การประเมินผล
1.5 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรกลุ่มมนุษยนิยม (วิชยวงษ์ใหญ่. 2537; วิเชียร อินทรสมพันธ์. 2546 อ้างอิงจาก Mcenergney; & Herbert. 1998 : 145 –146) – การเรียนรู้ของมนุษย์ต้องเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริง เกิดจากการทดลอง กระบวนการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญในการแสวงหาความรู้ ความจริงและทักษะต่างๆ – เน้นการพัฒนาที่ตัวบุคคลไปสู่การรู้จักตนเองอันอุดม ประกอบด้วย การมองตนเองในแง่ดี มีความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง แสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม พร้อมทั้งจะเรียนรู้ประสบการณ์ใหม่ รู้จักเปลี่ยนแปลงเพื่อนำมาบูรณาการในตนเอง – การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนต้องเป็นกระบวนการที่พัฒนาคนให้เติบโตตามความต้องการและศักยภาพที่แต่ละบุคคลมีอยู่ ส่งเสริมให้แสดงออก ฝึกปฏิบัติจริง เพื่อให้เห็นข้อดีข้อผิดพลาดและขีดจำกัด – บุคคลที่มีบูรณาการแห่งตนจะเป็นผู้ที่ยอมรับตนเองและผู้อื่น พึ่งตนเอง มองเห็นและมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นอิสระแก่ตัว – การจัดประสบการณ์การเรียนรู้จากความเชื่อว่ามนุษย์มีความสามารถแตกต่างกัน การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีจากประสบการณ์ตรง ควรเสนอทางเลือกให้ผู้เรียนหลายรูปแบบ และประสบการณ์การเรียนรู้จะเกิดขึ้นถ้าผู้เรียนได้มีส่วนร่วม	✓ ✓ ✓ ✓		✓ ✓	



ภาพประกอบ 1 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบหลักสูตร

2. การบูรณาการ

2.1 ความหมายของการบูรณาการ

การบูรณาการมีความหมาย 2 นัย กล่าวคือ นัยแรก หมายถึง การทำให้สมบูรณ์ เป็นการทำให้หน่วยย่อยๆ ที่สัมพันธ์อิงอาศัยกันเข้ามาอยู่ร่วมทำหน้าที่อย่างประสานกลมกลืนเป็นองค์รวมหนึ่งเดียวที่มีความครบถ้วนสมบูรณ์ในตัวเอง และนัยที่ 2 หมายถึง การนำเอาศาสตร์สาขาวิชาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาผสมผสานเข้าด้วยกันเพื่อประโยชน์ในการจัดการศึกษา ซึ่งอาจเป็นการเชื่อมโยงวิชาหนึ่งเข้ากับวิชาอื่นๆ ในการสอน การหาความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาของหลายๆ วิชากับหัวข้อ ความคิดรวบยอด ตลอดจนปัญหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้ศึกษา เป็นการสร้างความรู้และประสบการณ์ขึ้นใหม่ในลักษณะของการผสมผสานเข้าด้วยกันเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและความเหมาะสมของผู้เรียนเป็นสำคัญ (วิเศษ ชินวงศ์. 2544 : 22; สุวิทย์ มูลคำ; และ อรรถัย มูลคำ. 2545 : 182; พูลสุข อุดม. 2546 : 33 – 34; สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์. 2546 : 15 – 16)

พระธรรมปิฎก (สุวิทย์ มูลคำ. 2547 : 10; อ้างอิงจาก พระธรรมปิฎก. 2540) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการบูรณาการ 3 ส่วน คือ

1. หน่วยย่อย องค์ประกอบ ชิ้นส่วน อวัยวะ หรือชิ้น ระดับ แ่ง ด้านที่จะเอามาประมวลเข้าด้วยกัน

2. ความสัมพันธ์เชื่อมโยง อิงอาศัยซึ่งกันและกัน

3. ความครบถ้วนเต็มบริบูรณ์ โดยมีการประสานกลมกลืน เกิดภาวะได้ที่ พอดีหรือสมดุล องค์รวมที่เกิดขึ้นมีชีวิตชีวาดำรงอยู่ได้และดำเนินไปด้วยดี

นอกจากนี้ เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (สุวิทย์ มูลคำ. 2547 : 11; อ้างอิงจาก เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2546) กล่าวถึง ลักษณะของการบูรณาการมี 5 ลักษณะ ดังนี้

1. การเชื่อมโยง เป็นการนำสิ่งหนึ่งหรือหลายๆ สิ่ง มาเชื่อมกับสิ่งหนึ่งที่อยู่ในลักษณะแกนกลางทำให้เกิดการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่แสดงถึงความเกี่ยวพัน มีความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างกัน

2. การรวมกัน เป็นการนำเอาสิ่งต่างๆ ตั้งแต่ 2 สิ่งขึ้นไปมารวมกัน เพื่อทำให้เกิดความสมบูรณ์ขึ้นกว่าเดิม และใช้ประโยชน์จากสิ่งต่างๆ เหล่านั้นร่วมกันได้

3. การประสาน เป็นการทำให้สิ่งต่างๆ ทำหน้าที่ของตนภายใต้เป้าหมายเดียวกัน เข้ากันสนิทและเป็นไปอย่างสอดคล้องกัน

4. การผนวก เป็นการรวมสิ่งหนึ่งให้เป็นของอีกสิ่งหนึ่งอย่างสมบูรณ์ และเป็นการทำให้สิ่งที่มีอยู่ในภาพรวมดีขึ้นกว่าการแยกส่วนกันอยู่

5. การเติมเต็ม เป็นลักษณะการเพิ่มเติมส่วนที่ยังบกพร่องหรือยังขาดของสิ่งใดสิ่งหนึ่งให้เกิดความสมบูรณ์

หลักสูตรบูรณาการเป็นหลักสูตรที่นำเอาเนื้อหาวิชาต่างๆ มาหลอมรวมเข้าด้วยกัน ทำให้เอกลักษณ์ของแต่ละรายวิชาหมดไป และเกิดเป็นเอกลักษณ์ใหม่ของหลักสูตรที่เชื่อมโยง ความรู้ ความคิดรวบยอด และทักษะในวิชาต่างๆ เข้าด้วยกันตามแนวนอนกับวิชาอื่นในชั้นเดียวกัน โดยอาจเป็นทั้งวิธีการสอนและวิธีการจัดโปรแกรมการสอนที่มีเนื้อหาวิชาต่างๆ ในหลักสูตรและ ทักษะ สามารถเชื่อมโยงให้เป็นสิ่งเดียวกันได้ ทำให้กระบวนการถ่ายทอดความรู้มีความชัดเจนด้วย การประยุกต์ให้เข้ากับบริบทของหัวข้อ กิจกรรม โครงการหรือหัวเรื่อง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้โดยองค์ รวมทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย มีความสอดคล้องกับแนวการจัดการศึกษาที่เน้น ความสำคัญทั้งความรู้คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และบูรณาการตามความเหมาะสมและเป็นไป ตามสภาพจริงของสังคม การเรียนรู้แบบบูรณาการเป็นการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็น การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงเนื้อหาสาระทั้งหลายเข้าด้วยกันอย่างมีความหมายนำความคิดรวบยอดหรือ ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงของผู้เรียนมาใช้ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์ของเวลา มิติ เกิด ความคิดรวบยอดในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ รู้จักใช้ทักษะต่างๆ อย่างเหมาะสม รวมทั้ง สามารถเลือกหรือพัฒนาโครงการและวิธีการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการเรียนได้อย่างอิสระด้วยตนเอง (พูลสุข อุดม. 2546 : 35; สิริพัทธ์ เจษฎาวิโรจน์. 2546 : 13 – 14)

2.2 แนวคิดพื้นฐานของการบูรณาการหลักสูตร

การบูรณาการเป็นการผสมผสานประสบการณ์การเรียนรู้ที่อาจมีลักษณะเป็นสาขาวิชา เดียวหรือต่างสาขาวิชาก็ได้ให้มีความต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถนำประสบการณ์ไปสู่ชีวิตจริง ทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการมี 2 แนวคิด คือ แนวคิด บูรณาการแบบตะวันตก และแนวคิดบูรณาการแบบตะวันออก สรุปได้ดังนี้

2.2.1 แนวคิดบูรณาการแบบตะวันตก

แนวคิดบูรณาการแบบตะวันตกเกิดขึ้นในสมัยการศึกษาแบบพิพัฒนาการ (Progressive Education) ได้รับอิทธิพลจากนักปรัชญาชาวเยอรมัน คือ เฮร์บาร์ท (ล่ำลี รักสุทธิ และคณะ. 2544 : 6 – 8 อ้างอิงจาก Herbart. 1890) ซึ่งมีความเชื่อในเรื่องของการศึกษาว่าสามารถ เชื่อมโยงความคิดรวบยอดของวิชาต่างๆ ที่มีในหลักสูตรได้อย่างน้อย 2 วิชาขึ้นไป ด้วยวิธีการเชื่อมโยง ดังกล่าวจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำประสบการณ์ต่างๆ ที่ได้รับการเรียนการสอนไปประยุกต์ใช้ ในสถานการณ์ใหม่ๆ นักการศึกษาในกลุ่มพิพัฒนาการมีความเชื่อว่าการศึกษจะต้องพัฒนาผู้เรียน ในลักษณะเบ็ดเสร็จทั้งตัว (the whole child) ในวงการศึกษามีผู้สอนที่ใช้วิธีการนี้มากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้ เนื่องมาจากความจำเป็นและเหตุผลต่างๆ โดยให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการ เชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่จากการได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นช่วยให้แนวคิด

ในการจัดการศึกษากว้างขึ้นทั้งในเรื่องของกระบวนการเรียนรู้ กระบวนการคิด การแก้ปัญหา การแสวงหาความรู้ และการตระหนักในความแตกต่างทางด้านวัฒนธรรมของผู้เรียน ซึ่ง ดุย (สิริพัทธ์ เจริญภาวิโรจน์. 2546 : 18 – 19; อ้างอิงจาก Dewey. 1933) ได้กล่าวไว้ว่า การศึกษาคือชีวิต ในการจัดการเรียนการสอนควรยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมความร่วมมือ ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และอยู่ร่วมกันในวิถีประชาธิปไตย การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเกิดขึ้นจากความเชื่อที่ว่าคนเราสามารถเชื่อมโยงความคิดรวบยอดของวิชาต่างๆ ได้ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนนำประสบการณ์ต่างๆ ที่ได้รับจากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ การจัดการเรียนการสอนจึงควรเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติ เน้นการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ มีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นส่งเสริม และแนะนำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ การเรียนรู้ร่วมกัน (Cooperative Learning) นำไปสู่การรู้เข้าใจโลก รอบตัว และความสามารถในการจัดวางตัวเองได้อย่างเหมาะสมในสังคมที่ตนอาศัยอยู่ และบรูเนอร์ (สิริพัทธ์ เจริญภาวิโรจน์. 2546 : 18; อ้างอิงจาก Bruner. 1960) ได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้กับผู้เรียนโดยผู้สอนสามารถจัดเตรียมประสบการณ์เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความพร้อมโดยสอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ 4 ประการ คือ การกำหนดประสบการณ์ที่ให้ผู้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ การกำหนดวิธีการให้ผู้เรียนหาความรู้ที่เหมาะสมที่สุด การกำหนดลำดับขั้นตอนในการเสนอสิ่งที่เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้แรงจูงใจผู้เรียนในกระบวนการเรียนการสอน ขณะที่โรเจอร์ (สิริพัทธ์ เจริญภาวิโรจน์. 2546 : 18; อ้างอิงจาก Rogers. 1965) จะเน้นการจัดการเรียนการสอนในลักษณะยึดผู้เรียนเป็นสำคัญมีเป้าหมาย เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาศักยภาพของตนเอง มีความสามารถในหลายๆ ด้าน มีความเป็นตัวของตัวเอง สามารถคิดวิเคราะห์ สามารถปรับตัว ยืดหยุ่น มีสติปัญญาที่จะเผชิญกับปัญหาใหม่ๆ และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligences Theory) ของการ์ดเนอร์ (อารี สันหนวี. 2535 : 41 – 47; อ้างอิงจาก Gardner. 1983) ที่จำแนกความเก่งหรือความสามารถทางปัญญา 8 ด้าน คือ ความสามารถด้านภาษา (Linguistic Intelligence) ความสามารถทางด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ (Logical – Mathematical Intelligence) ความสามารถด้านภาพมิติสัมพันธ์ (Spatial Intelligence) ความสามารถด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว (Bodily Intelligence) ความสามารถด้านดนตรี (Musical Intelligence) ความสามารถด้านมนุษยสัมพันธ์ (Interpersonal Intelligence) ความสามารถในการเข้าใจตนเอง (Intrapersonal Intelligence) และความสามารถในด้านความเข้าใจธรรมชาติ (Naturalist Intelligence)

2.2.2 แนวคิดบูรณาการแบบตะวันออก

พระพุทธเจ้าทรงเป็นนักปราชญ์ชาวตะวันออกที่มีแนวคิดในการบูรณาการและนำมาปฏิบัติเป็นเวลานานแล้ว พระองค์ทรงสอนให้มองหรือศึกษาทำความเข้าใจอย่างองค์รวมก่อน แล้วจึงมองหรือเข้าใจแยกย่อยออกไป มีหลักการหลายรูปแบบ เช่น หลักไตรสิกขา หลักปัจเจกการตามการศึกษาสาม หลักอริยสัจ 4 กล่าวคือ หลักไตรสิกขา ประกอบด้วย ศีล สมาธิและปัญญา ศีล คือการทำให้เป็นคนดี เส้นแบ่งระหว่างคนกับสัตว์คือศีล พระพุทธองค์จึงทรงให้นำศีลไปรวมบูรณาการไว้กับทุกวิชา สมาธิ คือ การเป็นคนที่มีความมุ่งมั่น ไม่หวั่นไหว มีความสุข สงบ พลอยยินดีกับการทำงานทุกอย่าง การนำสมาธิไปบูรณาการจะทำให้งาน การศึกษาประสบความสำเร็จ และปัญญา คือ ความคิด ความรู้ ความรอบคอบ การมีสติตรีกตรอง ทุกกระบวนการของพฤติกรรมมนุษย์ควรนำเอาปัญญาเข้าไปบูรณาการด้วยเพื่อการเรียนรู้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ในเนื้อหาวิชาและความสมบูรณ์ในความเป็นมนุษย์ สำหรับหลักปัจเจกการตามการศึกษาสาม ประกอบด้วย ปริยัติ ปฏิบัติ และปฏิเวธ ปริยัติ คือ การศึกษาเรียนรู้เนื้อหาวิชาต่างๆ รวมทั้งศีลธรรม ขนบธรรมเนียม ประเพณีต่างๆ ที่มีการกำหนดเป็นหลักสูตรเป็นการเรียนรู้ทางฝ่ายโลกจากตำราทั้งในและนอกประเทศ ปฏิบัติ คือ การลงมือกระทำ ประกอบกิจกรรม การนำเนื้อหาความรู้มาลงมือปฏิบัติเป็นการนำมาบูรณาการระหว่างการเรียนเนื้อหาสาระความรู้และการนำความรู้ไปใช้จริง ปฏิเวธ คือ การปฏิบัติตน ดำเนินชีวิตที่หลอมรวมมวลพฤติกรรมของตนเองให้มีความสุข การเรียนรู้ตามแนวพุทธจึงต้องมีการบูรณาการอย่างครอบคลุมทั้ง 3 ส่วน และหลักอริยสัจ 4 ประกอบด้วย ทุกข์ สมุทัย นิโรธ และมรรค ทุกข์ คือ ความไม่รู้ ไม่เข้าใจ ความโง่เขลา เป็นตัวปัญหาที่เราต้องแสวงหาคำตอบ สมุทัย คือ สาเหตุของปัญหาความไม่รู้ การเรียนรู้ของมนุษย์จะต้องเรียนเพื่อแก้ปัญหาความโง่ นิโรธ คือ แนวทางการดับทุกข์หรือดับปัญหา ขจัดความไม่รู้ มรรค คือ ข้อปฏิบัติหรือการกระทำการเรียนรู้ให้ถึงการดับของปัญหา ในการเรียนรู้แบบบูรณาการตามหลักอริยสัจ 4 จะตัดตอนส่วนใดส่วนหนึ่งไปไม่ได้ จะต้องมีการเชื่อมโยงสืบต่อ ทุกอย่างเป็นปัจจัยของกันและกัน (ลำลี รักสุทธิ;และคณะ. 2544 : 8 – 13; ผจกญ โกจารย์ศรี. 2545 : 30 – 35) นอกจากนี้ ประเวศ วะสี (ลำลี รักสุทธิ;และคณะ. 2544 : 13 – 14; อ้างอิงจาก ประเวศ วะสี. 2543 : 59 – 60) กล่าวถึงความรู้ว่าสรรพสิ่งล้วนเชื่อมโยง สัมพันธ์กันแต่เรามักเรียนรู้แบบแยกส่วน ปัจจุบันมนุษย์มีความรู้มากขึ้นแต่มีการรู้แบบเชื่อมโยงสัมพันธ์หรือปัญญาน้อยลง ทำให้การจัดระบบชีวิตเกิดการขัดแย้งและอยู่ร่วมกันไม่ได้ ดังนั้นในการเรียนรู้บางอย่างใดอย่างหนึ่งควรจะฝึกคิดเชื่อมโยงให้ยาวไกลที่สุด การเชื่อมโยงความรู้จะช่วยให้มนุษย์มองโลกกว้างขึ้น มีทัศนะไม่แคบ รู้และเข้าใจปัญหา แก้ปัญหาได้ดีกว่าการเรียนรู้เฉพาะส่วนที่ขาดการเชื่อมโยง การไม่รู้อะไรจริง การไม่รู้อะไรก็ทำให้ถูกต้องไม่ได้

สรุปได้ว่าแนวคิดบูรณาการแบบตะวันตกและแนวคิดบูรณาการแบบตะวันออกเกิดขึ้นมานานแล้ว และมีผู้นำไปปฏิบัติและบรรลุผลสำเร็จในการเรียนรู้ด้านวิชาการและด้านการดำรงชีวิตอยู่ในสังคม ในการจัดการศึกษาจึงควรให้ความสำคัญกับหลักการในการเรียนรู้แบบบูรณาการเป็นอย่างยิ่ง เพราะชีวิตคือการศึกษาที่ต้องเรียนรู้และปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง การเรียนรู้ทุกเรื่องต้องนำมาหลอมรวมและประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง ในการพัฒนาหลักสูตรสามารถทำได้หลายลักษณะโดยเฉพาะการดำเนินการในรูปแบบหลักสูตรบูรณาการ นักพัฒนาหลักสูตรหรือผู้ดำเนินการที่เกี่ยวข้องจะต้องจัดให้เป็นการเรียนรู้การสอนในลักษณะพหุศาสตร์ เป็นการเตรียมผู้เรียนสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต

2.3 ประโยชน์ของหลักสูตรบูรณาการ

ความจำเป็นที่ต้องบูรณาการหลักสูตร เนื่องจากเรื่องราวต่างๆ ที่เป็นวิถีชีวิตประจำวันของผู้เรียนต่างสอดคล้องสัมพันธ์กัน ไม่ได้แยกส่วนออกจากกันเป็นเรื่องๆ แบบรายวิชาเรียน และข้อค้นพบทางทฤษฎีการเรียนรู้และผลการวิจัยทางการศึกษาต่างยืนยันตรงกันว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นและเรียนรู้อย่างมีความหมายเมื่อมีการบูรณาการเข้ากับชีวิต ปัจจุบันเป็นยุคแห่งข้อมูลข่าวสารไร้พรมแดนหรือยุคโลกาภิวัตน์ (Globalization) ที่ทุกคนมีสิทธิเท่ากันในการแสวงหา ฟังฟังผู้สอนน้อยลงผู้สอนจึงจำเป็นต้องเลือกเฉพาะสาระที่สำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตที่ผู้เรียนต้องการโดยใช้เวลาเท่าเดิม ต้องยอมรับว่ายังไม่มีหลักสูตรวิชาใดเพียงวิชาเดียวที่จะสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาทุกอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ การเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่างๆ ที่ใกล้เคียงหรือเกี่ยวข้องกันจะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ลดระยะเวลาเรียน ลดภาระงานผู้สอน ส่งผลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมายมากขึ้น เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแต่ละคนได้ใช้ความรู้ ความคิด ความสามารถและทักษะที่หลากหลายในการเข้าร่วมกิจกรรม (สุวิทย์ มูลคำ;และ อรทัย มูลคำ. 2545 : 182)

การนำหลักสูตรแบบบูรณาการไปใช้ในการจัดการเรียนรู้จะมีประโยชน์หลายประการสรุปได้ดังนี้ (วิเชียร อินทรสมพันธ์. 2546 : 56 – 57;อ้างอิงจาก วิชัย วงษ์ใหญ่. 2544 : 51; สำลี รักสุทธี;และคณะ. 2544 : 14 – 17)

1. ผู้เรียนได้มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดและความคิดรวบยอด รวมทั้งผู้เรียนสามารถแบ่งปันและรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เป็นการขยายความรู้ของตนเองให้กว้างขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและร่วมมือในการเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้การรวมกลุ่มกันเรียนรู้ของผู้เรียนจะพัฒนาความร่วมมือร่วมใจกันออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน

2. ผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนในการเรียนรู้ โดยสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆอย่างหลากหลาย บทบาทของผู้สอนจะเป็นผู้จัดสิ่งแวดล้อมให้เกิดการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมแบบบูรณาการที่เริ่มต้นศึกษาจากเรื่องใกล้ตัวไปสู่เรื่องที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อนตามวุฒิภาวะของผู้เรียน ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้แบบองค์รวม

3. การประเมินผลเป็นไปในสภาพจริง มีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กับการนำไปใช้จริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียน

4. การสร้างให้คนเป็นมนุษย์ที่พึงประสงค์ 3 ประการ คือ คิดเป็น ทำเป็น และอยู่ร่วมกัน เป็นการคิดเป็น คือ คิด กว้าง ลึก ยาว ไกล ทำให้เกิดปัญญา การทำเป็นทำให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะที่ดีหลายประการ เช่น ซอบบ้นทึก มีทักษะในการสื่อสาร การเผชิญสถานการณ์ การจัดการ และสร้างงาน เป็นต้น และการอยู่ร่วมกันเป็น คือ การเคารพศักดิ์ศรีความเป็นคนของเพื่อนมนุษย์ การอนุรักษ์ธรรมชาติ รักความยุติธรรม การเห็นแก่ส่วนรวม สามารถรวมตัวร่วมคิดร่วมทำ และสร้างความเป็นชุมชน

2.4 รูปแบบของการบูรณาการ

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการจำแนกดังนี้ (สุวิทย์ มูลคำ;และ อรทัย มูลคำ. 2545 : 182 – 191)

การบูรณาการแบบผู้สอนคนเดียว ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้โดยการเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ต่างๆ กับหัวข้อเรื่องที่สอดคล้องกับชีวิตจริงหรือสาระที่กำหนดขึ้น ผู้สอนสามารถเชื่อมโยงสาระและกระบวนการเรียนรู้ของกลุ่มสาระต่างๆ เช่น การอ่าน การเขียน การคิดคำนวณ การวิเคราะห์ต่างๆ มาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่างๆ ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการเรียนรู้ไปแสวงหาความรู้ความจริงจากหัวข้อเรื่องที่กำหนด

การบูรณาการแบบคู่ขนาน มีผู้สอนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปร่วมกันจัดการเรียนการสอนโดยอาจจะยึดหัวข้อเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วบูรณาการเชื่อมโยงแบบคู่ขนานกันไปภายใต้หัวข้อเรื่องเดียวกันแต่การสอนนั้นยังแยกกันสอน

การบูรณาการแบบสอนเป็นทีม ผู้สอนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปร่วมกันคิดหัวข้อเรื่องหรือโครงการขึ้นมา โดยใช้เวลาเรียนต่อเนื่องกัน วิธีการ คือ รวมจำนวนชั่วโมงของสาระการเรียนรู้ต่างๆ ที่ผู้สอนเคยแยกกันสอนนั้นมารวมเป็นเรื่องเดียวกัน มีเป้าหมายเดียวกัน ลักษณะของผู้สอนที่สอนเป็นทีม ผู้เรียนได้เรียนรู้เป็นทีม สำหรับกรณีที่ต้องการเน้นทักษะบางเรื่องเป็นพิเศษหรือมีรายละเอียดบางเรื่องโดยเฉพาะเจาะจง ผู้สอนก็สามารถแยกกันสอนได้

การบูรณาการภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้ เป็นลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิด ทักษะและความคิดรวบยอดของสาระการเรียนรู้สาระใดสาระหนึ่ง

การบูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ เป็นลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำเอาสาระการเรียนรู้จากหลายกลุ่มสาระมาเชื่อมโยงเพื่อจัดการเรียนรู้ภายใต้หัวข้อเรื่องเดียวกัน

การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นลักษณะการบูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการนำเอาสาระการเรียนรู้จากหลายกลุ่มสาระมาเชื่อมโยงให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อจัดการเรียนรู้ภายใต้หัวข้อเรื่องเดียวกัน

การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นลักษณะการบูรณาการที่ผู้สอนนำเอาเรื่องหรือสาระการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปสอดแทรกในสาระการเรียนรู้หรือวิชาที่ตนเองรับผิดชอบสอน

การพัฒนารูปแบบและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการจึงเป็นความพยายามในการปฏิรูปการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางแห่งการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องอย่างยิ่งกับสภาพการณ์ปัจจุบันที่มีความพยายามที่จะปฏิรูปการศึกษา เพื่อการก้าวไปสู่การจัดการศึกษาที่มีความสอดคล้องกับสภาพการณ์ของบ้านเมืองและสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติซึ่งถือว่า ผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด ใช้การเรียนรู้แบบบูรณาการเป็นวิถีชีวิต ก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ โรเบิร์ต และเคลล็อก (ผจญ โกจารย์ศรี. 2545 :29;อ้างอิงจาก Robert;& Kellough. 2000) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้แบบบูรณาการเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถบูรณาการเอาหลักสูตรเข้าสู่ชีวิตจริงของผู้เรียนได้ ไม่ใช่การเรียนที่แต่ละวิชาถูกนำมาสอนคนละทิศทาง เน้นจุดหมายของการเรียนเพียงเฉพาะในแต่ละสาขาวิชา ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการจะเป็นคำตอบที่ดีในการพัฒนาการเรียนรู้ด้วยเหตุผลในด้านจิตวิทยาและพัฒนาการ ด้านวัฒนธรรมสังคม ด้านแรงจูงใจ และด้านการสอน

จาคอป (ผจญ โกจารย์ศรี. 2545 : 35 – 36;อ้างอิงจาก Jacob. 1989) ได้กล่าวว่า การบูรณาการหลักสูตรมี 5 แนวทาง คือ

หลักสูตรรายวิชา (Discipline Based Curriculum) เป็นลักษณะของหลักสูตรที่ประกอบด้วยเนื้อหาวิชาที่แยกขาดจากกันในแต่ละวิชาในระดับชั้นเดียวกัน และวิชาต่างๆ ในแต่ละระดับชั้น

หลักสูตรขนาน (Parallel Curriculum) เป็นการนำ 2 วิชามาเชื่อมเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเรื่อง หลักสูตรหลากหลายวิทยาการ (Multi – Disciplinary Curriculum) เป็นการจัดการเรียนหลายๆ วิชา โดยให้เนื้อหาของแต่ละวิชามีศูนย์กลางอยู่ที่สิ่งใดสิ่งหนึ่ง

หลักสูตรสหวิทยาการ (Interdisciplinary Curriculum) ประกอบด้วยวิชาต่างๆ ซึ่งผู้เรียนจะได้เรียนรู้ไปในเวลาเดียวกัน การสอนแบบนี้จะต้องเป็นการสอนแบบทีมโดยใช้เวลาเป็นช่วง และผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหาวิชาด้วยการแก้ปัญหาหรือทำโครงการ

หลักสูตรบูรณาการ (Integrated Curriculum) มีลักษณะการหลอมรวมทักษะเจตคติและความเชื่อต่างๆ ไปพร้อมกับเนื้อหา เป็นการได้เรียนรู้อย่างเป็นธรรมชาติตามศักยภาพของตนเองอย่างแท้จริง

Fogarty (Lake. 2000 : Online; citing Fogarty. 1991) แบ่งรูปแบบของการบูรณาการดังนี้

1. รูปแบบแยกส่วน (Fragment) เป็นวิธีการบูรณาการเนื้อหาสาระภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้เดียวกัน โดยสัมพันธ์ต่อเนื่องกันในลักษณะการเรียงลำดับหัวข้อตามความเหมาะสมแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้จะจัดการสอนแบบแยกกันโดยไม่มีการเชื่อมโยงเข้าด้วยกันโดยทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้มีจุดยืนของตัวเอง

2. รูปแบบเชื่อมโยง (Connected) เป็นวิธีการบูรณาการเนื้อหาสาระภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยในการสอนมีการเชื่อมโยงหัวข้อหรือความคิดรวบยอดถึงกัน เชื่อมโยงความคิดต่างๆ ให้สัมพันธ์กันจากหัวข้อหนึ่งไปยังอีกหัวข้อหนึ่ง ทำให้เห็นความต่อเนื่องหรือเกี่ยวข้องกันของเนื้อหา

3. รูปแบบซ้อนกัน (Nested) เป็นวิธีการบูรณาการเนื้อหาสาระภายในกลุ่มสาระเดียวกัน ที่เพิ่มความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมากขึ้น มีการเชื่อมโยงบูรณาการทักษะหลายๆ ทักษะ และหลายกระบวนการเข้าในเนื้อหาสาระที่เป็นเป้าหมายหลัก

4. รูปแบบเรียงลำดับ (Sequenced) เป็นการบูรณาการระหว่างการเรียนรู้ 2 กลุ่ม โดยการนำหน่วยการเรียนรู้ของทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่ใช้สอนกันอยู่มาพิจารณาความคิดรวบยอดทักษะและเจตคติ แล้วจัดเรียงลำดับหน่วยใหม่เพื่อจะได้นำมาสอนในช่วงเวลาเดียวกัน เป็นการสอนเนื้อหาสาระของกลุ่มสาระทั้ง 2 คู่ขนานกันไปโดยกิจกรรมการเรียนการสอนและเนื้อหาสาระของกลุ่มต่างก็ส่งเสริมซึ่งกันและกัน

5. รูปแบบการมีส่วนร่วม (Shared) เป็นการบูรณาการระหว่างกลุ่มการเรียนรู้ 2 กลุ่ม โดยเนื้อหาสาระที่สอนทั้ง 2 กลุ่มนั้นมีสาระความรู้หรือความคิดรวบยอดที่คาบเกี่ยวหรือเหลื่อมล้ำกันอยู่ส่วนหนึ่ง การบูรณาการรูปแบบนี้ต้องมีการวางแผนร่วมกันระหว่างผู้สอนทั้ง 2 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับการแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ในการสอนที่คาบเกี่ยวกันอาจจัดสอนเป็นหัวข้อร่วมกันหรือทำโครงงานร่วมกัน ส่วนหนึ่งที่ไม่เกี่ยวกันนั้นผู้สอนก็แยกกันสอนตามปกติ

6. รูปแบบการโยงใย (Webbed) เป็นวิธีการบูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้หลายกลุ่ม มีลักษณะเป็นการกำหนดหัวข้อเรื่องขึ้นมาแล้วเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหาสาระของกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ ที่เห็นว่ามีความสัมพันธ์กัน คล้ายคลึงกัน ต่อเนื่องกันที่จะสามารถนำมาจัดรวมเป็นหัวข้อเรื่องเดียวกัน เพื่อที่จะได้จัดสอนร่วมกันไปอย่างกลมกลืน

7. รูปแบบการร้อยด้าย (Threaded) เป็นวิธีการบูรณาการที่ใช้ทักษะใดทักษะหนึ่งที่ต้องการฝึกเป็นหลัก แล้วกำหนดเนื้อหาสาระและกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ให้สัมพันธ์กับทักษะที่กำหนด ซึ่งอาจจะเป็นก็กลุ่มสาระการเรียนรู้ก็ได้ รูปแบบนี้เป็นการทำงานร่วมกันแบบข้ามกลุ่มสาระการเรียนรู้ ผู้สอนต้องปรึกษาหารือและร่วมกันคิดเกี่ยวกับทักษะที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือปฏิบัติได้ นำแนวคิดเกี่ยวกับทักษะมารวบรวมไว้ แล้วเลือกทักษะที่ต้องการเน้นโดยต้องมีความสอดคล้องกับการเวลา แล้วร้อยเรียงไปในการฝึกทักษะนั้นในการสอนตามเนื้อหาสาระของกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ

8. รูปแบบการบูรณาการ (Integrated) เป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการที่นำเอาสาระความรู้ ความคิดรวบยอด ทักษะที่คาบเกี่ยวหรือเหลื่อมล้ำกันอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ มาวางแผนจัดการเรียนการสอนร่วมกันเป็นทีม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ ในการสอนส่วนที่คาบเกี่ยวกันนั้น ผู้สอนอาจร่วมกันเป็นทีม หรือผู้สอนคนใดคนหนึ่งหรือมากกว่านั้นรับหน้าที่เป็นผู้สอนก็ได้ ให้ผู้เรียนทำงานชิ้นเดียวกันแล้วประเมินผลร่วมกัน

9. รูปแบบขยายให้ใหญ่ขึ้น (Immersed) เป็นวิธีการบูรณาการของผู้เรียนแต่ละคนในการใช้ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการเรียนรู้เนื้อหาสาระจากกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ และมีความสนใจในเนื้อหาสาระด้านใดด้านหนึ่งเพิ่มเติม โดยผู้เรียนจะใช้เนื้อหาความรู้ในสาระนั้นเพื่อการศึกษา ค้นคว้าเป็นการเติมเต็มการเรียนรู้เนื้อหาสาระจากหลักสูตรทั้งหมด เป็นการบูรณาการที่เกิดจากภายในตัวของผู้เรียนเอง ตามชีวิตจริงของผู้เรียน

10. รูปแบบเครือข่าย (Networked) เป็นการบูรณาการความรู้ที่ไม่ได้เกิดขึ้นจากการศึกษาค้นคว้าของผู้เรียนเพียงอย่างเดียว แต่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการ และผู้ทรงคุณวุฒิ รวมทั้งการใช้เครือข่ายการเรียนรู้ที่หลากหลาย เรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกกลุ่มสาระการเรียนรู้ องค์ความรู้ขยายกว้างขวางแล้วกลั่นกรองความคิดเพื่อให้มีประสิทธิภาพและความเชี่ยวชาญ ผู้เรียนต้องกำหนดการบูรณาการของตนด้วยการเลือกเครือข่ายของตนเอง

จากรูปแบบการบูรณาการ 10 รูปแบบนี้จะมีลักษณะเด่นและข้อจำกัดที่มีความแตกต่างกัน ผู้สอนสามารถเลือกได้ด้วยวิธีที่หลากหลาย ทำให้การเรียนการสอนมีรูปแบบที่คำนึงถึงความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ ระดับชั้นของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

2.5 การบูรณาการเนื้อหา

ซีลี (2540 : 41 – 56) กล่าวว่า การบูรณาการเนื้อหาหรือการสร้าง ความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชา มี 2 รูปแบบ คือ การบูรณาการภายในวิชา (Intradisciplinary) และการบูรณาการระหว่างวิชา (Interdisciplinary) โดยการบูรณาการภายในวิชาเป็นลักษณะการสอนที่ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนได้มองเห็นความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างความคิด หัวข้อทักษะและแนวคิดภายใน

เนื้อหาวิชาเดียว โดยมีจุดเน้นคือต้องมีความพยายามอย่างจริงจังที่เป็นรูปธรรมในการเชื่อมโยงความคิดผู้สอนต้องไม่คาดหวังเองว่าผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดได้เองโดยไม่มีการช่วยเหลืออย่างเป็นทางการในการบูรณาการภายในวิชานี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้พบแนวคิดและกระบวนการที่หลากหลาย การมองเห็นความเชื่อมโยงต่อเนื่องระหว่างกระบวนการทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพรวม หลักการเชื่อมโยงภายในวิชามีประโยชน์ต่อทั้งผู้เรียนและผู้สอน ในขณะที่การบูรณาการระหว่างวิชาเป็นการรวมเนื้อหาของทุกวิชามาอยู่ภายใต้หัวข้อเดียว วิธีการนี้เป็นประสบการณ์ของการเรียนที่นำเอาทักษะและคำถามจากวิชาการที่มากกว่า 1 แขนงวิชามาตรวจสอบหรือทำความเข้าใจกับหัวข้อ ประเด็นสถานการณ์ และ กลยุทธ์ (Glathorn. 2000 : 77 – 78) ได้กล่าวว่า การบูรณาการเนื้อหาวิชาสามารถดำเนินการได้ 3 ลักษณะ คือ

1. การยึดวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลัก (Subject – focused) เป็นการบูรณาการเนื้อหาที่ยึดวิชาหลัก 1 วิชาและนำเนื้อหาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมาเชื่อมโยง
2. การกำหนดหัวเรื่อง (Integration Theme – focused) เป็นการบูรณาการเนื้อหาที่เริ่มจากการกำหนดหัวข้อหรือชื่อเรื่องที่น่าสนใจและมีความสำคัญกับผู้เรียน และเลือกเนื้อหาจากหลายๆ วิชามาสืบค้นหัวข้อที่ตั้งขึ้น
3. การกำหนดโครงการ (Project – focus) เป็นการบูรณาการเนื้อหาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และทักษะที่หลากหลาย

2.5.1 ส่วนเกี่ยวข้องในการบูรณาการเนื้อหา

การบูรณาการเนื้อหามีส่วนเกี่ยวข้องที่ต้องดำเนินการ และมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสรุปได้ดังนี้ (ซีลี. 2540 : 20 – 38)

1. การกำหนดหัวข้อหรือหน่วยเนื้อหาการสอนที่จะสอนให้มีความหมายและมีความน่าสนใจ โดยเริ่มจากการศึกษากรอบหลักสูตรที่รัฐหรือท้องถิ่นกำหนด ผู้สอนควรเริ่มกำหนดขอบเขตการสอนของหลักสูตรแต่ละระดับจากภาพรวมของความเจริญเติบโตและการพัฒนาของผู้เรียน การกำหนดขอบเขตของการเรียนการสอน ผู้สอนจะต้องพิจารณาจากความต้องการ ความสนใจและระดับพัฒนาการของผู้เรียน เมื่อได้กำหนดกรอบแล้วก็จะสามารถกำหนดหัวข้อหรือประเด็นได้ด้วยการใช้วิธีการระดมสมองจากผู้เรียนและผู้สอนที่ร่วมกันคิด การหาข้อมูลจากหนังสือและคู่มือ สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้สอนได้มองเห็นแนวทางหลากหลายที่สามารถเลือกใช้ในการกำหนดหน่วยเนื้อหา และการกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้พิจารณาความเหมาะสมของหัวข้อหรือหน่วยเนื้อหากับผู้เรียน ผู้สอนต้องยึดหลักว่า หน่วยเนื้อหาการเรียนที่มีลักษณะบูรณาการที่ดีจะต้องทำให้ผู้เรียนอยากเรียนและสามารถเชื่อมโยงโลกในห้องเรียนกับโลกภายนอก โดยผู้สอนอาจจะนำหัวข้อหรือหน่วยเนื้อหาไปให้ผู้เรียนกลุ่มเดิมได้อภิปราย ออกเสียงลงคะแนนเพื่อเลือกหัวข้อที่ดีที่สุดมาเพียงหัวข้อเดียว การให้อากาศ

ผู้เรียนเข้ามามีส่วนในกระบวนการตัดสินใจนี้จะเป็นการสร้างความรู้สึกรู้สึกในการเป็นเจ้าของ เป็นการกระตุ้นและสร้างความสนใจในการเรียนรู้ และเมื่อเลือกหัวข้อได้แล้ว ลำดับต่อไปคือการคิดกิจกรรมสำหรับแต่ละหัวข้อนั้นๆ ผู้สอนอาจใช้วิธีการระดมสมองประกอบกับการใช้ตารางหลักสูตรเพื่อช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนได้มองเห็นความคิดและความเชื่อมโยงระหว่างประเด็นและเนื้อหาต่างๆ ในขณะที่ผู้เรียนกำลังคิดหาหัวข้ออยู่นั้น ผู้สอนอาจนำวิทยากรหรือบุคคลภายนอกเข้ามาร่วมด้วยก็ได้ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความน่าสนใจสร้างแรงกระตุ้นและความหมายสำหรับการเรียนรู้

2. ความยืดหยุ่นและความสมดุลของหน่วยเนื้อหาบูรณาการ ผู้เรียนสามารถนำประสบการณ์และความรู้เดิมเข้าสู่ห้องเรียนได้ เมื่อมีการยืดหยุ่นความคิดก็จะเปลี่ยนแปลงออกไปจากแนวเก่าๆ ผู้สอนเองก็จะรู้สึกที่สามารถสอนได้ครอบคลุมหลักสูตรมากขึ้น หน่วยเนื้อหาแบบบูรณาการจะช่วยให้ผู้สอนและผู้เรียนมุ่งเน้นความสนใจกับเนื้อหาส่วนใดส่วนหนึ่งเป็นการจำเพาะโดยไม่ต้องกังวลว่าจะเสียความสมดุลไปในระหว่างการเรียนแต่ละหน่วย เพราะจะมีการปรับความสมดุลไปเอง ซึ่งความสมดุลของเนื้อหาอาจจะไม่ปรากฏชัดเจนในการสอนแต่ละครั้งแต่จะมีปรากฏในภาพรวม ในการทำหลักสูตรให้มีลักษณะเป็นบูรณาการและรวบรวมความคิดต่างๆ เข้าเป็นชุดหน่วยและหัวข้อการเรียน การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนเดียวซึ่งเกิดขึ้นต่อเนื่องกัน การใช้หลักสูตรการเรียนการสอนแบบบูรณาการจะเปิดทางให้มีความยืดหยุ่นในการใช้วิธีการเรียนการสอนที่หลากหลาย และมีวิธีการมองความสมดุลของเนื้อหาหลักสูตรในหลายลักษณะ

3. การจัดโครงสร้างเวลาของหลักสูตรบูรณาการจะแตกต่างไปจากหลักสูตรแบบปกติ เวลาในการเรียนการสอนของหลักสูตรแบบบูรณาการจะไม่แบ่งออกเป็นชั่วโมงๆ และในแต่ละชั่วโมงจะไม่สอนเนื้อหาแยกจากกัน หากแต่จะถูกกำหนดเป็นระยะเวลาต่างๆ และแต่ละระยะจะเป็นการสอนที่ต่อเนื่องกันอย่างไม่ขาดตอน โดยพิจารณาจากธรรมชาติของหัวข้อและกิจกรรมที่กำหนดไว้ หลักสูตรแบบบูรณาการมุ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในโครงการและกิจกรรมที่มีความหมาย เส้นเวลาไม่ได้แบ่งไว้อย่างชัดเจน แต่จะสามารถเลื่อนไหลและยืดหยุ่นได้ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีลักษณะที่จริงจังมากขึ้น เพราะความรู้ไม่ได้เกิดขึ้นในเวลาที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าเท่านั้น การกำหนดระยะเวลาที่ยาวนานต่อเนื่องไม่ขาดตอนเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมและโครงการโดยใช้เวลานานเท่าที่เขาจะได้รับผลสำเร็จเป็นความพึงพอใจแล้วจึงจะเริ่มเรียนในสิ่งอื่นๆ ที่เขาสนใจต่อไป การใช้เวลาในการเรียนรู้แก่ผู้เรียนมากขึ้นแสดงถึงการยอมรับในความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านการเรียนรู้และรูปแบบของการเรียน นอกจากนั้นในการปรับโครงสร้างการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่นี้เป็นการส่งเสริมให้มีกิจกรรมและโครงการที่มีลักษณะละเอียดและซับซ้อนขึ้น ผู้เรียนมีโอกาสทุ่มเทความสนใจอย่างจริงจังในกิจกรรม ความซับซ้อนของโครงการและงานต่างๆ ในหลักสูตรบูรณาการนี้จะสะท้อนโลกแห่งความจริง ปัญหาในห้องเรียนที่มีคำตอบที่โยงใยหลากหลาย

4. สภาพห้องเรียนที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบบูรณาการ ในชั้นเรียนแบบใหม่ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมปฏิบัติงานเป็นกลุ่มๆ ละ 4 – 6 คน และมีการปฏิบัติงานที่หลากหลาย ผู้สอนจะเคลื่อนย้ายตำแหน่งไปเรื่อยๆ รอบๆ ชั้นเรียน ให้ความสนใจกับการค้นคว้าแนวความคิดที่สำคัญต่างๆ ของผู้เรียน บรรยากาศของห้องเรียนไม่ตึงเครียด ผู้เรียนมีใจจดจ่อกับกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากการบูรณาการจะช่วยให้เนื้อหา มีความสมบูรณ์เป็นเนื้อเดียวกันแล้วยังเป็นการสนับสนุนให้บรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ กล่าวคือ รูปแบบการจัดโต๊ะและกิจกรรมต่างๆ รูปแบบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและความเชื่อของผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนมองเห็นว่าตัวเองเป็นผู้เรียนและผู้วิจัยตลอดเวลา ซึ่งลักษณะเด่นที่พบได้ในการเรียนการสอนโดยหลักสูตรบูรณาการ คือ กิจกรรมการร่วมมือกันรูปแบบปฏิสัมพันธ์อย่างใหม่ ความยืดหยุ่นและความสมดุล ความเข้าใจอย่างแท้จริงในแนวคิด ทักษะที่นำมาสู่ชั้นเรียน รวมทั้งการที่ผู้สอนได้ตระหนักรู้เสมอว่าตนเองเป็นผู้เรียนที่ดีด้วย

2.5.2 ขั้นตอนการจัดทำการบูรณาการเนื้อหา

สำลี รักสุทธี และคณะ (2544 : 57) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดทำการบูรณาการเนื้อหา และการจัดการเรียนการสอนว่า ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาหลักสูตรและเอกสารประกอบหลักสูตร เป็นการหาความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกัน เพื่อนำมากำหนดเป็นปัญหาหรือหัวเรื่องในการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์หลักสูตร เป็นการศึกษาคูประสงคฺ์ของวิชาหลักและวิชารองที่จะนำมาบูรณาการ จะทำให้เห็นภาพที่ชัดเจนในการดำเนินการเรียนการสอน รวมทั้งการวัดและประเมินผล

ขั้นตอนที่ 3 จัดทำกำหนดการสอน เป็นการวางแผนการสอนแบบกว้างๆ โดยนำรายละเอียดที่ได้จากการวิเคราะห์คำอธิบายในหลักสูตรมาแยกย่อยเนื้อหา จุดประสงค์ กิจกรรม รวมทั้งกำหนดคาบในการสอน ซึ่งกำหนดการสอนแบบบูรณาการจะเพิ่มช่องบูรณาการและมีเนื้อหาบูรณาการแบบภายในวิชาหรือเนื้อหาบูรณาการระหว่างวิชาต่างๆ เข้าไปด้วย

ขั้นตอนที่ 4 เขียนแผนการสอน เป็นการกำหนดรายละเอียดของการสอนตั้งแต่ต้นจนจบ ประกอบด้วย สารสำคัญ จุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล โดยยึดหลักความสอดคล้องของแต่ละวิชาในการเรียนการสอนในช่วงเวลาเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 5 ปฏิบัติการสอน เป็นการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนที่กำหนดไว้ในแผนการสอน โดยมีการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน ความสอดคล้องสัมพันธ์กันของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้งผลสำเร็จของการสอนตามจุดประสงค์ เป็นต้น โดยมีการบันทึกจุดเด่นและข้อปรับปรุงเพื่อนำไปสู่การพัฒนาต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 ประเมิน ปรับปรุง และพัฒนาการสอน เป็นการนำผลที่ได้จากการบันทึกรวบรวมไว้ในขณะปฏิบัติการสอนมาวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงและพัฒนาแผนการสอนแบบบูรณาการให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.5.3 ผลจากการบูรณาการที่มีต่อผู้เรียนและผู้สอน

การนำการบูรณาการไปใช้จะส่งผลต่อผู้เรียนและผู้สอนดังนี้ (ซีลี. 2540 : 14 – 20)

1. ผู้เรียน จะมองเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาและได้มีโอกาสในการเรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อนๆ การเรียนการสอนแบบบูรณาการจะใช้กิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนหลายคนเข้ามามีส่วนร่วมในการค้นหาคำตอบ ความหมายและหนทางในการแก้ปัญหา กระบวนการค้นพบนี้จะนำไปสู่การแลกเปลี่ยนประสบการณ์และพื้นฐานทางความรู้ที่หลากหลายและแตกต่างกันของผู้เรียน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พิจารณาและประเมินผลการปรับปรุงความคิดและความเชื่อ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถอธิบายรูปแบบของความคิดนั้น และตลอดเวลาในการเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยให้ผู้เรียนได้คุ้นเคยกับมโนทัศน์และความคิดต่างๆ ที่เพื่อนๆ นำเข้ามาสู่ห้องเรียน ผู้สอนที่ใช้วิธีการสอนแบบเรียนรู้ร่วมกันจะใช้วิธีการกลุ่มหลายๆ อย่างเพื่อให้เกิดผลการเรียนที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น บางสถานการณ์ผู้สอนอาจเป็นคนจัดกลุ่มผู้เรียนเข้ากลุ่ม และบางสถานการณ์ก็เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกกลุ่มกันเอง รูปแบบของกลุ่มจะหลากหลายแตกต่างกันไป เพื่อจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกัน และในบางโอกาสผู้สอนอาจจะเป็นผู้ไกล่เกลี่ยและต่อรองความคิดในประเด็นที่ผู้เรียนอภิปรายถกเถียง โดยการสังเกตจากกระบวนการกลุ่มที่เกิดขึ้น ซึ่งไม่ว่ากลุ่มจะมีลักษณะเป็นอย่างไร เป้าหมายหลักคือช่วยให้ผู้เรียนปฏิบัติงานด้วยกันในสิ่งแวดล้อมแห่งการสร้างสรรค์และผลิตผลงาน ในการเรียนรู้ร่วมกัน เน้นความรับผิดชอบร่วมกันในโครงการของกลุ่ม ผู้เรียนแต่ละคนจะได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบส่วนต่างๆ ของงาน โครงการจะสัมฤทธิ์ผลได้ย่อมเกิดจากความร่วมมือกัน

2. ผู้สอน ต้องเป็นผู้ที่แสวงหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพและมีความหลากหลาย จะต้องไม่คิดว่าตัวเองเป็นเจ้าของและผู้ถ่ายทอดความรู้อีกต่อไป แต่จะต้องเป็นผู้ที่รองรับและต้องเป็นผู้ที่เรียนรู้ข่าวสารข้อมูลใหม่ๆ ด้วย ผู้สอนต้องเข้าใจผู้เรียน เข้าใจตนเอง รวมทั้งเข้าใจกลยุทธ์ในการสอนที่ตัวเองเลือกมาใช้ โดยผู้สอนจะเป็นคนที่นำรูปแบบความคิดมาสู่หลักสูตรด้วยตนเอง การยอมรับว่าไม่มีวิธีการเรียนรู้และไม่มีวิธีการคิดใดถูกต้องเพียงอย่างเดียว จะทำให้ผู้สอนยอมรับรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ผู้สอนที่มีความไตร่ตรองสูง (Reflective) เข้าใจดีว่าการเรียนรู้มีความซับซ้อนและเป็นเรื่องเฉพาะตัว ผู้เรียนที่เข้าสู่บรรยากาศของการเรียนจะมีระดับความสามารถและประสบการณ์ที่แตกต่างกัน การเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่ไม่แน่นอนซึ่งมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ในอดีตเฉพาะตัวของบุคคล ยังมีผลต่อการเชื่อมโยงกับสถานการณ์

การเรียนรู้ภายหลัง การที่ผู้สอนมีอิสระที่จะคิดถึงผู้เรียน ตนเอง และยุทธศาสตร์การสอน ผู้สอนจะพบทางที่จะทำให้การเรียนรู้มีความหมายมากยิ่งขึ้นด้วยการปรับหลักสูตรให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของ ผู้เรียน ซึ่งการมีโอกาสในการคิดทำให้เกิดโอกาสและกรอบความคิดใหม่ๆ การเรียนการสอนแบบบูรณาการที่มีพื้นฐานของปรัชญา การสร้างสรรค์ทางสังคม ธรรมชาติทางสังคมของการเรียนรู้และความยืดหยุ่นจะช่วยให้ผู้สอนได้คิดและหาคำตอบ จะเกิดภาพที่ชัดเจนในความคิดมากกว่าจะได้จากหลักสูตรที่มีโครงสร้างชัดเจน ผู้สอนที่คิดว่าตัวเองเป็นผู้ที่ต้องเรียนรู้จะแสวงหาหนทางที่เพิ่มพูนประสิทธิภาพการสอนของตนเองอย่างต่อเนื่อง เป็นเหมือนผู้วิจัการปฏิบัติงานของตนเอง สามารถขยายความคิดเดิมจนสามารถค้นพบแนวทางสำหรับการสอนและการเรียนรู้แบบใหม่ๆ ขึ้นได้ ซึ่งความคิดที่กว้างไกลของผู้สอนจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์ที่สอดคล้องต่อเนื่องกัน การเรียนการสอนในลักษณะบูรณาการช่วยให้สามารถกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนเลือกกระบวนการเรียนการสอนที่เหมาะสม รวมทั้งการมีความเข้าใจตนเองใหม่ในเรื่องที่เกี่ยวกับตัวเอง ตลอดจนบริบทของสถานการณ์และข้อสมมติฐานต่างๆ

2.5.4 การประเมินผลจากการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ

การเรียนรู้แบบบูรณาการไม่เหมาะกับการประเมินผลลักษณะที่ทำการทดสอบหลังจากจบแต่ละบท หรือเป็นการทดสอบความรู้แบบแยกส่วน แนวทางการประเมินผลอย่างใหม่จะมีลักษณะที่เป็นเรื่องจริงจัง มีพื้นฐานจากสิ่งที่ผู้เรียนได้ทำจริงๆ ในบริบทอันหลากหลาย เช่น การเก็บผลการปฏิบัติงาน การตรวจสอบแบบ Checklists การบันทึกเหตุการณ์ (Anecdotal Records) การสังเกต เป็นต้น โดยถือว่าการประเมินผลจะเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกวันในชั้นเรียน (ซีลี. 2540 : 86 – 102) ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้จะมีความสอดคล้องกับการประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังที่ บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2545 : 14 – 19) กล่าวว่า ในการประเมินจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลสารสนเทศของบุคคลที่เกี่ยวข้อง 3 กลุ่ม คือ ผู้เรียน ผู้สอน และผู้ปกครอง โดยผู้เรียนจะใช้ผลการประเมินเพื่อบอกระดับความสำเร็จของตน ระบุความต้องการของตน เชื่อมโยงความพยายามกับผลที่เกิดขึ้น วางแผนเพื่อการศึกษาต่อและการเลือกอาชีพ โดยประเมินความรอบรู้ควบคู่ไปกับเนื้อหาสาระที่ผู้เรียนพยายามเรียนรู้ รวมทั้งประเมินความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ส่วนผู้สอนจะใช้ผลการประเมินเพื่อระบุความต้องการของผู้เรียนแต่ละคนของกลุ่มหรือทั้งห้องเรียน เพื่อจัดกลุ่มให้ผู้เรียน ให้เกรด ประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และประเมินผลการสอนของตนเองโดยต้องการสารสนเทศจากการประเมินความรอบรู้ของผู้เรียนแต่ละคนอย่างต่อเนื่อง โดยสรุประดับความรอบรู้ตามเนื้อหาสาระที่ต้องการให้กับผู้เรียนเป็นรายบุคคล รวมทั้งประเมินการปฏิบัติงานของกลุ่มอย่างต่อเนื่อง ด้านของผู้ปกครองจะใช้ผลการประเมินเพื่อบอกระดับความสำเร็จของผู้เรียน ระบุความต้องการของผู้เรียน รวมทั้งประเมินผลผู้สอนและสถาบันการศึกษา

โดยจะเป็นการให้ผลย้อนกลับอย่างต่อเนื่อง ซึ่งลักษณะของการประเมินจะประกอบด้วย เป้าหมาย การประเมิน มีจุดเน้นเพื่อทดสอบคุณลักษณะร่วมกันของผู้เรียนแต่ละคน บทบาทของผู้ประเมินที่เป็นทั้งผู้เก็บรวบรวมข้อมูล ผู้แปลผล และผู้ใช้ผลการประเมิน ความถี่ในการประเมิน การบริหารการประเมินผลและคุณภาพของการประเมิน การประเมินผลในรูปแบบทางเลือกใหม่และการไต่ตรองเป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จของหลักสูตรแบบบูรณาการ คุณสมบัติที่โดดเด่นของการประเมินแบบใหม่ คือ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับผลและจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและหน่วยเนื้อหาที่เรียนโดยตรง ผู้สอนและผู้เรียนจะทำการไต่ตรองทุกครั้งที่ได้มีการวิเคราะห์และตั้งข้อสงสัยในบทเรียน ทำให้ทั้งผู้สอนและผู้เรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดและกระบวนการของการเรียนรู้ได้ดีขึ้น เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้สอนและผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นช่วยให้การเรียนการสอนแบบบูรณาการมีความครบถ้วนสมบูรณ์ และยังเป็นการสร้างโอกาสให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อการเรียนรู้ที่หลากหลาย การเชื่อมต่อกับโลกภายนอกชั้นเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาการจะเน้นการวัดและประเมินผลตามสภาพที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติจริงมากที่สุด โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของสิ่งที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้จริงตลอดกระบวนการในด้านการนำเสนอความรู้ความเข้าใจ การจัดระบบข้อมูลความรู้ รวมทั้งการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม อาจกล่าวได้ว่าการประเมินผลตามแบบบูรณาการมุ่งเน้นการให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปปรับปรุงพัฒนาตนเองมากกว่าการทดสอบแบบถูก – ผิด การสอบผ่าน – ไม่ผ่าน ผู้เรียนสามารถนำข้อมูลจากการประเมินไปพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองต่อไปได้ การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่เหมาะสมจะใช้การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ซึ่งเป็นการประเมินเชิงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ดังที่ สิริพัทธ์ เจษฎาภิโรจน์ (2546 : 97 – 102) กล่าวไว้ว่า การประเมินลักษณะนี้จะมีประสิทธิภาพเมื่อประเมินการปฏิบัติของผู้เรียนในสภาพที่เป็นจริงในด้านความรู้ ความคิด พฤติกรรม วิธีการปฏิบัติ ทักษะกระบวนการ รวมทั้งผลการปฏิบัติของผู้เรียนวิธีการที่ใช้ประเมินตามสภาพจริง ได้แก่ การสังเกต การบันทึกประจำวัน การตอบปากเปล่า การเขียนคำตอบหรือความเรียง การประเมินตนเอง การประเมินกลุ่ม การสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์กลุ่ม และการใช้แฟ้มสะสมงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การสังเกต เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่ผู้สอนดูจากพฤติกรรมของผู้เรียน โดยเป็นการสังเกตรายบุคคล ซึ่งพฤติกรรมที่ผู้สอนควรสังเกตผู้เรียนจากการฝึกทักษะต่างๆ ที่ผู้เรียนฝึกขณะปฏิบัติกิจกรรมตามรูปแบบการบูรณาการแบบ Nest หรือ Treaded
2. การบันทึกประจำวัน เป็นการเขียนบันทึกการปฏิบัติงานของผู้เรียนที่อาจเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ ผู้สอนควรสังเกตผู้เรียนจากการฝึกขณะปฏิบัติกิจกรรมตามรูปแบบการบูรณาการแบบ Networked ซึ่งผู้เรียนต้องกล้าแสดงความรู้ ค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ
3. การตอบปากเปล่า เป็นการให้ผู้เรียนตอบคำถามด้วยการพูดตอบเป็นรายบุคคล

หรือเป็นกลุ่มเล็กๆ ผู้สอนอาจจะสังเกตผู้เรียนในขณะที่ปฏิบัติกิจกรรมตามรูปแบบการบูรณาการ แบบ Immersed หรือ Networked

4. การเขียนคำตอบหรือความเรียง เป็นการให้ผู้เรียนสร้างคำตอบ โดยอาจให้เขียนเติมด้วยข้อความสั้นๆ หรือให้เขียนเป็นความเรียง เพื่อใช้ตรวจสอบความเข้าใจในการเรียนวิชาต่างๆ ซึ่งการประเมินด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับการสอนบูรณาการทุกรูปแบบ

5. การประเมินตนเอง เป็นการให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองเกี่ยวกับกระบวนการทำงาน ปัญหาอุปสรรค และวิธีการแก้ไข เป็นภารกิจที่ผู้เรียนต้องรับผิดชอบตัวเอง ซึ่งการประเมินตนเองสามารถใช้ได้ดีกับการเรียนการสอนรูปแบบ Webbed

6. การประเมินกลุ่ม เป็นการให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกจากการมีส่วนร่วมในกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม เหมาะสำหรับรูปแบบการบูรณาการแบบ Immersed หรือ Networked

7. การสัมภาษณ์ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลในลักษณะที่ผู้สอนมีโอกาสพบปะสนทนากับผู้เรียน โดยมีการเตรียมหัวข้อคำถามที่ต้องการสัมภาษณ์อย่างง่าย ไม่ซับซ้อน

8. การสัมภาษณ์กลุ่ม เป็นรูปแบบการสัมภาษณ์ของบุคคลกลุ่มเล็กๆ โดยมีผู้ร่วมงานกลุ่ม ไม่ควรเกิน 7 คน มีผู้ดำเนินรายการที่ทำหน้าที่คล้ายผู้สัมภาษณ์ เก็บข้อมูลจากผู้ร่วมงานในกลุ่ม โดยมีบรรยากาศที่กระตุ้นให้ทุกคนได้มีโอกาสพูดอย่างอิสระ

9. การใช้แฟ้มสะสมงาน (Port Folio) เป็นแนวทางหนึ่งในการประเมินตามสภาพจริงที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน สามารถสะท้อนให้เห็นผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างชัดเจน โดยมีหลักการสำคัญ ในด้านเนื้อหา ด้านการเรียนการสอน และด้านความเสมอภาค กล่าวคือ จะต้องสะท้อนความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ทักษะความสามารถ และคุณลักษณะของผู้เรียน เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญด้วยการให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ ตรวจสอบ ปรับปรุงและประเมินตนเอง เน้นบรรยากาศการเรียนรู้อย่างอิสระ มีผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ มุ่งพัฒนาศักยภาพของบุคคลให้สูงสุดตามความสามารถของแต่ละบุคคล คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในเรื่องความสามารถ วิธีการเรียนรู้และความหลากหลายทางสติปัญญา

2.6 ลักษณะวิชาคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรม

2.6.1 ความสำคัญของคณิตศาสตร์

ฉวีวรรณ เสวตมาลย์ (2545 : 16 – 17) และ สิริพร ทิพย์คง (2545 : 1 – 3) กล่าวถึงลักษณะที่สำคัญของคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิดอย่างมีเหตุผล นำไปใช้ในการพิสูจน์

สิ่งต่างๆ อย่างมีเหตุผล การคำนวณเป็นเพียงรากฐานที่จะนำไปสู่การคิดอย่างมีเหตุผลซึ่งเป็นเนื้อแท้ของคณิตศาสตร์

2. คณิตศาสตร์เป็นภาษาอย่างหนึ่งที่กำหนดคำศัพท์ สัญลักษณ์ที่ใช้เกิดขึ้นจากการคิด ตกลง ยอมรับที่จะนำไปใช้อย่างรัดกุมและสื่อความหมายได้ตรงกันเพื่อแทนความคิด และเป็นเครื่องมือที่ใช้ฝึกสมองในการคิดคำนวณและแก้ปัญหา ตลอดจนพิสูจน์สิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อน

3. คณิตศาสตร์เป็นการศึกษาที่เป็นระบบแบบแผน ซึ่งมีข้อมูลป้อนเข้ากระบวนการและผลลัพธ์

4. คณิตศาสตร์เป็นโครงสร้างที่รวมความรู้เป็นเหตุผลเริ่มจากโลกที่เป็นรูปธรรมเข้าสู่โลกที่เป็นนามธรรมโดยกำหนด อนิยาม นิยาม สัจพจน์ เพื่อสร้างเป็นทฤษฎีหรือกฎเกณฑ์ใหม่ๆ แล้วนำไปใช้ในธรรมชาติ

5. คณิตศาสตร์เป็นศิลปะอย่างหนึ่งที่แสดงถึงความงามของควมมีระเบียบและความผสมกลมกลืนที่เกิดขึ้นภายใน ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

ปัจจุบันคณิตศาสตร์ได้แตกแขนงออกเป็นหลายสาขา แต่ละสาขายังแตกกิ่งก้านออกไปอีกมากมาย ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้ที่เราจะศึกษาและเรียนรู้ทุกสิ่งทุกอย่างที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์มีความจำเป็นต่อมนุษยชาติโดยทั่วไป 3 ลักษณะ คือ ประโยชน์ในการนำไปใช้ได้จริง (Practical Values) ในชีวิตประจำวัน ประโยชน์ในการฝึกวินัย (Disciplinary Values) และประโยชน์ทางวัฒนธรรม (Cultural Values)

คอคครอฟ (ฉวีวรรณ เสวตมัลย์, 2545 : 23 – 24; อ้างอิงจาก Cockcrof, 1982) ได้กล่าวถึงภาระงานของครูคณิตศาสตร์มี 4 ประการ คือ

1. ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนสามารถพัฒนาทักษะและความเข้าใจในคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับชีวิตในวัยผู้ใหญ่ สำหรับการทำงานและสำหรับการศึกษาหรือฝึกอบรมต่อ
 2. จัดหาคณิตศาสตร์ที่อาจจะจำเป็นสำหรับนักเรียนแต่ละคนที่จะศึกษาวิชาอื่นๆ
 3. ช่วยเหลือผู้เรียนแต่ละคนพัฒนาการเห็นคุณค่าและความเพลิดเพลินในตัว
- ของวิชาคณิตศาสตร์เอง และบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ และมีต่อไปในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและวัฒนธรรมของเรา

4. ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนทราบว่า คณิตศาสตร์ให้วิธีที่ทรงพลังในการสื่อสาร

สรุปได้ว่าความมุ่งหมายในการสอนคณิตศาสตร์ คือ การเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสำหรับสังคมให้ดีที่สุด คณิตศาสตร์ที่สอนควรจะเป็นสิ่งที่นักเรียนได้ใช้ประโยชน์ในการทำงาน และอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข ความมุ่งหมายในการสอนคณิตศาสตร์ควรทำให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทาง

คณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการคิดคำนวณ มีความสามารถที่จะนำทฤษฎีคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาต่างๆ ปฏิบัติงานให้ผู้เรียนรู้จักคิดหาเหตุผล

2.6.2 หลักการสอนคณิตศาสตร์

อัมพร ม้าคนอง (2546 : 8 – 10) กล่าวถึงหลักการสอนคณิตศาสตร์ที่สำคัญดังนี้

1. สอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดหรือได้ความรู้ทางคณิตศาสตร์จากการคิดและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกับผู้อื่น
2. สอนให้ผู้เรียนเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของเนื้อหา
3. สอนโดยคำนึงถึงเนื้อหาและกระบวนการเรียน
4. สอนโดยใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรม
5. จัดกิจกรรมการสอนโดยคำนึงถึงประสบการณ์และความรู้พื้นฐานของผู้เรียน
6. สอนโดยใช้การฝึกหัดให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้งการฝึกรายบุคคล ฝึกเป็นกลุ่ม การฝึกทักษะย่อยทางคณิตศาสตร์ และการฝึกทักษะรวมเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น
7. สอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา สามารถให้เหตุผลเชื่อมโยงสื่อสารและคิดอย่างสร้างสรรค์ ตลอดจนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและนำไปคิดต่อ
8. สอนให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์ในห้องเรียนกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
9. ผู้สอนควรศึกษาธรรมชาติและศักยภาพของผู้เรียน เพื่อจะได้จัดกิจกรรมการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียน
10. สอนให้ผู้เรียนมีความสุขในการเรียนคณิตศาสตร์
11. สังเกตและประเมินการเรียนรู้ และความเข้าใจของผู้เรียนขณะเรียนในห้องโดยใช้คำถามสั้นๆ หรือการพูดคุยปกติ

2.6.3 การสอนโดยเน้นความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ไพรี และ ไคเรน (อัมพร ม้าคนอง. 2546 : 21 – 22; อ้างอิงจาก Pirie;& Kiren. 1992) เสนอรูปแบบการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ 8 ระดับดังนี้

ระดับที่ 1 ความรู้เดิม (Primitive Knowing) เป็นจุดเริ่มต้นแต่ไม่จำเป็นต้องเป็นความรู้ทางคณิตศาสตร์ในระดับต่ำ ความรู้ประเภทนี้เป็นความรู้ที่ผู้สอนเชื่อว่าผู้เรียนทุกคนต้องมี

ระดับที่ 2 การสร้างภาพ (Image Making) เป็นระดับที่ผู้เรียนจะใช้ความสามารถที่มีอยู่กับเงื่อนไขหรือสถานการณ์ใหม่ โดยอาจจะเป็นการแสดงด้วยรูปภาพ การใช้คำหรือภาษาที่เกี่ยวข้อง

ระดับที่ 3 การเกิดภาพในใจ (Image Having) เป็นขั้นที่ผู้เรียนเกิดภาพในใจเกี่ยวกับกิจกรรมที่ทำในขั้นก่อนๆ ซึ่งผู้เรียนจะใช้ภาพในใจเหล่านี้ในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

ระดับที่ 4 การสังเกตสมบัติ (Property Notching) ซึ่งรวมถึงการสังเกตความแตกต่าง การรวมหรือเชื่อมระหว่างภาพต่างๆ การคาดคะเนและจดบันทึกความสัมพันธ์

ระดับที่ 5 การจัดระเบียบ (Formalizing) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะนำสมบัติที่ได้ในขั้นก่อนมาคิดวิเคราะห์และจัดระเบียบเพื่อรวบรวมเป็นกฎหรือหลักการทั่วไป

ระดับที่ 6 การสังเกต (Observing) เป็นขั้นของการสังเกตของสิ่งที่ได้จัดระเบียบไปแล้ว เพื่อนำมาจัดระบบและหาข้อสรุป

ระดับที่ 7 การสร้างโครงสร้าง (Structuring) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะอธิบายสิ่งที่สังเกตได้อย่างมีโครงสร้างที่เป็นเหตุเป็นผล โดยการค้นหาความสัมพันธ์และสร้างโครงข่ายของความสัมพันธ์เหล่านั้น ระดับนี้เป็นระดับที่ความรู้สามารถพิสูจน์ได้

ระดับที่ 8 การสร้าง (Inventing) ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นความเข้าใจที่แท้จริง และความเข้าใจนี้อาจนำมาซึ่งความคิดรวบยอดใหม่

นอกจากนี้ อัมพร ม้าคอง (2546 : 22 – 23) ได้กล่าวถึงแนวทางในการปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจสรุปได้ดังนี้

1. สอนบนพื้นฐานความรู้เดิม โดยพิจารณาความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนมี ให้โอกาสผู้เรียนในการใช้ความรู้เดิมแก้ปัญหา และเตรียมการสอนเนื้อหาใหม่ตามความรู้เดิมที่ผู้เรียนมี
2. เน้นการคิด ในการสอนเนื้อหาและการนำไปใช้เน้นกระบวนการคิด และฝึกการคิดแก้ปัญหาโดยให้ผู้เรียนคิดค้นกลวิธีที่หลากหลาย
3. ให้เวลาผู้เรียนในการคิด ไตร่ตรอง ทดลองและสรุปในสิ่งที่คิด รวมทั้งเวลาในการสื่อสารและอภิปรายร่วมกับผู้อื่น
4. ให้โอกาสผู้เรียนอธิบาย แสดงเหตุผลเกี่ยวกับความคิดของตนเองและผู้อื่น
5. พยายามใช้คำถาม เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการเหตุผล และคำตอบที่คิด การใช้คำถามเพื่อกระตุ้นและฝึกให้ผู้เรียนคิดและตั้งคำถามเพื่อนำมาสร้างคำถามที่แสดงให้เห็นว่าผู้สอนเห็นความสำคัญในการคิดหรือผลงานของผู้เรียน

6. คาดหวังการโต้แย้งที่จะนำมาซึ่งการคิดวิเคราะห์ในระดับที่ลึกซึ้งมากขึ้น
7. นำเสนอแนวการเรียนรู้ โดยผู้สอนนำเสนอวิธีการทำความเข้าใจเนื้อหา ตลอดจนแนวการเรียนรู้ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งการแนะนำให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปใช้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อจะทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น ซึ่งเป็นพื้นฐานที่ดีในการเรียนเนื้อหาในระดับที่สูงขึ้น
8. จัดและสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมในชั้นเรียน โดยการจัดชั้นเรียนรูปแบบต่างๆ รวมทั้งการจัดให้มีการแสดงผลงานของแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ทุกคนในชั้นได้ร่วมแสดงความคิดเห็น

2.6.4 วิชาคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรม

วิชาคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล มีวิชาที่เป็นวิชาพื้นฐาน 2 วิชา คือ วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และ วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 โดยมีความมุ่งหมายของหลักสูตร และลักษณะรายวิชานี้ (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2542)

1. ความมุ่งหมายของหลักสูตรคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรม
 - 1.1 เพื่อให้สามารถคิดอย่างมีเหตุผล และสามารถใช้เหตุผลในการแสดงความคิดเห็นอย่างเป็นระเบียบ ชัดเจน และรัดกุม
 - 1.2 เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจในหลักสูตรและโครงสร้างของคณิตศาสตร์ มีความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์ มีความสามารถและมั่นใจในการแก้ปัญหา ตลอดจนคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง
 - 1.3 เพื่อให้ตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
 - 1.4 เพื่อให้มีความรู้กว้างขวาง อันจะเป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ชั้นสูง และวิชาที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ ตลอดจนให้ตระหนักในความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในวิทยาการอื่น ๆ

2. ลักษณะรายวิชาคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรม

1. รหัสและชื่อ	13 – 011 – 132 แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 (Calculus and Analytic Geometry I)
2. สภาพรายวิชา	วิชาศึกษาทั่วไปในหลักสูตรปริญญาตรี และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สายวิชาช่างอุตสาหกรรม
3. ระดับวิชา	ภาคเรียนที่ 1 ปีที่ 1
4. พื้นฐาน	ความรู้คณิตศาสตร์ระดับ ปวช. หรือ ม.6
5. เวลาศึกษา	54 คาบเรียน ตลอด 18 สัปดาห์ โดยจัดชั่วโมงทฤษฎี 3 คาบ ต่อสัปดาห์ และศึกษานอกเวลาอีกสัปดาห์ละ 3 คาบ
6. หน่วยกิต	3 (3 – 0 – 3)
7. จุดมุ่งหมายรายวิชา	1. เข้าใจเกี่ยวกับเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์ ทฤษฎีบททวินาม จำนวนเชิงซ้อน เรขาคณิตวิเคราะห์และเส้นตรง 2. เข้าใจฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง 3. เข้าใจการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน และบทประยุกต์ของอนุพันธ์ 4. เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาฟิสิกส์และศึกษาต่อระดับสูง 5. ปลุกฝังให้เป็นคนมีระเบียบ มีเหตุผลและรอบคอบ
8. คำอธิบายรายวิชา	เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์ ทฤษฎีบททวินาม จำนวนเชิงซ้อน เรขาคณิตวิเคราะห์ เส้นตรง ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันและการประยุกต์
1. รหัสและชื่อ	13 – 011 – 133 แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 (Calculus and Analytic Geometry II)
2. สภาพรายวิชา	วิชาศึกษาทั่วไปในหลักสูตรปริญญาตรี และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สายวิชาช่างอุตสาหกรรม
3. ระดับวิชา	ภาคเรียนที่ 2 ปีที่ 1
4. พื้นฐาน	แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 (13 – 011 – 132)
5. เวลาศึกษา	54 คาบเรียน ตลอด 18 สัปดาห์ โดยจัดชั่วโมงทฤษฎี 3 คาบ ต่อสัปดาห์ และศึกษานอกเวลาอีกสัปดาห์ละ 3 คาบ
6. หน่วยกิต	3 (3 – 0 – 3)

2. ลักษณะรายวิชาคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรม (ต่อ)

7. จุดมุ่งหมายรายวิชา	1. เข้าใจการอินทิเกรต 2. เข้าใจเทคนิคการอินทิเกรตวิธีต่างๆ 3. เข้าใจภาคตัดกรวยและระบบพิกัดเชิงขั้ว 4. เข้าใจอินทิกรัลจำกัดเขตและบทประยุกต์ 5. เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาชีพและศึกษาต่อระดับสูง 6. ปลูกฝังให้เป็นคนมีระเบียบ มีเหตุผลและรอบคอบ
8. คำอธิบายรายวิชา	การอินทิเกรต เทคนิคการอินทิเกรต ภาคตัดกรวย ระบบพิกัดเชิงขั้ว อินทิกรัลจำกัดเขต และการประยุกต์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการเนื้อหาวิชา และการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์

2.7.1 งานวิจัยจากการศึกษาเอกสาร

พูลสุข อุดม (2546) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบพหุวิทยาการร่วมกับวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง โดยใช้รูปแบบการบูรณาการ 2 รูปแบบ คือ การบูรณาการแบบเรียงลำดับ และการบูรณาการแบบมีส่วนร่วม ดำเนินการทดลองเป็นเวลา 1 ภาคเรียน ผลการดำเนินการ ได้ข้อสรุปว่ากลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 1 คณิตศาสตร์พื้นฐาน 1 และภาษาอังกฤษพื้นฐาน 1 ภายหลังการทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็นต่อหลักสูตรบูรณาการหลังการทดลองใช้อยู่ในระดับมาก กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็นต่อพฤติกรรมการสอนของผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 1 คณิตศาสตร์พื้นฐาน 1 และภาษาอังกฤษพื้นฐาน 1 หลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าขณะทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการ และ ศิริพร มโนพิเชษฐวัฒนา (2547) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่กระตือรือร้น เรื่องร่างกายมนุษย์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางพลีราษฎร์บำรุง จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 51 คน และโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต กรุงเทพมหานคร จำนวน 50 คน ผลการวิจัยได้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่ายู่ในเกณฑ์เหมาะสมมาก ส่วนผู้เรียนมีความคิดเห็นว่า กิจกรรมการเรียนการสอนและขั้นตอนการเรียนการสอนมีความเหมาะสมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของรูปแบบการเรียนการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) มีคุณลักษณะ

ทักษะที่พึงประสงค์และปฏิสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกันของผู้เรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น รวมทั้งผู้เรียนที่ได้เรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนนี้มีความคงทนในการเรียนรู้ กล่าวคือ คะแนนผลการสอบภายหลังการเรียน 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างจากหลังจบการเรียนทันที นอกจากนี้ยังได้พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนนี้ช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบร่วมกันในการเรียนรู้ ส่งเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างผู้เรียน ผู้เรียนมีความสุข สนุกกับการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลจากการวิจัยและพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนในครั้งนี้ทำให้สามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

พวงพยอม วรารัศมี (2545) ทำการวิจัยเรื่องการสร้างหน่วยการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยแบบบูรณาการ สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านเสียวโคกกกลาง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 36 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนทดสอบระหว่างเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนร้อยละ 82.15 และ 85.42 ตามลำดับ นอกจากนี้ ผจกญ โกจารย์ศรี (2545) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาวิชาชีพครูโดยการร่วมมือกันจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการ ขั้นตอนของการร่วมมือกันจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการและศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับบริบทของโรงเรียนมัธยมศึกษาที่เอื้อต่อการร่วมมือกันจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการในรายวิชาสังคมศึกษาภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และภาษาอังกฤษของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งจากผลการวิจัยทำให้ครูผู้ร่วมมือกันจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการมีระดับพฤติกรรมด้านความมุ่งมั่นในการพัฒนาผู้เรียนและด้านความร่วมมือกับผู้อื่นในสถานศึกษาสูงขึ้น นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาสูงขึ้นและมีระดับศักยภาพทั้ง 3 ด้าน คือ ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในอนาคต การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

วาร์ส (Lake. 2000 : Online; citing Vars. 1965) สรุปผลจากการวิจัย 5 เรื่องพบว่า ผู้เรียนในการเรียนการสอนแบบบูรณาการสามารถเรียนรู้ได้ดีเท่ากับหรือดีกว่าผู้เรียนที่เรียนในโปรแกรมการเรียนที่แต่ละวิชาแยกจากกัน มีผลจากการศึกษาหลักสูตรคณิตศาสตร์แบบบูรณาการด้านเจตคติของ จาคอปส์ (Lake. 2000 : Online; citing Jacob. 1989) พบว่า หลักสูตรบูรณาการทำให้ผู้เรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเองและมีเจตคติที่ดีต่อโรงเรียน ในขณะที่ เอ็ดเกอร์ตัน (Lake. 2000 : Online; citing Edgerton. 1990) พบว่า ผู้สอนร้อยละ 83 ชอบที่จะดำเนินการสอนแบบบูรณาการต่อไปมากกว่าที่จะกลับไปสอนแบบเดิมหลังจากการทดลองใช้ นอกจากนี้ยังมีผลจากการวิจัยของ แม็คไกวเวอร์ (Lake. 2000 : Online; citing McIver. 1990) พบว่า ผู้สอนชอบให้มีการสนับสนุนในการทำงานร่วมกัน และรู้สึกที่สามารถสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อได้บูรณาการวิชาต่างๆ เข้าด้วยกัน

เจิบศรี ตุษยะเดช (2528) ทำวิจัยเรื่องปัญหาการสอนคณิตศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรม 3 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมช่วงอุตสาหกรรมกรมสามัญศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรม สค211 จำนวน 133 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาทั่วประเทศของกรมสามัญศึกษาจำนวน 133 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า ปัญหาการสอนวิชาคณิตศาสตร์แต่ละด้านมีดังนี้ ปัญหาเกี่ยวกับนักเรียน ได้แก่ นักเรียนมีผลการเรียนในระดับต่ำ มีความรู้พื้นฐานยังไม่เพียงพอและไม่สนใจการเรียน ปัญหาการใช้อุปกรณ์การสอน ได้แก่ โรงเรียนมีอุปกรณ์การสอนไม่เพียงพอ ผู้สอนไม่สามารถจัดหาอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับเนื้อหา ผู้สอนขาดความรู้เกี่ยวกับการสร้างและใช้อุปกรณ์ปัญหาการสอน ได้แก่ ผู้สอนไม่สามารถหาโจทย์แบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับทางช่วงอุตสาหกรรมเพิ่มได้ ไม่เข้าใจศัพท์และหน่วยทางช่วงอุตสาหกรรม การนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ทางช่วงอุตสาหกรรม การเลือกใช้เทคนิคการสอนและวิธีสอนที่เหมาะสม ปัญหาด้านเนื้อหา ได้แก่ การนำลอการิทึม สมการเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการเชิงเส้น 1 ตัวแปร และสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปรไปใช้แก้ปัญหาลอการิทึมทางช่วงอุตสาหกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิตยา เลิศวีรนนทรรัตน์ (2530) เรื่องปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรมตามการรับรู้ของครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายและวิทยาลัยเทคนิค โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ ครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 100 คน และครูคณิตศาสตร์ในวิทยาลัยเทคนิค จำนวน 99 คน ผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรมมีปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา คือ ไม่กระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น ไม่มีแบบฝึกหัดที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนโดยเฉพาะ เนื้อหามีมากเกินไปไม่เหมาะสมกับเวลาที่กำหนดให้ บางตอนยากเกินความสามารถของผู้เรียนอย่างที่ประยุกต์ใช้ในทางช่วงอุตสาหกรรมรวมทั้งแบบฝึกหัดส่วนใหญ่ยากเกินความสามารถของนักเรียน แบบฝึกหัดประยุกต์ใช้ในทางช่วงอุตสาหกรรมยังมีน้อยเกินไป แบบฝึกหัดที่สอดคล้องกับเนื้อหาแต่ละตอนยังไม่เพียงพอ รวมทั้งเนื้อหาบางตอนไม่มีตัวอย่างและแบบฝึกหัดที่สอดคล้องกัน ซึ่งปัญหาในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ดังกล่าวควรได้รับการปรับปรุงแก้ไข ดังที่ สมมาต บรรจงรัตน์ (2540) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาการเรียนการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรมในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนและครูจากวิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช กรมอาชีวศึกษา ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ แบ่งการดำเนินการเป็น 3 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 ศึกษาปัญหาศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอน และปัญหาในการจัดการเรียนการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้น โดยวิธีการจัดกลุ่มสนทนากับนักเรียนและสัมภาษณ์ระดับลึกกับครูผู้สอน สรุปปัญหาที่พบ ได้แก่ การจัดเรียงลำดับเนื้อหา พื้นฐานความรู้ของผู้เรียนวิธีการสอนของครู ภาระการสอนของครูที่มีมากและการตรวจการบ้าน ระยะที่ 2 ประชุมปฏิบัติการเพื่อวางแผนจัดประชุมเชิงปฏิบัติการระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้สอนโดยอาศัยข้อมูลด้านปัญหาและข้อเสนอแนะที่ได้

จากระยะที่ 1 อาศัยข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญและเอกสารความรู้เพื่อวางแผน และจัดทำแผนการสอน สื่อ และแบบประเมินผล ซึ่งในด้านของสื่อการสอนได้มีการจัดทำบทเรียนทบทวนความรู้ด้วยตนเอง เพื่อแก้ปัญหาการขาดความรู้พื้นฐานของนักเรียน จัดทำเอกสารบทเรียนในเวลาเรียน และจัดทำใบงานที่ เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ในการวางแผนการสอนได้แบ่งการสอนโจทย์ ปัญหาออกเป็น 4 บทเรียน และระยะที่ 3 ดำเนินการสอน โดยทำการทดสอบก่อนเรียนและพัฒนาการเรียนการสอนตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 รอบ แบ่งตามเนื้อหา 4 บทเรียน แต่ละวงจร ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน คือ ร่วมกันวางแผนการสอนของผู้วิจัย ปฏิบัติการสอน สังเกตการ สอนโดยผู้วิจัยและสะท้อนผลการปฏิบัติการสอนในแต่ละวงจรจะนำผลสะท้อนจากการปฏิบัติมา ปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในบทเรียนต่อไป หลังจากเรียนจบทุกเนื้อหาได้ทำการทดสอบหลัง เรียน นำผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ด้วยคะแนนที่ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของแผนการสอนที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการและผลลัพธ์โดย เฉลี่ยตามที่ครูร่วมกันกำหนดขึ้น และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ช่วง อุดสาหกรรมของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนั้น ยังได้พบว่าครูที่เข้าร่วมการวิจัยได้มีการปรับปรุงและพัฒนาพฤติกรรมการสอนไปในทางที่ดีขึ้น

2.7.2 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี

ทักษิณา เครือหงส์ (2546; 2547) ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมจากนักศึกษา อาจารย์ช่างอุตสาหกรรมและ อาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ด้าน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมเจต คติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ ความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชา คณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม และรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

การศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิต วิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) ของนักศึกษาช่างอุตสาหกรรม ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2540 – 2545 ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และหากแยกพิจารณาในรายละเอียดจะได้ว่า มีหลายแผนกช่างที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ นักศึกษา บางแผนกช่าง คือ แผนกวิชาช่างยนต์ ช่างไฟฟ้า ช่างก่อสร้าง ที่ต้องเรียนในเนื้อหาหลายวิชาที่เป็น วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ซึ่งจากผลการศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่าง

อุตสาหกรรมก็พบว่าอยู่ในระดับปานกลางในภาพรวม และบางรายวิชาอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน (ภาคผนวก ก หน้า 171 – 172)

การศึกษาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีการศึกษา 2546 จากนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 167 คน และนักศึกษา ชั้นปีที่ 2 จำนวน 227 คน สรุปได้ว่า นักศึกษาช่างอุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 1 ส่วนใหญ่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์มองเห็นคุณค่าและความสำคัญของคณิตศาสตร์ฝึกให้คนคิดอย่างมีระบบ ตัดสินใจอย่างมีเหตุผล อย่างไรก็ตามนักศึกษาจะไม่ชอบทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์ ไม่มีความสนุกกับการคิดคำนวณที่ซับซ้อน ส่งผลถึงการไม่มีความมั่นใจในการทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ และเมื่อผู้สอนให้ออกไปทำกิจกรรมวิชาคณิตศาสตร์ที่หน้าชั้นเรียนจะรู้สึกกลัว ทั้งที่รู้ว่าการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะสามารถเข้าใจได้ง่าย เพราะมีขั้นตอน ถ้าได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้แล้วจะพบว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก (ภาคผนวก ก หน้า 173) ในขณะที่นักศึกษาช่างอุตสาหกรรมชั้นปีที่ 2 ส่วนใหญ่มีความชอบ ความเข้าใจ และมีความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม คือเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงนั้นมีเนื้อหาที่ชอบมากที่สุด คือ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์ แต่ในขณะที่เรียนนั้นนักศึกษามีความเข้าใจเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์มากที่สุด ซึ่งนักศึกษาล้วนก็มองจนถึงประโยชน์ที่จะได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของตนเองว่ามีความจำเป็นต้องใช้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่องลิมิตและความต่อเนื่อง อนุพันธ์และปริพันธ์ (ภาคผนวก ก หน้า 174)

การศึกษาเรื่องรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาช่างอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 147 คน และใช้เครื่องมือคือแบบทดสอบวัดรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ตามแบบของไรช์แมนและกราช่า (Reichman and Grasha) ซึ่งได้จำแนกรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน 6 แบบ คือ แบบร่วมมือ (Collaborative) แบบแข่งขัน (Competitive) แบบอิสระ (Independent) แบบมีส่วนร่วม (Participant) แบบหลีกเลี่ยง (Avoidance) และแบบพึ่งพา (Dependent) ได้ข้อสรุปว่า นักศึกษามีรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบร่วมมือมากที่สุด ($\bar{x}_{\text{แข่งขัน}} = 42.87$, $\bar{x}_{\text{ร่วมมือ}} = 59.59$, $\bar{x}_{\text{หลีกเลี่ยง}} = 39.79$, $\bar{x}_{\text{มีส่วนร่วม}} = 53.43$, $\bar{x}_{\text{พึ่งพา}} = 52.86$ และ $\bar{x}_{\text{อิสระ}} = 48.69$) กล่าวคือ ผู้เรียนเรียนรู้ได้มากที่สุดโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สถิติปัญญาและความสามารถซึ่งกันและกัน จะร่วมมือกับผู้สอนและกลุ่มเพื่อน ชอบการทำงานร่วมกับคนอื่น ๆ (ภาคผนวก ก หน้า 175)

การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมจากอาจารย์ ปีการศึกษา 2546 จากอาจารย์ช่างอุตสาหกรรม จำนวน

18 คน และอาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 6 คน ได้ข้อสรุปว่า การจัดการเรียนการสอนวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรมนั้น ผู้สอนช่างอุตสาหกรรมต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งไปในการย้อนกลับไป ทบทวนเนื้อหาเดิมของวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งนักศึกษาได้ผ่านการเรียนมาแล้วก่อนที่จะเข้าสู่เนื้อหาที่เป็น วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การเรียนการสอนวิชาคำนวณของช่าง อุตสาหกรรมเองไม่สามารถบรรลุผลอย่างครบถ้วนแต่ละช่างมีความจำเป็นต้องใช้เนื้อหาในวิชา คณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน บางแผนกช่างมีความต้องการให้นักศึกษาเรียนเนื้อหาที่เป็นเรื่องแคล คูลัสขั้นสูงเพิ่มเติมจากที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ในขณะที่บางแผนกวิชาช่างต้องการให้นักศึกษาได้ เรียนรู้เพียงเพื่อเป็นพื้นฐาน เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนอยู่ก็เพียงพอแล้วกับการนำไปใช้ และบาง แผนกช่างมีปัญหาในเรื่องการเรียนการสอนวิชาคำนวณคือ ต้องทำการสอนวิชาคำนวณของช่างไป ก่อนที่จะมีการเรียนเนื้อหาเหล่านั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากการจัดรายวิชาภายในระยะเวลา จำกัด ทุกแผนกวิชาช่างได้ให้ความเห็นที่ตรงกันว่ามีปัญหาเรื่องพื้นฐานของนักศึกษา ก่อนเข้าเรียน และบางสาขาไม่มีโอกาสคัดเลือกนักศึกษา แนวทางแก้ไขควรปรับวิธีการเรียนการสอนวิชา คณิตศาสตร์ เช่น การปรับพื้นฐานความรู้ให้กับนักศึกษาใหม่ การใช้วิธีสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบทีม การ สนับสนุนให้ศิษย์เก่าแต่ละแผนกกลับมาช่วยพัฒนาการเรียนในรูปแบบพี่สอนน้องการจัดรูปแบบการ เรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรมีการประยุกต์วิธีการที่ทำให้ผู้เรียนมองเห็นความต่อเนื่องในการ นำไปใช้จริง เป็นต้น เนื่องจากในปัจจุบันนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูงจะมีเป้าหมายในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นมากกว่าการเข้าสู่ตลาดแรงงาน จากที่ผ่านมา ในช่วงที่มีการสอบเรียนต่อ นักศึกษานิยมไปเรียนพิเศษวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่าง อุตสาหกรรมค่อนข้างมาก ซึ่งการเรียนการสอนในลักษณะนี้โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์จำเป็น จะต้องมีความรู้พื้นฐานที่ดีมาพอสมควร จึงจะสามารถเข้าใจการเรียนแบบสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญในการ แนะนำวิธีการทำโจทย์ที่จะประสบผลสำเร็จในการสอบเข้าเรียนต่อได้ นักศึกษาบางรายต้องประสบ กับความยุ่งยากเมื่อสอบเข้าเรียนต่อได้ในระดับที่สูงขึ้น เนื่องจากปัญหาในเรื่องของพื้นฐานความรู้วิชา คณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงที่เรียนผ่านมา ขณะที่อาจารย์ผู้สอนวิชาวิชา คณิตศาสตร์มีความคิดเห็นสรุปได้ว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สอนเกี่ยวกับการฝึกทักษะการคิด คำนวณ สอนทฤษฎีทั้งหมด เป็นวิชาที่มีความสำคัญสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์และวิชาชีพในระดับสูงต่อไป วิชา คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยความคิดและเหตุผล การให้นักศึกษาอ่านเนื้อหาแล้วทำความเข้าใจได้ เองนั้นคงยากมาก เนื่องจากเนื้อหาวิชามีลักษณะเป็นนามธรรม การสอนส่วนใหญ่จึงใช้วิธีการสอน แบบบรรยาย การใช้เอกสารแนะแนวทางในส่วนที่ไม่ซับซ้อนมากนัก และควรจะเน้นหนักด้านการ ถาปถมเพื่อให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์หาเหตุผล การสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรมจึงต้อง

เรียนรู้เกี่ยวกับศิลปะการตั้งคำถามในแต่ละหน่วยซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญยิ่ง การตั้งคำถามจะช่วยกระตุ้นความคิดของผู้เรียนให้มีความคิดอยากตอบคำถามนั้นผู้เรียนต้องใช้การสังเกต การวิเคราะห์และการเปรียบเทียบ จะช่วยให้เข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น การสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น ผู้สอนควรสอนสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม เน้นให้ผู้เรียนมีความละเอียดรอบคอบ รับผิดชอบ ช่วยเหลือเพื่อนซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ทำให้มีความรักอยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น เป็นการช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนมากยิ่งขึ้น การจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียนรู้ด้วยรูปแบบและวิธีการจัดเนื้อหาให้เหมาะสมกับนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรมนั้น ผู้สอนต้องเอาใจใส่ดูแล รับผิดชอบต่อการสอนอย่างเต็มที่ รวมทั้งการช่วยเหลือนอกเวลาเสริมให้ในส่วนที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจ เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนได้บรรลุวัตถุประสงค์ตามหลักสูตรนอกจากนี้ในการพัฒนาสื่อการสอนในรูปแบบต่างๆ ที่มีความเหมาะสมกับผู้เรียนในสายช่างอุตสาหกรรม จะทำให้สามารถทบทวนบทเรียนที่ยังไม่เข้าใจจากสื่อเหล่านี้ได้ และในด้านกระบวนการวัดและประเมินผลควรผสมผสานกับกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการสังเกตพฤติกรรมการทำงานและผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ไม่มุ่งเน้นเพียงการทำตามต้นแบบที่ผู้สอนกำหนดให้เพียงอย่างเดียว ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ด้วยการถามการหาข้อมูลและลงมือกระทำเพื่อสร้างสรรค์สิ่งที่แสดงแนวความคิดของตนเอง (ภาคผนวก ก หน้า 176 – 178 และ หน้า 180 – 181)

นอกจากนี้จากการศึกษาความต่อเนื่องของวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม โดยการสอบถามอาจารย์ช่างอุตสาหกรรม 8 แผนกช่าง ปีการศึกษา 2546 จำนวน 51 คน รวมทั้งการศึกษาลักษณะและเอกสารตำราในเบื้องต้น พบว่า ทุกเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์จะมีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม หากนักศึกษาช่างอุตสาหกรรมมีความรู้วิชาคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี ทำให้การเรียนมีความต่อเนื่องกับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมบรรลุผลสำเร็จได้ไม่ยากนัก ส่งผลให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนได้มองเห็นความต่อเนื่องของเนื้อหาวิชา เข้าใจการประยุกต์ใช้วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้มีลักษณะที่ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมในลักษณะที่มีความแตกต่างกันแต่ละช่าง (ภาคผนวก ก หน้า 179)

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยได้นำประเด็นสำคัญจากแนวคิดของการบูรณาการ ความหมายของการบูรณาการเนื้อหา และลักษณะวิชาคณิตศาสตร์ของช่างอุตสาหกรรมมาเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตร ในเบื้องต้นผู้วิจัยมีความเชื่อว่าการที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดรวบยอดของวิชาต่างๆ ได้ จะส่งผลต่อการเรียนรู้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ การเรียนรู้ที่ดีนั้นต้องเกิดจากความพร้อม

ของผู้เรียน การให้ความสำคัญกับผู้เรียนได้เรียนรู้ตามศักยภาพของตนเองตามความสามารถหลายๆ ด้าน การจัดการเรียนการสอนจะต้องจัดเตรียมประสบการณ์เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้พร้อมให้ผู้เรียนจากการปฏิบัติจริง การกำหนดขั้นตอนการเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับลักษณะของผู้เรียน และมีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้ ซึ่งการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่จะดำเนินการในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความตั้งใจให้ผู้เรียนสายช่างอุตสาหกรรมได้เรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ด้วยการสามารถมองย้อนความรู้คณิตศาสตร์เดิมว่ามีความต่อเนื่องกับวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงที่เรียนอยู่ในปัจจุบันอย่างไรบ้าง รวมทั้งสามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้อย่างเชื่อมโยงกับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมตามความแตกต่างของการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมแต่ละช่าง จึงได้ดำเนินการ 2 รูปแบบ กล่าวคือ รูปแบบที่ 1 การบูรณาการภายในวิชาที่เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 กับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และรูปแบบที่ 2 การบูรณาการระหว่างวิชา เป็นการดำเนินการในลักษณะที่ยึดวิชาคณิตศาสตร์ คือ แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 เป็นแกนหลัก และนำเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมแต่ละช่างมาเชื่อมโยงในส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังตาราง 2 และภาพประกอบ 2

ตาราง 2 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหาที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบหลักสูตร

หัวข้อที่เกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหา	องค์ประกอบหลักสูตร			
	วัตถุประสงค์	เนื้อหาสาระ	ประสบการณ์	การประเมินผล
2.1 ความหมายของการบูรณาการ (วิเศษ ชินวงษ์. 2544; พูลสุข อุดม. 2546; สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. 2546; สุวิทย์ มูลคำ. 2547) – การนำเอาศาสตร์สาขาวิชาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงเพื่อสร้างความรู้และประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องกับความต้องการและความเหมาะสมของผู้เรียนเป็นสำคัญ – การนำสิ่งหนึ่งหรือหลายๆ สิ่งมาเชื่อมกับสิ่งหนึ่งที่อยู่ในลักษณะแกนกลาง เกิดการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่แสดงถึงความเกี่ยวพันมีความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างกัน	✓	✓		
2.2 แนวคิดพื้นฐานในการบูรณาการหลักสูตร (ลำลี รักสุทธิ และคณะ. 2544; ผจกญ โกจารย์ศรี. 2545; สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. 2546) – การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนควรกำหนดประสบการณ์วิธีการหาความรู้ ลำดับขั้นตอนในการเสนอสิ่งที่เรียนรู้ ใช้แรงจูงใจผู้เรียนในกระบวนการเรียนการสอน – การยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนได้พัฒนาศักยภาพของตนเองตามความสามารถหลายด้าน ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ – การเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติและมีส่วนร่วมในกิจกรรม โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ – การมองความรู้ว่ามีความเชื่อมโยง สัมพันธ์กันการเรียนรู้ควรฝึกคิดเชื่อมโยงให้ยาวไกลที่สุด ช่วยให้นักเรียนรู้และเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาได้ดีกว่าการเรียนเฉพาะส่วนที่ขาดการเชื่อมโยง	✓	✓	✓	

ตาราง 2 (ต่อ)

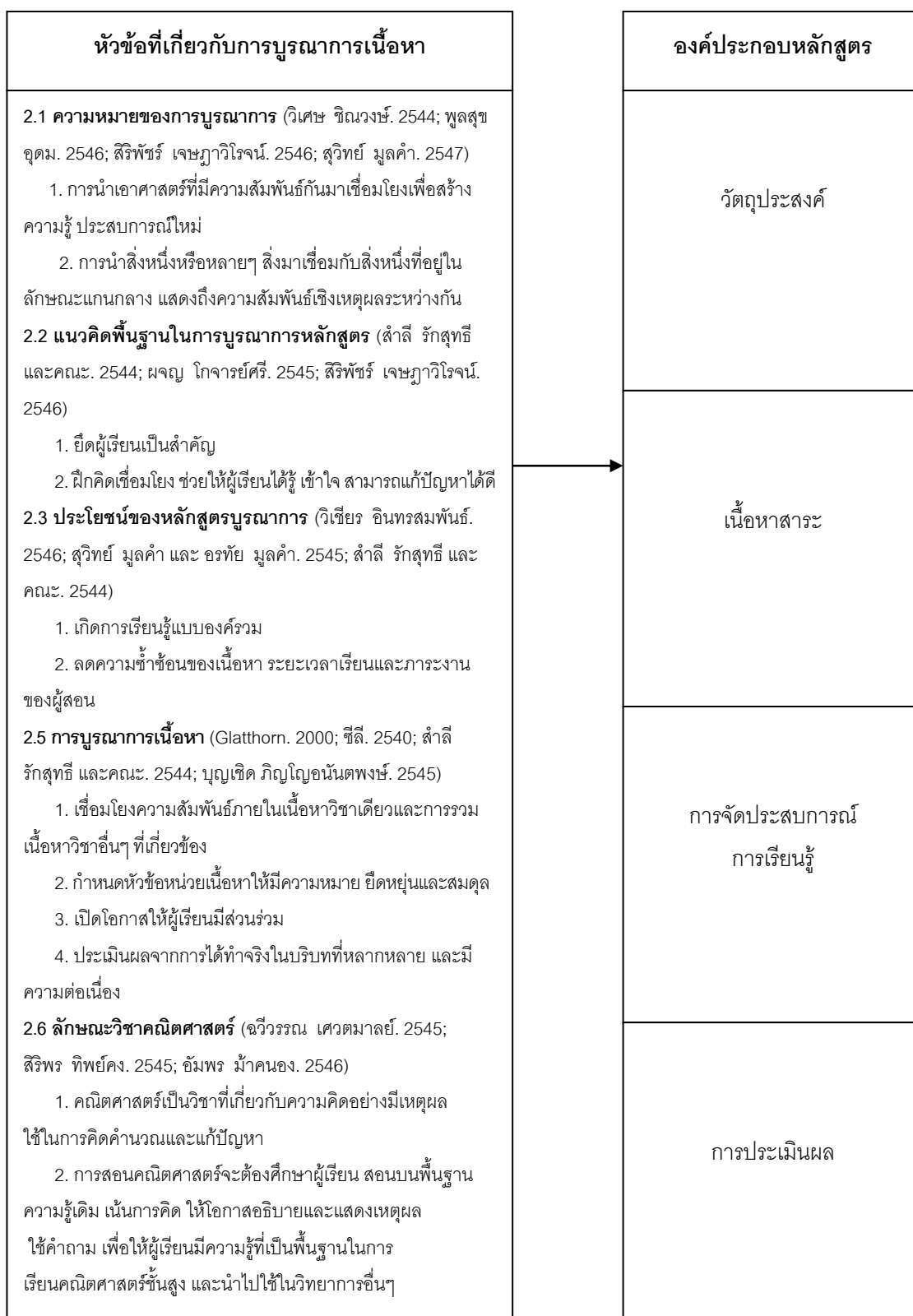
หัวข้อที่เกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหา	องค์ประกอบหลักสูตร			
	วัตถุประสงค์	เนื้อหาสาระ	ประสบการณ์	การประเมินผล
2.3 ประโยชน์ของหลักสูตรบูรณาการ (วิเชียร อินทรสมพันธ์. 2546; สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. 2545; สำลี รักสุทธี และคณะ. 2544) - ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์เกิดความคิดรวบยอด แบ่งปันความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้แบบองค์รวม - ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ลดระยะเวลาเรียน ลดภาระงานผู้สอน		✓ ✓		
2.4 รูปแบบของการบูรณาการ (Lake. 2000) รูปแบบการบูรณาการมีลักษณะเด่นและข้อจำกัดที่ต่างกัน เลือกโดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ ระดับชั้นของผู้เรียน ได้แก่วิธีแบบเชื่อมโยง (Connected) รูปแบบการมีส่วนร่วม (Shared)		✓		
2.5 การบูรณาการเนื้อหา (ซีลี. 2540; Glatthorn. 2000) ทำให้เห็นความสัมพันธ์ภายในเนื้อหาวิชาเดียวและรวมเนื้อหาโดยยี่ดวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลัก นำเนื้อหาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมาเชื่อมโยง		✓		
2.5.1 ส่วนเกี่ยวข้องในการบูรณาการเนื้อหา (ซีลี. 2540) กำหนดหัวข้อหน่วยเนื้อหาให้มีความหมายน่าสนใจ มีความยืดหยุ่นและความสมดุล จัดเวลาโดยพิจารณาจากธรรมชาติของหัวข้อและกิจกรรม จัดสภาพห้องเรียนให้ส่งเสริมการเรียนรู้และให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมปฏิบัติงานที่หลากหลาย		✓		

ตาราง 2 (ต่อ)

หัวข้อที่เกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหา	องค์ประกอบหลักสูตร						
	วัตถุประสงค์	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	การประเมินผล
2.5.2 ขั้นตอนการจัดทำบูรณาการเนื้อหา (สำลี รักสุทธี และคณะ. 2544) – ศึกษาหลักสูตรและเอกสารประกอบ วิเคราะห์หลักสูตร จัดทำกำหนดการสอน เขียนแผนการสอน ปฏิบัติการสอน ประเมิน ปรับปรุงและพัฒนาการสอน 2.5.3 ผลจากการบูรณาการที่มีต่อผู้เรียนและผู้สอน (ซีลี. 2540) – ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชา และมีโอกาสในการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนๆ – ผู้สอนต้องแสวงหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพ มีความหลากหลาย ต้องเข้าใจผู้เรียนและกลยุทธ์ในการสอนที่เลือกมา 2.5.4 การประเมินผลจากการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ (ซีลี. 2540; บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545) – มีพื้นฐานมาจากสิ่งที่ผู้เรียนได้ทำจริงในบริบทอันหลากหลายที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกวันในชั้นเรียน อาศัยข้อมูลสารสนเทศจากบุคคลที่เกี่ยวข้องคือ ผู้เรียน ผู้สอนและผู้ปกครอง			✓				
			✓	✓			
			✓	✓			
			✓		✓		

ตาราง 2 (ต่อ)

หัวข้อที่เกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหา	องค์ประกอบหลักสูตร			
	วัตถุประสงค์	เนื้อหาสาระ	ประสบการณ์	การประเมินผล
2.6 ลักษณะวิชาคณิตศาสตร์ของช่วงอุตสาหกรรม 2.6.1 ความสำคัญของคณิตศาสตร์ (ฉวีวรรณ เสวตมาลย์. 2545; สิริพร ทิพย์คง. 2545) - คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิดอย่างมีเหตุผลใช้ในการคิดคำนวณ แก้ปัญหา พิสูจน์สิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อน 2.6.2 หลักการสอนคณิตศาสตร์ (อัมพร ม้าคนอง. 2546) - ผู้สอนควรศึกษาผู้เรียน จัดกิจกรรมการสอนให้มีความสอดคล้อง รวมทั้งสอนให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของเนื้อหา 2.6.3 การสอนโดยเน้นความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (อัมพร ม้าคนอง. 2546) - การสอนบนพื้นฐานความรู้เดิม เน้นการคิด ให้เวลา โอกาส อธิบายและแสดงเหตุผล ใช้คำถาม มีการโต้แย้ง นำเสนอแนวการ เรียนและสร้างบรรยากาศที่เหมาะสม 2.6.4 วิชาคณิตศาสตร์ของช่วงอุตสาหกรรม - ผู้เรียนสามารถคิดอย่างมีเหตุผล มีความรู้ เข้าใจในหลักสูตร และ โครงสร้างของคณิตศาสตร์ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความสามารถและ มั่นใจในการแก้ปัญหา เป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ขั้นสูง และนำไปใช้ในวิทยาการอื่นๆ		✓	✓	
		✓	✓	
		✓	✓	
		✓		



ภาพประกอบ 2 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหาที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบหลักสูตร

3. การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

3.1 ความหมายของการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Cognitive Guided Instruction) เป็นนวัตกรรมหนึ่งที่มีมุ่งเน้นประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน ไม่มีวิธีการสอนเป็นรูปแบบตายตัวแต่ขึ้นอยู่กับบริบทของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งเป็นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนเกี่ยวกับองค์ความรู้และทักษะพื้นฐานในการแก้ปัญหา โดยอยู่บนพื้นฐานปรัชญาที่ว่า การเรียนการสอนต้องเกิดจากความรู้ของผู้เรียน และให้ความสำคัญกับการคิด การแก้ปัญหาด้วยตัวของผู้เรียนเอง โดยมีผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนและเอื้ออำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้กระบวนการต่างๆ ที่นำไปสู่คำถามเพื่อการแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้ที่มีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม มีโอกาสนำเสนอความคิดของตนเอง ร่วมกันอภิปราย ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนให้สัมพันธ์และสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดมีฐานคิด 2 ประการ คือ ประการที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการคิดของผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้สอน และประการที่ 2 การเชื่อมโยงความรู้ใหม่อย่างสมเหตุสมผลกับความรู้เดิมที่มีอยู่ การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีหลักการดังนี้ (Carpenter; et. al. 2004 : Online)

1. ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง
2. เป็นระบบการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนผู้เรียนในการสร้างความรู้ด้วยตนเองได้
3. การพัฒนาผู้เรียนด้านแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ควรมีลำดับหัวข้อในการเรียนรู้
4. เป็นการเรียนการสอนที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาและความเข้าใจในตัวผู้เรียน

การให้ความสำคัญกับการคิดของผู้เรียน

ผู้เรียนที่ได้รับการพัฒนาที่ดีจะมีระบบความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นเอง สามารถนำความรู้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาความเข้าใจ ความคิดรวบยอด สัญลักษณ์และวิธีการทางคณิตศาสตร์ของตนในอนาคตได้เมื่อได้รับโอกาสในการแก้ปัญหากับทางเลือกที่เหมาะสม จากการทดลองใช้การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด พบว่า ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาคารบและกลบได้โดยจะมีการกระทำในรูปแบบของการรวม (Joining) การแยกออกจากกัน (Separation) การเปรียบเทียบ (Comparing) การจัดกลุ่ม (Grouping) การแบ่งแยก (Partitioning) นอกจากนี้การใช้การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดไปใช้กับผู้เรียนระดับอนุบาลพบว่า ผู้เรียนสามารถใช้รูปแบบในการแก้ปัญหามาจากโจทย์ได้ 3 รูปแบบ ในขณะที่ผู้ใหญ่ทั่วไปจะใช้การแก้ปัญหโดยการลบเพียงวิธีเดียว กล่าวคือ จากโจทย์ปัญหาเพียงลักษณะเดียวสามารถ

หาคำตอบได้จากการใช้หลักการลบออก การบวกเพิ่มเข้ามา และการเปรียบเทียบปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งเป็นการสะท้อนการคิดในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับผู้สอน

3.2 แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดจะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง อาศัยความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ จะไม่มีรูปแบบของวิธีการหรือกิจกรรมที่เป็นขั้นตอนอย่างชัดเจน แต่เป็นความรู้ความเข้าใจที่ผู้สอนต้องวินิจฉัยผู้เรียนเกี่ยวกับการคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนว่าผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาและมีความสนใจในขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างไรผู้เรียนในห้องเรียนที่จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดจะใช้เวลาส่วนใหญ่ ใช้วิธีการและรูปแบบที่หลากหลายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความแตกต่างกันได้ตามศักยภาพของตน รวมทั้งการได้มีโอกาสได้พูดคุยและนำเสนอแนวคิดของตน ให้ความสำคัญและการยอมรับจากเพื่อนๆ และผู้สอนในการนำเสนอแนวคิดหรือวิธีการที่ผู้เรียนแต่ละคนใช้ในการหาคำตอบทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งสำคัญที่ผู้สอนจะต้องคำนึงถึงคือ ผู้สอนจะไม่สอนวิธีการในการแก้ปัญหาใดๆ แก่ผู้เรียน แต่จะสนับสนุนให้ผู้เรียนได้พิจารณาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ช่วยเหลือผู้เรียนให้ได้ค้นพบข้อผิดพลาดด้วยตัวของผู้เรียนเอง การจัดการเรียนการสอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะของผู้เรียนแต่ละคน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกง่ายและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ผู้เรียนได้รับความรู้หลายรูปแบบจากการร่วมอภิปรายกับเพื่อนๆ ซึ่งเป็นลักษณะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Franke;& Weishaupt. 1998 : Online; Fashola;& Slavin. 1997 : Online)

3.3 ขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

ขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดสรุปดังนี้ (Peterson; et. al. 1991; Franke;& Weishaupt. 2004)

1. ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน
2. ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผูกฝนด้วยตัวเอง
3. ผู้สอนคอยสนับสนุนการเรียน ให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้ ผู้สอนจะไม่สอนวิธีการคิดให้กับผู้เรียนแต่จะคอยซักถามผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
4. ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของแต่ละคน รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปราย เมื่อผู้เรียนได้รับคำตอบที่ต่างก็ร่วมกันหาข้อผิดพลาด
5. ผู้เรียนสรุปประเด็นที่ได้จากการเรียนรู้โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้
6. ประเมินผลตามสภาพจริง

3.4 บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน และบรรยากาศในชั้นเรียน

บทบาทของผู้เรียนกับผู้สอนมีความสำคัญยิ่งในการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด การเรียนรู้ที่มีพลัง คือ ผู้เรียนได้พัฒนาตนเอง สนุกกับการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการวางแผนการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ วิธีการเรียนที่ดีที่สุด มีอิสระ คิดเป็น และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ ซึ่งพลังการเรียนรู้ที่สร้างความแข็งแกร่งในศักยภาพของผู้เรียนควรคำนึงถึงหลัก 3 ประการ คือ การเรียนรู้อยู่บนพื้นฐานที่เกิดจากการกระทำ การเรียนรู้เป็นวิธีการประยุกต์ใช้ และการเรียนรู้ต้องเกิดจากความเชื่อมั่น และเจตคติที่ดีต่อตนเอง บทบาทของผู้เรียนกับผู้สอน สรุปได้ดังนี้ (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2539 : 31 – 32; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543 : 19 – 25, 61)

3.4.1 บทบาทผู้เรียน

สิ่งที่มีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

1. วุฒิภาวะและความพร้อม วุฒิภาวะ หมายถึง ความเจริญเติบโตของผู้เรียนโดยธรรมชาติทั้งทางด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์และสังคม ส่วนความพร้อม หมายถึง สภาพความเจริญเติบโตทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญาของผู้เรียน รวมทั้งความสนใจและความรู้พื้นฐานที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้สิ่งที่จะเรียนได้
2. ความสามารถ หมายถึง เชาวน์ปัญญา คนที่มีเชาวน์ปัญญาน้อยย่อมเรียนได้ในเรื่องง่าย ไม่สลับซับซ้อน ส่วนคนที่มีเชาวน์ปัญญาสูงย่อมจะเรียนในเรื่องยากได้ ความสามารถนี้จะวัดได้จากแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้และนำมาพิจารณาร่วมกับวิธีการอื่น เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความสามารถของผู้เรียนและใช้ทำนายความสำเร็จในอนาคต
3. ความสนใจ เป็นตัวกระตุ้นที่สำคัญก่อให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้การเรียนรู้นั้นมีจุดหมายที่แน่นอน ความสนใจอาจเกิดจากความถนัดและเจตคติที่ดีต่อเรื่องนั้นๆ รวมทั้งการจูงใจซึ่งเป็นการเสริมแรงผู้เรียน
4. ประสิทธิภาพของผู้เรียน ถ้าผู้เรียนเคยมีประสบการณ์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งก็อาจจะมีผลต่อการเรียนรู้ในเรื่องต่อไปได้ ความรู้เดิมที่มีอยู่จะช่วยเสริมให้เกิดการเรียนรู้ใหม่
5. ความบกพร่องทางร่างกาย อวัยวะที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ เช่น ตา หู ปาก สมอง มือ เป็นต้น หากสูญเสียไปก็จะทำให้การเรียนรู้หยุดชะงักหรือเรียนไม่ได้

3.4.2 บทบาทผู้สอน

ผู้สอนซึ่งเป็นผู้เอื้ออำนวยการเรียนรู้ควรมีลักษณะดังนี้

1. การฟังอย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะการฟังเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับผู้สอน

เพราะต้องใช้สื่อสารกับผู้เรียนตลอดเวลา ผู้สอนต้องมีความสนใจในสิ่งที่ผู้เรียนพูด พยายามวิเคราะห์ สรุปสาระ ประเด็นหลักโดยรับฟังอย่างใส่ใจ สรุป ทบทวน พยายามหาความหมายพิเศษที่ซ่อนเร้นอยู่ภายใต้การพูดของผู้เรียนเพื่อจะได้คอยช่วยเหลือสนับสนุนในสิ่งที่ผู้เรียนต้องการและสนใจจะเรียนรู้

2. ความจริงใจ ผู้สอนต้องมีความจริงใจกับตนเองเป็นประการแรกก่อน จึงจะให้ความจริงใจ ความรักและความหวังดีกับผู้เรียนโดยความบริสุทธิ์ใจในด้านการเตรียมบทเรียน การดำเนินกิจกรรม การเรียนการสอน การเสริมแรง การให้ข้อมูลย้อนกลับ รวมทั้งการประเมินผลผู้เรียน ผู้สอนต้องตระหนักถึงความสำคัญในวิชาชีพครู มีทัศนคติที่ดีต่อการสอนและมีเจตคติที่ดีต่อผู้เรียน

3. ความเข้าใจ ผู้สอนต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ของตนเองอย่างแท้จริง เพื่อเป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่ผู้เรียนได้โดยปราศจากความขัดแย้งทั้งการคิดและการกระทำ ผู้สอนต้องเข้าใจผู้เรียน คอยสนับสนุนและให้กำลังใจผู้เรียนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้

4. การยอมรับ ผู้สอนต้องเข้าใจผู้เรียนและยอมรับผู้เรียน มีเจตคติที่ดีต่อผู้เรียน มองผู้เรียนเป็นบุคคลที่มีคุณค่า ให้ความสนใจผู้เรียน มีความเอื้ออาทรต่อผู้เรียน เมื่อผู้สอนเข้าใจและยอมรับผู้เรียนได้จะทำให้การดำเนินการเรียนการสอนเป็นไปโดยราบรื่น ผู้เรียนจะรู้สึกเป็นสุขในการเรียนรู้

5. ความฉลาดมีปฏิภาณไหวพริบ ผู้สอนจะต้องมีความคิดที่ถูกต้องและเหมาะสมใช้ความสามารถในการเผชิญสถานการณ์ต่างๆ ได้ สามารถปรับเปลี่ยนเรียนรู้ความจริง ข้อเท็จจริงและความหมายด้วยความฉับไวในการจัดระบบ การใช้ความรู้จะนำไปสู่การจัดบรรยากาศในการเรียนการสอน การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดทักษะเชิงวิชาการและทักษะทางสังคม

6. ทักษะในการสื่อสารระหว่างบุคคล ผู้สอนจะต้องสามารถสื่อความหมายที่ซ่อนเร้นอยู่ในคำพูดและท่าทางของผู้เรียน ความไวต่อการรับรู้จะช่วยให้ผู้สอนมีประสิทธิภาพและสร้างความพึงพอใจในการสื่อสารกับผู้เรียนมากขึ้น การใช้ปัญญาในการปรับสภาพจิตและพฤติกรรมเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาทักษะการสื่อสารระหว่างบุคคลของผู้สอน เพราะผู้สอนสามารถใช้ปัญญาเพื่อปรับสภาพจิตของผู้เรียนในสถานการณ์ที่หลากหลายได้

นอกจากนั้น พระเทพเวที (นิเทศ สนั่นนารี. 2547 : 150 – 156 อ้างอิงจาก พระเทพเวที. 2535 : 158 – 159, 221 และ 238) ได้กล่าวถึง ผู้สอนตามหลักพุทธศาสนาว่าจะต้องมีคุณธรรมที่สำคัญคือ กัลยาณมิตรธรรม 7 ประการ รวมทั้งการมีหลักปฏิบัติในการสอนที่เรียกว่า พุทธวิธีในการสอนหรือเทศนาวิธี 4 ประการ เพื่อนำไปสู่การเรียนการสอนที่สอดคล้องกับจิต 6 ของผู้เรียน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

กัลยาณมิตรธรรม หมายถึง องค์ประกอบที่ทำให้บุคคลได้ชื่อว่าเป็นกัลยาณมิตรซึ่งมีคุณสมบัติของมิตรหรือมิตรแท้ (Qualities of a good friend) ได้แก่

1. ปิโย น่ารัก (Lovable) หมายถึง การที่ผู้สอนประพฤติตนให้เป็นที่สบายใจและสนิทสนมแกศิษย์ พัฒนาตนเองให้เป็นผู้มีสุภาพจิตดี ชวนให้อยากเข้าไปปรึกษา สร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้เรียน

2. ครุ น่าเคารพ (Respectable) หมายถึง การที่ผู้สอนประพฤติตนเหมาะสมกับฐานะสถานภาพของตน ไม่ทำตัวเป็นผู้นิยมลัทธิวัตถุนิยม ทำให้ศิษย์เกิดความรู้สึกอบอุ่นใจ รู้สึกปลอดภัยและมีทางออกจากปัญหาเมื่ออยู่ใกล้

3. ภาวนีโย น่าเจริญใจ น่ายกย่อง (Adorable) หมายถึง การที่ผู้สอนมีความรู้และภูมิปัญญาอย่างแท้จริง ทั้งเป็นผู้ฝึกอบรมและปรับปรุงตนเองอยู่เสมอ ควรค่าแก่การเอาอย่าง

4. วัตตา จะ (Being a Counselor) หมายถึง การที่ผู้สอนมีวิธีการพูดอย่างมีเหตุผล สามารถชี้แจงให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ มีความสามารถในการให้คำแนะนำว่ากล่าวตักเตือน

5. วจนักชะโม อดทนต่อถ้อยคำ (Being patient listener) หมายถึง การที่ผู้สอนมีความพร้อมที่จะรับฟังคำปรึกษา ซักถาม คำเสนอแนะและวิพากษ์วิจารณ์

6. คัมภีรญจะ กระทั่ง กัตตา (Able to deliver deep discourses or to treat profound subjects) หมายถึง การที่ผู้สอนสามารถอธิบายเรื่องยุ่งยากซับซ้อนให้ผู้เรียนเข้าใจสามารถเรียนรู้เรื่องราวที่ลึกซึ้งลงไปได้ เป็นผู้สอนที่สามารถเลือกรูปแบบและวิธีสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียนในด้านสังคม ศาสนาและวัฒนธรรม

7. โน จัญฐาเน นิโยชเย (Never exhorting groundlessly; not leading or spurring on to a unless end) หมายถึง การที่ผู้สอนไม่ชักนำศิษย์กระทำในเรื่องเหลวไหลหรือชักจูงไปในทางเสื่อมเสีย

พุทธวิธีในการสอนหรือเทศนาวิธี 4 ประการ ที่ผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นหลักปฏิบัติในการสอนเพื่อความสำเร็จในการถ่ายทอดความรู้ ประกอบด้วยคุณลักษณะ 4 ประการ ดังนี้

1. สันทัสสนา (Elucidation and verification) หมายถึง การสอนแบบชี้ให้เห็นชัด คือ จะสอนอะไรก็ชี้แจง จำแนก แยกแยะ อธิบาย แสดงเหตุผลให้ชัดเจน สอนหนังสือให้สอดคล้องกับหลักสูตร ตรงประเด็น มีการสาธิตจนผู้ฟังเข้าใจ แจ่มแจ้งเห็นจริง ผู้สอนในยุคนี้จึงต้องมีความพร้อมทั้งด้านวิชาการ อุปกรณ์และสื่อการสอนพร้อมเทคนิคการสอน

2. สมาทปนา (Incitement to take upon oneself; inspiration toward the goal)

หมายถึง ผู้สอนต้องมีวิธีชวนใจให้ผู้เรียนอยากรับเอาไปปฏิบัติ โดยการแนะนำหรือบรรยายให้ทราบซึ่งในคุณค่า มองเห็นความสำคัญที่จะต้องฝึกฝน บำเพ็ญจนใจยอมรับ อยากลงมือทำหรือนำไปปฏิบัติ

3. สมุดเตชะนา (Urging; encouragement; animation filling with enthusiasm)

หมายถึง ผู้สอนควรมีความอาหาญแค้นกล้า ปลุกเร้าใจให้กระตือรือร้น เกิดความอุตสาหะ มีกำลังใจที่เข้มแข็ง สู้งาน ไม่กลัวเหนื่อยยาก เน้นวินัยและความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้ผู้เรียนเชื่อถือ คล้อยตามและนำไปปฏิบัติ

4. สัมปหังสนา (Gladdening; exhilaration; filling with delight and joy) หมายถึง

การที่ผู้สอนรู้จักการปลอบใจผู้เรียนให้สดชื่นร่าเริง ชี้ให้เห็นผลดีหรือคุณประโยชน์ที่จะได้รับและทางที่จะก้าวหน้าบรรลุผลสำเร็จยิ่งขึ้นไป มีเทคนิคการสอนแบบให้กำลังใจ ผ่อนหนักผ่อนเบา มีทั้งสาระและบันเทิง ชวนให้ผู้เรียนอยากติดตามการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ

สำหรับผู้สอนในการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดซึ่งเป็นผู้เอื้ออำนวยในการเรียนรู้จะต้องมีบทบาทโดยสรุปดังนี้ (Peterson;et. al. 1991 : 98 – 99)

1. สร้างบทเรียนที่ออกแบบเพื่อการสร้างรูปแบบที่เป็นธรรมชาติซึ่งเกิดขึ้นจากการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน
2. นำเสนอปัญหาซึ่งเลือกมาอย่างเหมาะสมกับผู้เรียน นำสู่อภิปรายร่วมกันโดยให้ผู้เรียนได้คิดค้นวิธีการด้วยตนเอง
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เป็นผู้กระทำหรือฝึกฝนด้วยตนเอง ผู้สอนจะไม่สอนวิธีการคิดให้กับผู้เรียน แต่ให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วยผู้เรียนให้มีความเข้าใจในความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
4. ชักถามผู้เรียนเพื่อให้เกิดแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยอาจเชื่อมโยงจากตำรา/หนังสือ หรือเป็นการเรียนรู้จากภายนอกห้องเรียนคณิตศาสตร์ บางครั้งอาจจะเป็นชีวิตประจำวันของผู้เรียน
5. ช่วยผู้เรียนได้เห็นข้อผิดพลาด ให้โอกาสในการอธิบายวิธีการคิดที่ปรับแก้แล้ว และใช้ความผิดพลาดเหล่านั้นให้ผู้เรียนได้รับความเข้าใจจากการเรียนรู้ข้อผิดพลาดและแนวทางแก้ไขด้วยตนเอง
6. มีทักษะในการฟัง และส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันของผู้เรียน

กล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดนี้ก็เป็นแนวคิดหนึ่งที่ทำให้ความสำคัญต่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ดังที่ วิชัย วงษ์ใหญ่ (2543 : 58 – 61) ได้กล่าวถึง บทบาทผู้สอนที่ส่งเสริมผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง สรุปได้ดังนี้

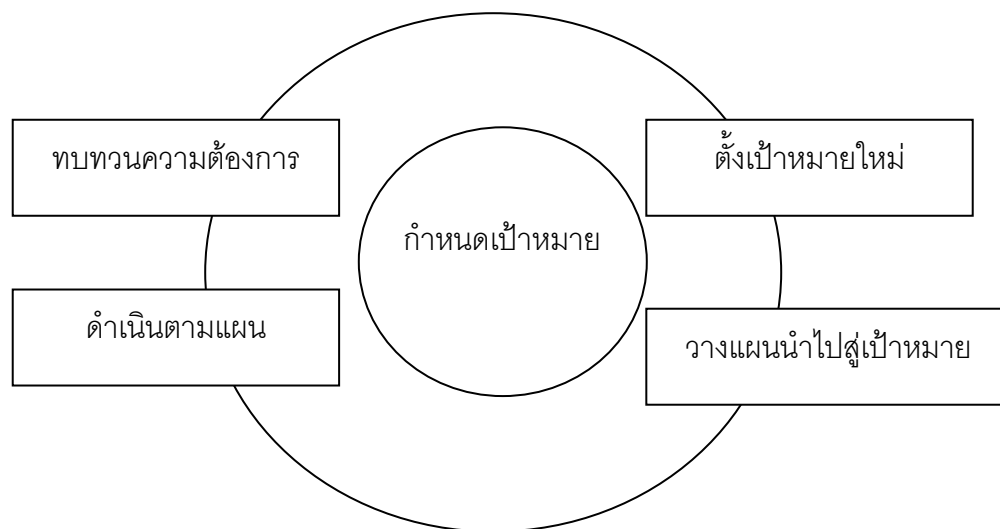
1. ผู้สอนมีความเชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลา ลักษณะการออกแบบการเรียนรู้จะกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นพบ เรียนรู้จากประสบการณ์และสภาพจริง เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเพื่อพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้อย่างเต็มที่ ซึ่งเป็นไปตามความเชื่อตามปรัชญาการศึกษากลุ่มพิพัฒนานิยมที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการเป็นผู้กระทำ ลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ การสืบเสาะค้นหา การแก้ปัญหาทางกลุ่มย่อย การเรียนแบบร่วมมือ การเรียนรู้เชิงประสบการณ์

2. การเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้กระทำ เน้นความพยายามทางสมองเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีการควบคุมตนเองในการเรียนรู้ จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและประสบการณ์ทางสมองของผู้เรียน โดยผู้สอนจะต้องคำนึงถึงสิทธิของผู้เรียน คือ สิทธิของผู้เรียนที่จะเรียนรู้ กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้หน้าที่ การเรียน ตลอดจนวิธีการเรียนเป็นประการสำคัญ

3. จากเนื้อหาสู่กระบวนการ กระบวนการเรียนรู้ที่มาจากผู้เรียนจะมีความหลากหลาย องค์ความรู้ไม่มีขีดจำกัด ขึ้นอยู่กับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคน ความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นศักยภาพของความใส่ใจและแรงผลักดันของแต่ละบุคคล การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำงานได้สำเร็จภายใต้การแนะนำของผู้สอนที่คอยสังเกต สนับสนุน สร้างบรรยากาศในการเรียนรู้

4. การพัฒนาแบบองค์รวม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนทุกคนในทุกๆ ด้าน ซึ่งบรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นผู้กระทำ ประกอบด้วย การให้โอกาสผู้เรียนได้เรียนรู้ในแนวคิดหลัก ส่งเสริมบทบาทหน้าที่ให้ผู้เรียนให้ติดตามสิ่งที่นำเสนอ สร้างความเชื่อมโยงกับแนวคิดหลักและการเข้าถึงข้อสรุป ส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สำคัญ รวมทั้งการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา สร้างโอกาสให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเองและการยอมรับว่ากระบวนการเรียนรู้และกระบวนการประเมินการเรียนรู้เป็นสิ่งที่ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวจะต้องพัฒนาอยู่เสมอ

5. กิจกรรมการเรียนเป็นโครงสร้างแบบเปิด มีความยืดหยุ่นหลากหลาย ผู้เรียนได้ลงมือกระทำเป็นวงจรการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 วงจรรการเรียนรู้ (Learning Cycle)

ที่มา : วิชัย วงษ์ใหญ่. (2543). วิสัยทัศน์การศึกษา. หน้า 60

6. การประเมินในขณะที่มีการเรียนการสอน เป็นการประเมินที่เป็นธรรมชาติถ้าผู้สอนไม่เข้าใจกระบวนการเรียนรู้ผู้ศักยภาพที่แท้จริงจะทำได้ยาก ผู้สอนต้องสามารถแยกแยะได้ในสิ่งที่ผู้เรียนทำได้หรือประยุกตขึ้น ทำให้เกิดแนวปฏิบัติที่หลากหลาย นำไปสู่ความยุติธรรมของการประเมิน

ดังนั้นเมื่อนำหลักการของการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์จึงสรุปได้ว่า ผู้สอนคณิตศาสตร์ต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่จะสอนเป็นอย่างดี และ ใช้หลักการแก้ปัญหาเป็นเป้าหมายในการเรียนการสอน เข้าใจความคิดของผู้เรียนในการแก้ปัญหาต่างๆ การตัดสินใจของผู้สอนมีฐานคิดจากความรู้ของผู้สอนที่มีความเข้าใจในความคิดของผู้เรียน นอกจากนี้ยังมีบรรยากาศในห้องเรียนที่จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด จากลักษณะของห้องเรียนแบบเดิมที่ผู้เรียนจะมีภาระงานและทำตามที่ผู้สอนบอกให้ทำ กระบวนการส่วนใหญ่จะมุ่งประเด็นไปที่ขั้นตอนการคำนวณเพื่อหาคำตอบจากแต่ละคำถาม ผู้สอนคาดหวังให้ผู้เรียนทุกคนได้กระทำในส่วนที่เหมือนกันเป็นงานประจำ และมีความรู้คณิตศาสตร์ที่เหมือนกัน ซึ่งการแก้ปัญหาที่เหมือนกันจะเป็นการสนับสนุนบริบทของผู้เรียนในการฝึกหัดการแสดงลำดับขั้นตอนมากกว่าการแข่งขันกันนำเสนอความคิดและวิธีการในการแก้ปัญหา ฐานคิดของผู้สอนจะมาจากการตัดสินใจของผู้สอนเองที่คิดว่าอะไรมีความสำคัญสำหรับผู้เรียนในการเรียนรู้ ในขณะที่ห้องเรียนที่จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดเป็นที่ซึ่งสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ผู้เรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาในแนวทางที่แตกต่างกัน บรรยากาศ

ของห้องเรียนที่จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด เป็นการรับฟังความคิดของแต่ละคนซึ่งมีความสำคัญและได้รับการเอาใจใส่จากเพื่อนๆ และผู้สอน วิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียนเป็นไปตามความสามารถเฉพาะบุคคล มีการยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนๆ ในห้องเรียนด้วย ซึ่งหากต้องการให้เกิดการปฏิรูปการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ ผู้เรียนทุกระดับจะต้องได้รับการฝึกให้สามารถใช้คณิตศาสตร์ได้อย่างผู้เชี่ยวชาญ คือ การร่วมแรงร่วมใจในการหาคำตอบ การอภิปรายโต้เถียงกันในข้อค้นพบหรือคำตอบที่ได้ การเชื่อมโยง ประเมินผลสรุป รวมทั้งการสื่อสารผลลัพธ์ที่ได้ ในขั้นต้นผู้เรียนควรจะได้รับส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเองมากกว่าการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในรูปแบบของการเป็นผู้รับความรู้จากผู้สอนเพียงอย่างเดียว การให้ความสนใจและเอาใจใส่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิดจะเป็นข้อมูลสำคัญให้กับผู้สอนเองในการนำไปวางแผนการสอนและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน

แฮงส์ (Hankes. 1998 : Online) ได้เปรียบเทียบหลักการในการจัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบหลักการในการจัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

หัวข้อที่ใช้เปรียบเทียบ	การสอนรูปแบบเดิม	การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด
บทบาทผู้สอน	ผู้สอนจะเป็นผู้ดำเนินการสอนและให้ความรู้แก่ผู้เรียนโดยตรง	ผู้สอนจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน และเป็นสื่อกลางให้เข้าถึงสิ่งแวดล้อม
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน	ผู้เรียนเรียนรู้เพียงลำพัง	ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการทำงานเป็นกลุ่ม มีการอภิปราย และเสนอความคิดเห็นกับเพื่อนๆ
หลักสูตร	กิจกรรมต่างๆ ในหลักสูตรเป็นแบบเรียนและแบบฝึกหัดจากตำรา	กิจกรรมหลักสูตรจะเป็นการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานและวัสดุอุปกรณ์
เวลา	กำหนดเวลาที่แน่นอนในแต่ละวัน โดยครอบคลุมเนื้อหา จะถือว่าเวลาในการทำกิจกรรมมีความสำคัญ	เวลาในชั้นเรียนใช้ไปในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยผู้เรียนจะร่วมกันสะท้อนและอภิปรายตามความคิดของตนเอง
ความคิดรวบยอด	การนำเสนอความคิดรวบยอดให้กับผู้เรียนจะมีลักษณะจากส่วนย่อยไปสู่ส่วนรวม โดยใช้ทักษะพื้นฐาน	การนำเสนอความคิดรวบยอดให้กับผู้เรียน โดยมีลักษณะแบบองค์รวมไปยังส่วนย่อย เป็นการให้แนวคิดหลักที่สำคัญ
มุมมองเกี่ยวกับตัวผู้เรียน	ผู้เรียนจะถูกมองว่าไม่มีความรู้ ไม่มีข้อมูลใดๆ การให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนจะทำได้โดยผู้สอน	มองผู้เรียนว่ามีความคิดและสามารถสร้างทฤษฎี และเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้เบื้องต้น
การประเมินผล	การประเมินผลผู้เรียนจะแยกจากการสอน และการทดสอบจะเกิดการแบ่งระดับผู้เรียน และเน้นการแข่งขัน	การประเมินผลผู้เรียนจะอยู่ในขั้นตอนของการสอน ด้วยการตั้งคำถาม สังเกตผู้เรียนจากผลงาน ไม่เน้นการแข่งขัน

ที่มา : Hanks, J. E. (1998). Cognitive Guided Instruction & System Reform Native American Pedagogy and CGI. (Online).

ฮิบเบอร์ต และคณะ (Hiebert, J.; et al. 1997) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบในห้องเรียน 5 ด้านที่จะนำไปสู่การเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจของผู้เรียนสรุปดังตาราง 4

ตาราง 4 ส่วนประกอบในห้องเรียน 5 ด้านที่จะนำไปสู่การเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจของผู้เรียน

ส่วนประกอบในห้องเรียน	ลักษณะของส่วนประกอบในห้องเรียน
ลักษณะของภาระหน้าที่ในห้องเรียน	สร้างโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่ผู้เรียน สามารถใช้ความรู้และทักษะที่มีอยู่ได้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์
บทบาทของผู้สอน	เลือกภาระงานอย่างมีเป้าหมาย แลกเปลี่ยนสารสนเทศที่สำคัญ และสร้างวัฒนธรรมที่ดีในห้องเรียน
วัฒนธรรมทางสังคมในห้องเรียน	แนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละคนเป็นสิ่งที่มีความค่า ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้จากสิ่งที่ผิดพลาดของตนเองและเพื่อนๆ แต่ละคน การตรวจสอบความถูกต้องได้มาจากการพิสูจน์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
อุปกรณ์/เครื่องมือคณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้	อุปกรณ์/เครื่องมือจะต้องสร้างให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งการบันทึกและการคิด
ความเสมอภาคและความสะดวก	ภาระงานที่ง่ายกับผู้เรียนทุกคน และผู้เรียนทุกคนให้ความสำคัญ

ที่มา : Hiebert, J.; et al. (1997). Making Sense : Teaching and Learning Mathematics. p. 12.

3.5 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพได้นั้นต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการ ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญานิยม รูปแบบการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา และการเรียนการสอนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญานิยม (Cognitive Theory)

ซูรังค์ โค้วตระกูล. (2537 : 149 – 159) ได้กล่าวถึงนักจิตวิทยากลุ่มเกสตัลท์ (Gestalt Psychologist : 1920-1930) ได้แก่ จอง พียาเจต์ Jean Piaget) โจโรม เอส บรูเนอร์ (Jerome S. Bruner) และ เดวิด พี. อัสซูเบล (David P. Ausuber) ซึ่งให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าต้อง

เกิดจากตัวผู้เรียนเอง กล่าวคือ จะเน้นความสัมพันธ์ของส่วนย่อย โดยเชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงของส่วนย่อย ส่วนใดส่วนหนึ่งจะมีผลต่อส่วนรวม และจากการทำการวิจัยเกี่ยวกับการรับรู้ได้ข้อสรุปว่า การรับรู้ของคนส่วนมากจะเป็นอัตวิสัย (Subjective) ซึ่งเน้นความสำคัญของผู้เรียนว่าจะต้องเป็นผู้ลงมือกระทำหรือเป็นผู้ที่ริเริ่มและกระตือรือร้น เรียนรู้ด้วยการหยั่งรู้ (Insight) ซึ่งเป็นการอธิบายถึงกระบวนการรู้คิด (Cognitive Process) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนรู้ ผู้เรียนได้มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าที่เป็นสิ่งแวดล้อมของปัญหาที่ตนกำลังเผชิญอยู่ นักจิตวิทยาในกลุ่มนี้จะเน้นการศึกษาเกี่ยวกับการรู้คิดและความสำคัญของผู้เรียน โดยถือว่าการเรียนรู้เป็นผลของการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

พือาเจต์ เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่ม เป็นผู้กระทำที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งเร้าหรือสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือกระทำให้เกิดขึ้น (Active) ซึ่งสอดคล้องกับดิวอี้ (Dewey) ที่กล่าวว่า "Learning by Doing" ซึ่ง พือาเจต์กล่าวว่า เมื่อเกิดการเรียนรู้ขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างสติปัญญา (Cognitive Structure) ของผู้เรียน ซึ่งการนำทฤษฎีของพือาเจต์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนจะเน้นหลักการต่างๆ ดังนี้

1. กระบวนการความคิดของเด็กแตกต่างจากผู้ใหญ่ ผู้เรียนแต่ละวัยจะมีลักษณะการคิดที่แตกต่างกัน ผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจผู้เรียนแต่ละวัยว่ามีการรู้คิดอย่างไร

2. เน้นความสำคัญของผู้เรียน ผู้เรียนจะสามารถควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเองได้ (Self – Regulation) และเป็นผู้ที่จะริเริ่มลงมือกระทำ ผู้สอนมีหน้าที่อบรมและจัดสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้โดยการค้นพบ ให้ออกาสผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

3. ในการสอนควรเริ่มจากประสบการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยหรือเริ่มจากประสบการณ์ที่ใกล้เคียงไปหาประสบการณ์ที่ไกลตัว เพื่อให้ผู้เรียนได้มีความเข้าใจ

บรูเนอร์ เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้ประมวลข้อมูลข่าวสารจากการที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การรับรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับความสนใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งนั้นๆ การเรียนรู้จะเกิดจากการค้นพบ เนื่องจากผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น บรูเนอร์ กล่าวว่า วิธีการที่ผู้เรียนใช้เป็นเครื่องมือในการค้นพบความรู้มี 3 ขั้น คือ วิธีการที่ใช้รูปธรรม (Enactive Mode) วิธีการที่ใช้กึ่งสัญลักษณ์ (Iconic Mode) และวิธีการที่ใช้สัญลักษณ์ (Symbolic Mode) และเชื่อว่าถ้าผู้สอนเข้าใจพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของผู้เรียนและจัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ตามขั้นพัฒนาการของตน

อัสซูเบล เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้รวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่ยอมรับใหม่ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด

หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ไว้ในโครงสร้างของสติปัญญาหรือความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียน ซึ่งอัสซูเบล ได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 4 ประเภท คือ การเรียนรู้โดยการรับอย่างมีความหมาย (Meaning Reception Learning) การเรียนรู้โดยการรับแบบท่องจำโดยไม่คิด (Rote Reception Learning) การเรียนรู้โดยการค้นพบอย่างมีความหมาย (Meaningful Discovery Learning) การเรียนรู้โดยการค้นพบแบบท่องจำโดยไม่คิด (Rote Discovery Learning)

3.5.2 รูปแบบการเรียนรู้

มนุษย์ต่างมีระบบความคิด ระบบการมองโลกที่แตกต่างกัน หากเรามีความเข้าใจกัน สามารถคาดคะเนพฤติกรรมของกันและกัน และรู้ว่าจะปฏิบัติอย่างไรกับคนประเภทต่างๆ แล้วจะลดความขัดแย้ง ทำให้เกิดความเห็นใจ รู้จักประนีประนอมและถนอมน้ำใจผู้อื่น สามารถอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุขบนพื้นฐานของหลักการความเข้าใจเรื่องมนุษย์ได้ ซึ่งเชื่อมโยงไปถึงการเข้าใจลักษณะพื้นฐานของผู้เรียนที่มีความแตกต่างกันในเรื่องรูปแบบการเรียนรู้ โดยปกติผู้สอนส่วนใหญ่มักจะให้ความสนใจว่าผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาเกี่ยวกับอะไรมากกว่าการสนใจว่าผู้เรียนมีรูปแบบการเรียนรู้อย่างไร จึงทำให้มีผู้เรียนจำนวนไม่มากนักที่เรียนด้วยความพึงพอใจ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่สามารถตอบสนองธรรมชาติและความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีจึงควรให้ความสำคัญในเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยเฉพาะในเรื่องของรูปแบบการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนได้เรียนในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและสอดคล้องกับศักยภาพของตนเองจะทำให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์สูงสุด การที่ผู้สอนได้รู้ว่าผู้เรียนในชั้นเรียนมีรูปแบบการเรียนรู้อย่างไร จะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดสภาพการเรียนการสอน จะช่วยให้ผู้สอนสามารถช่วยเหลือผู้เรียนได้รู้จักคิดและเรียนรู้สิ่งต่างๆ ให้ดีที่สุด และเข้าใจพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งไม่เหมือนกันรวมทั้งเข้าใจปัญหาที่เกิดจากการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน แม้ว่าผู้เรียนแต่ละคนจะมีรูปแบบการเรียนรู้เฉพาะตัว แต่ก็ไม่มีผู้เรียนคนใดที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบใดแบบหนึ่งอยู่ตลอดเวลา และส่วนใหญ่จะใช้หลายรูปแบบคาบเกี่ยวกัน โดยรูปแบบที่ตนถนัดที่สุดจะถูกนำมาใช้มากกว่ารูปแบบอื่น ยังไม่มีใครที่สามารถจดจำสิ่งที่ตนได้พบเห็นได้ยิน ได้ฟังไว้ในสมองของตนอยู่ได้ตลอดเวลา ทุกคนจะจดจำได้ดีที่สุดก็ต่อเมื่อได้ลงมือกระทำด้วยตนเองเท่านั้น ซึ่งมีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงรูปแบบการเรียนรู้ สรุปได้เป็น 2 แนวคิดหลัก คือ แนวคิดทางตะวันตกและแนวคิดทางตะวันออก (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537 : 82; ดวงมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546 : 101 – 117; มัณฑรา ธรรมบุศย์. 2003: ออนไลน์; อนุสรณ์ จันทพันธ์;และ บุญชัย โกศลธนากุล. 2547 : 4 – 9)

3.5.2.1 แนวคิดทางตะวันตก

มัทธรา ธรรมบุศย์ (2003 : ออนไลน์) กล่าวว่า นักจิตวิทยาที่ศึกษาเรื่องรูปแบบการเรียนรู้ของมนุษย์พบว่า มนุษย์สามารถรับรู้ข้อมูลโดยผ่านเส้นทางการรับรู้ 3 ทาง คือ การรับรู้ทางสายตา โดยการมองเห็น (Visual Perceptors) การรับรู้ทางโสตประสาทโดยการได้ยิน (Auditory Perceptors) และการรับรู้ทางร่างกายโดยการเคลื่อนไหวและการรู้สึก (Kinesthetic Perceptors) สามารถนำมาจัดได้ 3 ประเภทดังนี้

1. ผู้ที่เรียนรู้ทางสายตา (Visual Learner) เป็นพวกที่เรียนรู้ได้ดีถ้าเรียนจากรูปภาพ แผนภูมิ แผนผัง หรือจากเนื้อหาที่เขียนเป็นเรื่องราว เวลาจะนึกถึงเหตุการณ์ใดก็จะนึกถึงภาพ เนื่องจากระบบเก็บความจำได้จัดเก็บสิ่งที่เรียนรู้ไว้เป็นภาพ

2. ผู้ที่เรียนรู้ทางโสตประสาท (Auditory Learner) เป็นพวกที่เรียนรู้ได้ดีที่สุดถ้าได้ฟังหรือได้พูด จะไม่สนใจรูปภาพ ไม่สร้างภาพ และไม่ผูกเรื่องราวในสมอง แต่ชอบฟังเรื่องราวซ้ำๆ และชอบเล่าเรื่องให้คนอื่นฟัง

3. ผู้ที่เรียนรู้ทางร่างกายและความรู้สึก (Kinesthetic Learner) เป็นพวกที่เรียนรู้โดยผ่านการรับรู้ทางความรู้สึก การเคลื่อนไหวและร่างกาย จึงจะสามารถจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ดีหากได้มีการสัมผัสและเกิดความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งที่เรียน เวลานั่งในห้องเรียนจะนั่งแบบไม่เป็นสุข นั่งไม่ติดที่ ไม่สนใจบทเรียน และไม่สามารถทำให้จดจ่ออยู่กับบทเรียนเป็นเวลานานๆ ได้

การแบ่งรูปแบบการเรียนรู้ออกเป็น 3 ประเภทข้างต้นนั้น เป็นการแบ่งโดยพิจารณาจากช่องทางในการรับรู้ข้อมูลซึ่งมี 3 ช่องทาง คือ ทางตา ทางหู และทางร่างกาย แต่ถ้าหากนำสภาวะของบุคคลในขณะที่รับรู้ข้อมูลซึ่งมี 3 สภาวะ คือ สภาวะของจิตสำนึก (Conscious) จิตใต้สำนึก (Subconscious) และจิตไร้สำนึก (Unconscious) เข้าไปร่วมพิจารณาด้วย แล้วนำองค์ประกอบทั้ง 2 ด้าน คือ องค์ประกอบด้านช่องทางการรับรู้ (Perceptual Pathways) กับองค์ประกอบด้านสภาวะของบุคคลขณะที่รับรู้ข้อมูล (State of Consciousness) มาเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน จะสามารถแบ่งรูปแบบการเรียนรู้ได้ 6 แบบ คือ

1. ประเภท V – A – K เป็นผู้ที่เรียนรู้ได้ดีที่สุด หากได้อ่านและได้เล่าเรื่องต่างๆ ให้ผู้อื่นฟัง เป็นผู้เรียนที่ดี ขยันเรียนหนังสือ แต่ไม่ชอบเล่นกีฬา

2. ประเภท V – K – A เป็นผู้ที่เรียนรู้ได้ดีที่สุด หากได้ลงมือปฏิบัติตามแบบอย่าง ที่ปรากฏอยู่ตรงหน้า และได้ตั้งคำถามถามไปเรื่อยๆ โดยปกติจะชอบทำงานเป็นกลุ่ม

3. ประเภท A – K – V เป็นผู้ที่เรียนรู้ได้ดีที่สุดหากได้สอนคนอื่น ชอบขยายความเวลาเล่าเรื่อง แต่มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการอ่านและการเขียน

4. ประเภท A – V – K เป็นผู้ที่มีความสามารถในการเจรจาติดต่อสื่อสารกับคนอื่น พูดได้ชัดถ้อยชัดคำ พูดจามีเหตุผล รักความจริง ชอบเรียนวิชาประวัติศาสตร์และวิชาที่จะต้องใช้ความคิดทุกประเภท เวลาเรียนจะพยายามพูดเพื่อให้ตัวเองเกิดความเข้าใจ ไม่ชอบเรียนกีฬา

5. ประเภท K – V – A เป็นผู้ที่เรียนรู้ได้ดีที่สุดหากได้ทำงานที่ใช้ความคิดในสถานที่เงียบสงบ สามารถทำงานที่ต้องใช้กำลังกายได้เป็นอย่างดีโดยไม่ต้องให้ผู้สอนบอก

6. ประเภท K – A – V เป็นผู้ที่เรียนรู้ได้ดีหากได้เคลื่อนไหวร่างกายไปด้วยเป็นพวกที่ไม่ชอบอยู่นิ่ง มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการอ่านและการเขียน

กราส์ซา และ ไรช์แมน (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546 : 104 – 105; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537 : 82; อ้างอิงจาก Grasha; & Reichman. 1975) ได้แบ่งรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนตามลักษณะบุคลิกภาพของผู้เรียนออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. แบบแข่งขัน (Competitive) ผู้เรียนลักษณะแบบนี้จะเรียนรู้เนื้อหาวิชาเพื่อที่จะทำได้ดีกว่าคนอื่นในชั้นเรียน เขาจะรู้สึกว่าจะต้องแข่งขันกับผู้เรียนคนอื่นๆ เพื่อให้ได้รับรางวัลจากชั้นเรียน ในลักษณะคะแนนหรือคำชมจากผู้สอน ความสนใจของผู้สอน มองชั้นเรียนเป็นสนามแข่งขันซึ่งจะต้องมีแพ้มีชนะ ผู้เรียนประเภทนี้มีความรู้สึกว่าเขาต้องเป็นผู้ชนะเสมอ ผู้เรียนคนอื่นๆ จึงมักจะไม่ค่อยชอบที่จะมีส่วนร่วมกับผู้เรียนแบบนี้

2. แบบร่วมมือ (Collaborative) ผู้เรียนลักษณะแบบนี้รู้สึกว่าเขาสามารถเรียนรู้ได้มากที่สุดโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สติปัญญาและความสามารถซึ่งกันและกัน ร่วมมือกับผู้สอนและกลุ่มเพื่อน ชอบทำงานร่วมกับคนอื่นๆ เห็นชั้นเรียนเป็นสถานที่สำหรับสังคมที่มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเช่นเดียวกับสถานที่เรียนรู้เนื้อหาวิชา

3. แบบหลีกเลี่ยง (Avoidance) ผู้เรียนลักษณะแบบนี้จะไม่สนใจการเรียนรู้เนื้อหาวิชาในชั้นเรียนตามแบบแผน ไม่มีส่วนร่วมกับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นๆ ไม่สนใจสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ผู้เรียนแบบนี้จะมีทัศนคติต่อห้องเรียนว่าเป็นสิ่งที่ไม่น่าสนใจ

4. แบบมีส่วนร่วม (Participant) ลักษณะของผู้เรียนแบบนี้ต้องการที่จะเรียนรู้เนื้อหาวิชา ชอบเข้าชั้นเรียน มีความรับผิดชอบที่จะเรียนรู้ให้มากที่สุดที่สุดในชั้นเรียน และมีส่วนร่วมกับผู้เรียนต่อกิจกรรมในชั้นเรียนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่จะมีส่วนร่วมน้อยในกิจกรรมที่ไม่ได้อยู่ในแนวทางของวิชาที่เรียน

5. แบบพึ่งพา (Dependent) ผู้เรียนลักษณะนี้จะแสดงความอยากเรียนรู้น้อยจะเรียนรู้เฉพาะสิ่งที่ถูกบังคับหรือกำหนดให้เรียน มองเห็นผู้สอนและกลุ่มเพื่อนร่วมชั้นเรียนเป็นแหล่งของโครงสร้างความรู้ เป็นแหล่งสนับสนุนทางวิชาการ ผู้เรียนลักษณะนี้จะไม่มีความคิดริเริ่ม

6. แบบอิสระ (Independent) ลักษณะของผู้เรียนแบบนี้ชอบที่จะคิดและทำงานต่างๆ ด้วยตนเอง รับฟังความคิดเห็นของคนอื่นๆ ในชั้นเรียน มีความตั้งใจศึกษาเรียนรู้เนื้อหาวิชาที่คิดว่าสำคัญ และมีความเชื่อมั่นในความสามารถของการเรียนรู้ด้วยตัวเอง

แมนน์ (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546 : 105-106; อ้างอิงจาก Mann. 1975) ได้จำแนกรูปแบบการเรียนรู้ไว้ 8 แบบดังนี้

1. แบบยินยอม (Compliant) จะเป็นลักษณะของผู้เรียนที่ยึดงานเป็นหลัก สนใจเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานของตนเท่านั้น ไม่ชอบห้องเรียนที่ขาดระเบียบ มีความต้องการที่จะเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน เป็นที่น่าพอใจของเพื่อนๆ และผู้สอน

2. แบบวิตกกังวล (Anxious Dependent) เป็นลักษณะของผู้เรียนที่มีความวิตกกังวลในทุกด้าน มีความรู้สึกว่าตนเองไม่มีความสามารถ ต้องการความช่วยเหลือจากผู้สอน

3. แบบท้อใจ (Discouraged) เป็นผู้เรียนที่มีลักษณะไม่พอใจในตัวเอง และเมื่อมีสิ่งผิดพลาดเกิดขึ้นจะรู้สึกละอายและโทษตัวเอง ไม่มองว่าคนอื่นเป็นศัตรู มีทัศนคติต่อตนเองในแง่ลบ และชอบแยกตัวเองออกจากกลุ่ม

4. แบบอิสระ (Independent) เป็นผู้เรียนที่มีลักษณะของความเป็นใหญ่ชัดเจน ส่วนหนึ่งจะเป็นพวกมีสติปัญญาดีและมีความมั่นใจในตัวเองสูง จะสามารถควบคุมสติและทำงานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เมื่อทำงานร่วมกับบุคคลใดมักจะต้องการทราบบทบาทของตนอย่างชัดเจน

5. แบบวีรบุรุษ (Heroic) เป็นผู้เรียนที่มักจะเป็นผู้ขายซึ่งเป็นที่รู้จักของคนอื่น เรียนเก่ง ผลงานมีทั้งประเภทสร้างสรรค์และสร้างศัตรู ก่อให้เกิดความไม่พอใจได้ มีลักษณะความพึงพอใจในอำนาจ ทำให้พยายามสร้างเอกลักษณ์โดยการแสดงออก

6. แบบลอบยิง (Sniper) เป็นผู้เรียนที่มีลักษณะมองโลกในแง่ร้าย มีความภูมิใจในตนเองน้อย มักทำให้ผู้สอนโกรธโดยไม่มีเหตุผล มีแนวโน้มเป็นปฏิปักษ์กับผู้สอน และมักจะหลบหลีกการเผชิญหน้ากับผู้สอน

7. แบบแสวงหาความสนใจ (Attentive) เป็นผู้เรียนที่มีลักษณะของการมีบทบาททางสังคมมากกว่าด้านสติปัญญา มักจะสร้างความสัมพันธ์กับผู้สอนเพื่อให้ชื่นชมในตัวด้วยวิธีการต่างๆ เพราะต้องการเป็นที่ยอมรับและเป็นที่สนใจของเพื่อนๆ และผู้สอน จะไม่มีความสุขถ้าได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบหรือทำงานด้วยความสามารถของตนเอง

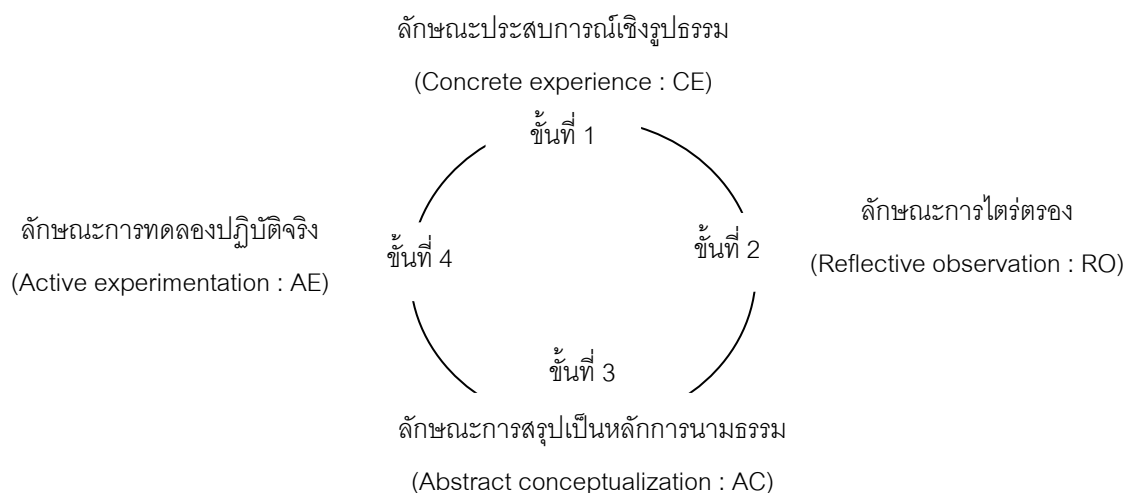
8. แบบสงบเงียบ (Silent) เป็นผู้เรียนที่มีลักษณะไม่ค่อยมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน พูดน้อย เงียบเฉย มีสัมพันธภาพกับผู้สอนและมีบทบาทในชั้นเรียนน้อยมาก

วิทกินและคณะ (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546 : 106 – 107; อ้างอิงจาก Witkin; et al. 1977) ได้จำแนกผู้เรียนเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบพึ่งพิงสภาพแวดล้อม (Field dependence) และแบบไม่พึ่งพิงสภาพแวดล้อม (Field independence) โดยพิจารณาบนพื้นฐานของการรับรู้สิ่งต่างๆ ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน กล่าวคือ

1. การใช้ตัวกลางในการเรียนรู้ (Mediating mechanism in learning) ผู้ที่ไม่พึ่งพิงสภาพแวดล้อมจะมีความสามารถในการสรุปหลักการต่างๆ จากประสบการณ์ของตนได้ดีกว่าผู้ที่พึ่งพิงสภาพแวดล้อม

2. การใช้ประโยชน์จากความเด่นชัดของตัวแนะ (Cue salience) กล่าวคือ ตัวแนะที่เด่นชัดมากจะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่ายกว่าตัวแนะที่เด่นชัดน้อย ดังนั้น ตัวแนะที่เด่นชัดจะส่งผลต่อผู้เรียนที่พึ่งพิงสภาพแวดล้อมมากกว่าผู้เรียนที่ไม่พึ่งพิงสภาพแวดล้อม

คอลป์ (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546 : 107 – 110; อ้างอิงจาก Kolb.1984) ได้เสนอทฤษฎีการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (The Theory of experiential learning) โดยสรุปเป็นวงจรการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ขั้นตอนการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ของคอล์บ

ที่มา : ดวงกลม ไตรวิจิตรคุณ. (2546). การประเมินวิธีเรียนของผู้เรียน. ใน การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่. สุวิมล ว่องวาณิช. บรรณาธิการ. หน้า 107.

ขั้นที่ 1 ลักษณะประสบการณ์เชิงรูปธรรม (CE) เป็นการเข้าไปเกี่ยวข้องกับบุคคลอื่นในสถานการณ์ต่างๆ แต่ละวัน มักยึดความรู้สึกของตนเองเป็นหลักมากกว่าการใช้แนวคิดอย่างมีระบบในการจัดการปัญหาต่างๆ

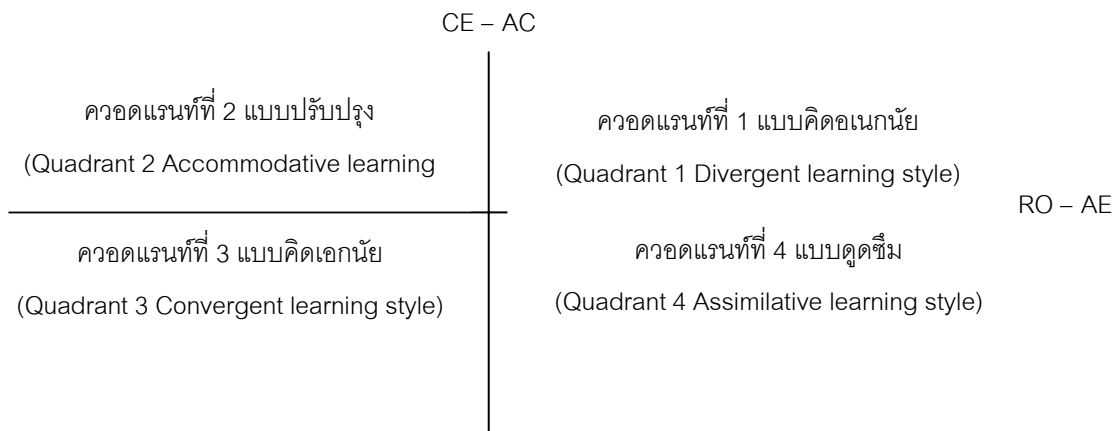
ขั้นที่ 2 ลักษณะการไตร่ตรอง (RO) เป็นการเรียนรู้จากการเฝ้าดูและการฟัง หรือจากการทำความเข้าใจประสบการณ์ต่างๆ ที่ได้พบด้วยการสังเกตและไตร่ตรองจากหลายๆ แง่มุม

ขั้นที่ 3 ลักษณะสรุปเป็นหลักการนามธรรม (AC) เป็นการเรียนรู้ด้วยการคิด เป็นการเกี่ยวข้องกับการใช้เหตุผลและความคิดมากกว่าการใช้ความรู้สึกในการเข้าใจปัญหาและสถานการณ์ที่ได้พบ สามารถสร้างความคิดรวบยอดใหม่ๆ ซึ่งบูรณาการสิ่งที่สังเกตได้เข้าไปในทฤษฎี ยึดการวางแผนอย่างมีระบบ และพัฒนาทฤษฎีและความคิดมาช่วยแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ลักษณะการทดลองปฏิบัติจริง (AE) เป็นการนำเอาแนวคิดทฤษฎีที่สรุปได้ไปใช้ในการตัดสินใจและแก้ปัญหา เป็นการแก้ปัญหาในเชิงปฏิบัติและคำนึงถึงเฉพาะสิ่งที่ทำไปแล้วได้ผลจริง เป็นการเรียนรู้จากการกระทำ

จากแนวคิดดังกล่าวนำไปสู่การแบ่งวิธีเรียนของผู้เรียนออกเป็น 4 แบบ โดยกำหนดจาก 2 แกน คือ แกนที่ 1 เป็นแกนความแตกต่างกันของขั้นที่ 1 และขั้นที่ 3 แทนด้วยแกน CE – AC แกน

ที่ 2 เป็นแกนความแตกต่างกันของขั้นที่ 2 และขั้นที่ 4 แทนด้วยแกน RO – AE ซึ่งเมื่อแกน 2 แกนตัดกัน จะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ควอดแรนท์ (Quadrant) ภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แบบการเรียนรู้ 4 แบบของคอล์ป

ที่มา : ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. (2546). การประเมินวิธีเรียนของผู้เรียน. ใน การประเมินผล การเรียนรู้แนวใหม่. สุวิมล ว่องวาณิช. บรรณาธิการ. หน้า 109.

1. แบบคิดนอกเนก้นัย (Divergent) เน้นการเรียนรู้ขั้นที่ 1 (CE) และขั้นที่ 2 (RO) มีความสามารถในการมองสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมได้หลายแง่มุม ใช้วิธีการสังเกตมากกว่าการลงมือปฏิบัติ ชอบคิดและแสดงออกด้วยการสร้างทางเลือกหลากหลาย ให้ความสนใจกับผู้คนและมีความสามารถในการสร้างจินตนาการ มักมีพื้นฐานด้านมนุษยศาสตร์และศิลปศาสตร์
2. แบบดูดซึม (Assimilative) เน้นการเรียนรู้ขั้นที่ 2 (RO) และขั้นที่ 3 (AC) มีความสามารถในการสรุปหลักการจากข้อมูลที่หลากหลายในลักษณะที่เป็นเหตุเป็นผล ให้ความสนใจกับผู้คนและประสบการณ์จริงค่อนข้างน้อย สนใจในหลักการเชิงนามธรรมมากกว่า และให้ความสำคัญกับความมีเหตุผลเชิงทฤษฎีมากกว่าการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ เป็นลักษณะของบุคคลด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน คณิตศาสตร์มากกว่าวิทยาศาสตร์ประยุกต์
3. แบบคิดเอกนัย (Convergent) เน้นการเรียนรู้ขั้นที่ 3 (AC) และขั้นที่ 4 (AE) มีความสามารถในการนำแนวคิดนามธรรมไปใช้ในการปฏิบัติ สามารถสรุปวิธีที่ถูกต้องที่สุดเพียงวิธีเดียวที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ชอบทำงานด้านเทคนิคและแก้ปัญหาต่างๆ มากกว่าการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น เป็นลักษณะของบุคคลที่อยู่ในสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ เช่น วิศวกร เป็นต้น

4. แบบปรับปรุง (Accommodative) เน้นการเรียนรู้ชั้นที่ 4 (AE) และชั้นที่ 1 (CE) สามารถที่จะเรียนรู้จากการลงมือกระทำ ชอบลงมือปฏิบัติ ชอบทดลอง จะทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่ต้องมีการปรับตัว ชอบการจัดการตามแผนที่วางไว้ให้สำเร็จ ชอบทำงานกับบุคคลอื่น เข้ากับคนได้ง่าย เป็นลักษณะของผู้ที่อยู่ในสาขาการบริหาร การตลาด เป็นต้น

3.5.2.2 แนวคิดทางตะวันออก

พระพุทธเจ้าได้กล่าวถึง จริต 6 หรือ จริยา 6 ว่าเป็นสภาวะจิตหรือนิสัยมนุษย์ เป็นความประพฤติซึ่งหนักไปทางใดทางหนึ่งอันเป็นปกติประจำอยู่ในสันดาน พื้นเพของจิต เป็นแบบหรือประเภทแห่งพฤติกรรมของคนซึ่งมีอยู่ 6 ประการ ดังนี้ (ปรีชา นันทาภิวัฒน์. 2544 : 3 – 4; อนุสรณ์ จันทพันธ์ และ บุญชัย โกศลนาคกุล. 2547 : 4 – 9)

ราคะจริต (ราคะจริยา) มีราคะเป็นปกติ โลหิตที่ดวงหทัยย่อมเป็นสีแดง ลักษณะของบุคคลราคะจริตจะมีบุคลิกดี ติดในความสวยความงาม ความไพเราะ ความอร่อย ชอบความโอ้อวด ภาควุฒิ ช่างจินตนาการ เพ้อฝัน ซึ่งมีจุดแข็ง คือ มีความประณีต อ่อนไหว ละเอียดอ่อน ช่างสังเกต มีบุคลิกหน้าตาเป็นที่ชื่นชอบ เก่งในการประสานงาน แต่มีจุดอ่อนคือ ไม่มีสมาธิ ไม่มีเป้าหมายในชีวิต ไม่มีความเป็นผู้นำ ขี้เกรงใจคน ขาดหลักการ พึ่งแก้ด้วยการพิจารณากรรมฐานคู่ปรับคือ อสุภกัมมัฏฐาน 10 และกายคตาสติ 1

โทสะจริต (โทสะจริยา) มีโทสะเป็นปกติ โลหิตที่ดวงหทัยย่อมเป็นสีดำ ลักษณะของบุคคลโทสะจริต คือ มีจิตที่ขุ่นเคือง โกรธง่าย ใจร้อนฉุนเฉียว หงุดหงิด พุดตรงไปตรงมา เจ้าระเบียบ เคร่งครัดกฎเกณฑ์มีจุดแข็งคืออุทิศตัวทุ่มเทให้กับการทำงาน มีระเบียบวินัยสูง ตรงต่อเวลา มีความจริงใจต่อผู้อื่น แต่จะมีจุดอ่อน คือ ไม่มีความเมตตา ไม่มีความคิดสร้างสรรค์ มีโรคภัยไข้เจ็บได้ง่าย จะพึงแก้ด้วยเจริญเมตตา กรรมฐานที่เหมาะสมคือ พรหมวิหาร 4 และวัณณกสิณ 4

โมหะจริต (โมหะจริยา) มีโมหะเป็นปกติ โลหิตที่ดวงหทัยเป็นสีหม่นหรือสีน้ำล้างเนื้อ ลักษณะของบุคคลโมหะจริต คือ เหมาซึม เงื่องง งมงาย ชอบหลงลืม สติไม่มั่นคง พุดจาพั้งแผลอ ผิดพลาด ไม่ค่อยโกรธใคร ไม่ชอบเข้าสังคม ไม่ชอบทำตัวเป็นจุดเด่น มีจุดแข็งคือ ไม่พุ้งซ่าน เข้าใจอะไรได้ง่ายชัดเจน ทำงานเก่งโดยเฉพาะงานประจำ แต่จะมีจุดอ่อน คือ ไม่มีความมั่นใจ มองตัวเองต่ำกว่าความจริง ไม่สนใจคนอื่น ไม่มีความเป็นผู้นำไม่ชอบเป็นจุดเด่น พึ่งแก้ด้วยการเรียนและถาม ฟังธรรม สันทนาธรรมตามกาลหรืออยู่กับครู กรรมฐานที่เกื้อกูลคือ อานาปานสติ 1

วิตกจริต (วิตกกังวล) มีวิตกเป็นปกติ โลหิตที่ดวงหทัยเป็นสีเหมือนน้ำเยื่อถั่วพุด ลักษณะของบุคคลวิตกจริต คือ ประพฤติหนักไปทางนึกคิด นึกพละน ตรึกตรองนึกคิด จับจด ฟุ้งซ่าน มีนิสัยวิตกชอบครุ่นคิด วิตกกังวล คิดฟุ้งซ่าน มองโลกในแง่ร้าย มีอัตราสูง คิดว่าตัวเองเก่ง ชอบผัดวันประกันพรุ่ง ซึ่งมีจุดแข็งคือ เป็นนักคิดระดับเยี่ยมยอด เป็นนักพูดที่เก่ง จูงใจคนได้ดี ละเอียดรอบคอบ แต่มีจุดอ่อน คือ มองจุดเล็ก ลืมภาพใหญ่เปลี่ยนแปลงความคิดตลอดเวลา ฟุ้งแกว่งด้วยสิ่งที่สะกดอารมณ์ เช่น การเจริญอานาปานสติ หรือเพ่งกสิณ

ศรัทธาจริต (ศรัทธาจริยา) มีศรัทธาเป็นปกติ โลหิตที่ดวงหทัยเป็นสีเหลืองอ่อน คล้ายสีดอกกรรณิการิ ลักษณะของบุคคลศรัทธาจริต คือ ประพฤติหนักไปทางมีจิตซาบซึ้ง ซึ่เน่บาน นุ่มใจเลื่อมใสโดยง่าย ชอบหลงเชื่อเขาง่ายโดยไม่สนใจว่าจากที่กล่าวมาดีหรือชั่วเป็นไปในทางบุญหรือบาป ยึดมั่นอย่างแรงกล้าในบุคคล หลักการ ความเชื่อเป็นคนจริงจัง พุดมีหลักการ มักหูเบา ซึ่งมีจุดแข็งคือ มีพลังจิตสูงและเข้มแข็ง พร้อมที่จะเสียสละเพื่อผู้อื่น มีลักษณะความเป็นผู้นำ แต่มีจุดอ่อน คือ หูเบา ความเชื่ออยู่เหนือเหตุผล ไม่ยอมรับความคิดที่แตกต่าง ฟุ้งแกว่งโดยชักนำไปในสิ่งที่ควรแก่การเลื่อมใสและความเชื่อที่มีเหตุผล เช่น พิจารณาอนุสติ 6 (พุทธานุสติ ธัมมานุสติ สังฆานุสติ สีลานุสติ จาคานุสติ และเทวตานุสติ) กล่าวถึงคุณพระพุทฺธ พระธรรม พระสงฆ์

พุทธิจริตหรือญาณจริต มีความรู้เป็นปกติ โลหิตที่ดวงหทัยย่อมเป็นสีขาว ลักษณะของบุคคลพุทธิจริต คือ ใช้ความคิดพิจารณา มีปัญญาเฉียบแหลมว่องไว เมื่อได้ยินได้ฟังอะไรก็จะจำความได้ รู้แจ้งแทงตลอดไปโดยเร็วเหมือนสีแก้วเจียรใน คิดอะไรเป็นเหตุเป็นผล และมองเรื่องต่างๆ ตามสภาพความเป็นจริง พร้อมรับความคิดที่แตกต่าง ใฝ่เรียนรู้ช่างสังเกต ซึ่งมีจุดแข็งคือ สามารถเห็นเหตุเห็นผลได้ชัดเจน และรู้วิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง พัฒนาตนเองอยู่เสมอ เป็นกัลยาณมิตร แต่จะมีจุดอ่อน คือ มีความเฉื่อย อาจเอาตัวไม่รอดเมื่อต้องเผชิญกับปัญหา ฟุ้งส่งเสริมแนะนำให้ใช้ความคิดในทางที่ชอบ เช่น พิจารณาไตรลักษณ์ ธรรมเนียมที่เหมาะสม คือ มรณานุสติ อุปสมานุสติ จตุธาตววัฏฐานและอาหาเรปฏิกูลสัญญา

จากการศึกษาเรื่องรูปแบบการเรียนรู้ทั้งแนวคิดทางตะวันตกและแนวคิดทางตะวันออก สามารถนำมาสรุปลักษณะที่ใกล้เคียงกันได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 สรุปความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทางตะวันตกและแนวคิดทางตะวันออก
โดยยึดรูปแบบการเรียนรู้ของกราส์ชาและไรช์แมน (Grasha and Reichman. 1975) เป็นหลัก

รูปแบบอื่น	รูปแบบการเรียนรู้ของกราส์ชา และ ไรช์แมน (Grasha and Reichman)					
	แข่งขัน	พึ่งพา	ร่วมมือ	หลีกเลี่ยง	มีส่วนร่วม	อิสระ
พระพุทธรูปเจ้า						
1. ราคะจิต					✓	
2. โทสจิต		✓				
3. โมหะจิต				✓		
4. วิตกจิต		✓				
5. ศรัทธาจิต					✓	
6. พุทธิจิต			✓			
คอล์ป (Kolbl)						
1. คิดอเนกนัย					✓	
2. ดุดซึม			✓			
3. คิดเอกนัย						✓
4. ปรับปรุง		✓				
วิทคิน และคณะ (Withkin et al.)						
1. พึ่งพิงสภาพแวดล้อม		✓				
2. ไม่พึ่งพิงสภาพแวดล้อม						✓
ริชาร์ด แมนน์ (Richard Mann)						
1. ยินยอม					✓	
2. วิตกกังวล		✓				
3. ทำใจ				✓		
4. อิสระ						✓
5. วิบุลย	✓					
6. ลอบยิง				✓		
7. แสวงหาความสนใจ					✓	
8. สงบเงียบ						✓

จากการสรุปรูปแบบการเรียนรู้หลายรูปแบบซึ่งเชื่อมโยงลักษณะที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการจำแนกรูปแบบของผู้เรียนตามแนวคิดของ กราชชา และ ไรช์แมน (Grasha and Reichman. 1975) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดได้ดังนี้

1. ผู้เรียนในกลุ่มแบบแข่งขัน แบบวีรบุรุษ ควรจัดให้มีโอกาสแสดงออกในการเรียนการสอน เนื่องจากต้องการการยอมรับในความสามารถจากผู้สอนและเพื่อนๆ
2. ผู้เรียนในกลุ่มแบบร่วมมือ แบบพุทธิจิต ควรส่งเสริมให้เรียนรู้โดยมีโอกาสดำเนินการ บรรยายภาค ปัญหาหรือประสบการณ์ที่แปลกใหม่ที่ต้องอาศัยการปรับตัว เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจโลกแห่งความเป็นจริงทั้ง 2 ด้านว่ามีทั้งสิ่งที่เราชอบและรังเกียจซึ่งเราจะต้องดำรงชีวิตอยู่กับสิ่งเหล่านี้
3. ผู้เรียนในกลุ่มแบบหลีกเลี่ยง แบบท้อใจ แบบลอบยิง จะไม่ชอบเข้าสังคมในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนจะต้องพยายามให้ความใกล้ชิดเป็นพิเศษ
4. ผู้เรียนในกลุ่มแบบมีส่วนร่วม แบบพุทธิจิต แบบแสวงหาความสนใจ และแบบพึ่งพิงสภาพแวดล้อม เป็นผู้เรียนที่ประพฤติหนักไปในทางใช้ความคิดพิจารณา ผู้สอนควรชี้แนะให้ใช้ความคิดในทางที่ชอบ ถูกต้องตามทำนองคลองธรรมและเป็นประโยชน์ ส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เป็นกลุ่ม
5. ผู้เรียนในกลุ่มแบบพึ่งพา แบบโมหะจิต แบบปรับปรุง และแบบวิตกกังวล ผู้สอนต้องจัดให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ส่งเสริมให้เกิดการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน
6. ผู้เรียนในกลุ่มแบบอิสระ แบบไม่พึ่งพิงสภาพแวดล้อม แบบคิดเอกลัคนัย ควรจะได้รับการจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะเนื้อหาเป็นปัญหาที่สามารถคิดหาคำตอบได้ด้วยตัวเอง

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าแต่ละบุคคลจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำมาปรับใช้ในการจัดการศึกษา ในการจัดการเรียนการสอนที่ตอบสนองแนวการจัดการศึกษาที่มองว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตามศักยภาพของตนเองนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องให้ความสำคัญในเรื่องรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน ควรมีข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนในเบื้องต้นเพื่อจะได้นำไปใช้ในการดำเนินการให้มีความสอดคล้องกับความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละบุคคล

3.5.3 กระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

การทำงานเป็นกลุ่ม

ความต้องการของมนุษย์ทั้งหลายมีส่วนหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความปรารถนาจะอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม ถ้ามีใครที่ต้องการอยู่อย่างโดดเดี่ยวไม่เกี่ยวข้องกับคนอื่นเลยแสดงให้เห็นว่าบุคคลนั้นเริ่ม

ปรับตัวบกพร่อง แม้แต่ในชั้นเรียนถ้าหากผู้สอนสังเกตเห็นผู้เรียนคนใดมีพฤติกรรมแยกตัวออกจากกลุ่ม ไปผู้สอนก็จำเป็นต้องให้ความสนใจใส่ดูแลเป็นพิเศษ การที่บุคคลมาอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มนั้นย่อมมีการกระทำกิจกรรมบางอย่างร่วมกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อการดำรงชีวิต เพื่อการแก้ไขปัญหา ดำเนินกิจกรรม การงานในหน้าที่ซึ่งได้รับมอบหมาย สิ่งที่น่าสนใจในกระบวนการกลุ่มเพื่อนำมาเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการทำงานเป็นกลุ่มสรุปได้ดังนี้ (คมเพชร จัตรศุภกุล. 2546 : 13 – 15)

1. บุคคลแต่ละคนจะมีความสามารถพิเศษในตนเอง ในกลุ่มที่ประกอบด้วยบุคคลจำนวนมากมักจะปรากฏว่าแต่ละคนจะมีลักษณะเด่นกันคนละอย่างตามความแตกต่างกัน ความสามารถพิเศษของแต่ละคนจะถูกนำมาใช้กับการดำเนินกิจกรรมของกลุ่มเพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกัน ซึ่งจะเป็นผลดีต่อประสิทธิภาพของการทำงานโดยส่วนรวม

2. ประสบการณ์ที่ได้รับจากกลุ่ม เมื่อบุคคลได้มีโอกาสมาอยู่ร่วมกับกลุ่ม พบปะกับบุคคลที่มีความรู้ความสามารถ มีประสบการณ์และทักษะในการทำงาน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้สมาชิกได้รับโอกาสในการพัฒนาตนเอง

3. บุคคลแต่ละคนจะมีอิทธิพลต่อกันและกันกลุ่มก็มีอิทธิพลต่อบุคคล ซึ่งสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากการที่บุคคลมาอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มคือ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลแต่ละคน ทุกคนมีโอกาสจะได้รับฟังความคิดเห็นของสมาชิกโดยทั่วไป ทำให้ตัวเองได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นผลดีต่อการดำเนินงานต่อไป นอกจากนี้บุคคลในฐานะสมาชิกของกลุ่มก็จะมีโอกาสแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อกัน ซึ่งความคิดบางอย่างก็จะมีประโยชน์ต่อกัน กระบวนการกลุ่มจะทำให้สมาชิกทั้งหลายเรียนรู้จากการให้และการรับ ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ควรปลูกฝังในสังคมประชาธิปไตย

4. กลุ่มจะช่วยส่งเสริมสมาชิกแต่ละคน การพัฒนาทัศนคติทางสังคมในทางที่ดีย่อมขึ้นอยู่กับกลุ่มที่บุคคลจะเข้าไปเกี่ยวข้อง ถ้าหากการเรียนรู้เป็นการรวมตัวของกลุ่มที่สมาชิกต่างมีความเข้าใจกันดีในการทำงานเป็นกลุ่ม ก็จะส่งผลต่อผู้เรียนได้เรียนรู้ทักษะทางสังคมไปด้วย

คุณค่าของกิจกรรมกลุ่ม

คมเพชร จัตรศุภกุล (2546 : 20 – 24) กล่าวถึงคุณค่าของกิจกรรมกลุ่มว่าประกอบด้วย 4 ด้าน โดยสรุปดังนี้

คุณค่าในด้านพัฒนาการ (Developmental Values) กิจกรรมกลุ่มจะสามารถสร้างพัฒนาการให้กับบุคคลในกลุ่มได้เป็นอย่างดี สามารถสนองความพึงพอใจของบุคคลที่มีความแตกต่างกันในด้านต่างๆ เช่น การสนองความต้องการพื้นฐานของบุคคล การสร้างพัฒนาการด้านอารมณ์และ

สังคม การพัฒนาการด้านทัศนคติ ความสนใจ ความสามารถในการดำรงชีวิตอยู่ในสังคม คุณค่าด้านอาชีพ รวมทั้งความเจริญงอกงามด้านความรู้และทักษะ

คุณค่าในด้านการวินิจฉัย (Diagnostic Values) เมื่อมีการทำกิจกรรมกลุ่มผู้นำกลุ่มจะมีโอกาสสังเกตสมาชิกในกลุ่มได้ สามารถให้คำปรึกษาหรือช่วยเหลือสมาชิกในกลุ่มที่มีปัญหาได้ ในกรณีการเรียนการสอนพฤติกรรมบางอย่างของผู้เรียนจะปรากฏออกมาให้เห็นอย่างชัดเจนในกลุ่ม แต่ถ้าหากผู้เรียนอยู่ตามลำพังอาจจะไม่แสดงออกให้วินิจฉัยพฤติกรรมได้ชัดเจน

คุณค่าในด้านการบำบัด (Therapeutic Values) ในสถานศึกษาที่ผู้เรียนมีปัญหาที่คล้ายคลึงกันอาจจะได้รับความช่วยเหลือจากผู้ให้คำปรึกษา โดยการให้คำปรึกษาแบบกลุ่ม (Group Counseling) แต่ในกรณีที่ผู้เรียนมีปัญหาเล็กน้อยก็อาจจะได้รับประโยชน์จากการร่วมกิจกรรมกลุ่มได้ เช่น กรณีที่ผู้เรียนมีปัญหาทางอารมณ์ เมื่อเข้าไปทำงานในกลุ่มอาจจะสามารถทำงานกับเพื่อนได้ดีขึ้น รู้จักการควบคุมอารมณ์ สร้างความพึงพอใจจากการติดต่อกับผู้อื่นได้ ซึ่งในการใช้กลุ่มเพื่อการบำบัดนั้นจะต้องมีการคัดเลือกบุคคลที่จะเป็นสมาชิกที่สามารถแสดงปฏิสัมพันธ์อย่างสร้างสรรค์

คุณค่าต่อโรงเรียนและชุมชน (Values to School and Community) การที่ผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่มจะทำให้มีโอกาสในการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆ ส่งผลให้เป็นบุคคลที่มีความสามารถและมีคุณค่า สร้างประโยชน์ให้แก่โรงเรียนและชุมชนได้ ซึ่งเป็นการแบ่งเบาภาระและความรับผิดชอบของโรงเรียน นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่างๆ ที่โรงเรียนได้รับจากกิจกรรมกลุ่มก็จะถูกนำไปปฏิบัติในสังคมนอกโรงเรียน ส่งผลต่อชุมชนในทางที่ดีได้อีกด้วย

3.5.4 การคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหา

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

อาร์ พันธ์มณี (2547 : 1 – 6) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถอย่างหนึ่งของมนุษย์ที่จะสังเกตเห็น รับรู้ เข้าใจ การมีปฏิริยาตอบสนองทุกคนมีศักยภาพของความคิดสร้างสรรค์แต่อาจแตกต่างกันในระดับของความมากน้อย สามารถพัฒนาได้ด้วยการสอน ฝึกฝน และการฝึกปฏิบัติที่ถูกต้อง ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่รวมการดึงประสบการณ์เดิมแล้วนำมาจัดให้อยู่ในรูปใหม่ตามลักษณะเฉพาะของแต่ละคน เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ เป็นความสามารถและจินตนาการประยุกต์ (Applied Imagination) ของมนุษย์ที่จะทำการประดิษฐ์คิดค้น นำไปสู่สิ่งใหม่ๆ เกิดผลผลิตใหม่ๆ ทางเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะความคิดนอกเนกนัย (Divergent Thinking) ที่ประกอบด้วยความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่องตัว

(Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดละเอียดละออ (Elaboration) กล่าวคือ เป็นลักษณะการคิดที่หาคำตอบหลายคำตอบในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า และ ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา (2546 : 8) ได้ให้ความสำคัญกับการคิดสร้างสรรค์ว่า คนที่มีความคิดสร้างสรรค์จะเป็นผู้ที่มีวิสัยทัศน์กว้างไกลในการแก้ปัญหาทั้งด้านกายภาพและด้านจิตใจ การศึกษาที่มุ่งผลิตคนจึงควรพัฒนาให้เกิดความสมดุลในคุณลักษณะ 2 รูปแบบ คือ คิดแบบเมื่อวันวาน (Yesterday mind) และคิดแบบวันพรุ่งนี้ (Tomorrow mind)

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process)

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ หมายถึง วิธีการคิดหรือกระบวนการทำงานของสมองอย่างเป็นขั้นตอนและสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ ซึ่งนักจิตวิทยา คือ จุงส์ ทอร์เรนซ์ วอนลาซ ออสบอร์น และ แอนเดอร์สัน (อาร์รี พันธมณี. 2547 : 6 – 11;อ้างอิงจาก Jungs. 1963; Torrance. 1965; Wallach. 1962; Osborn. 1957; & Anderson. 1957) ได้ศึกษาเรื่องกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) และกล่าวถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยให้ความหมายและแบ่งขั้นตอน สรุปได้ดังนี้คือ จุงส์ ได้กล่าวถึงวิธีการสร้างความคิดสร้างสรรค์ว่ามี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการคิดรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนการใช้วัตถุดิบ ขั้นตอนทำให้ว่าง ขั้นตอนยूरีกา และขั้นตอนวิพากษ์วิจารณ์ ทอร์เรนซ์มองความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และเรียกกระบวนการลักษณะนี้ว่ากระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยมีขั้นตอน 5 ขั้น คือ การค้นพบความจริง การค้นพบปัญหา การตั้งสมมติฐาน การค้นพบคำตอบ และยอมรับผลจากการค้นพบ วอนลาซ กล่าวถึงกระบวนการของความคิดสร้างสรรค์ว่าเกิดจากความคิดสิ่งใหม่ๆ โดยการลองผิดลองถูก โดยมีขั้นตอน 4 ขั้น คือ ขั้นเตรียม ขั้นความคิดคุกรุ่นหรือระยะพักตัว ขั้นความคิดกระจ่างชัด และขั้นทดสอบความคิดพิสูจน์ให้เห็นจริง และออสบอร์น ได้แบ่งกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 7 ขั้น คือ การชี้ถึงปัญหา การเตรียมและรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การใช้ความคิด การคิด การสังเคราะห์ และการประเมินผล ขณะที่แอนเดอร์สัน กล่าวถึงความแตกต่างของบุคคลว่าอยู่ที่ความคิดสร้างสรรค์และประสบการณ์เป็นสำคัญ และได้แบ่งกระบวนการด้านความคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 6 ขั้น คือ มีความสนใจ รวบรวมข้อมูลต่างๆ ไตร่ตรองถึงการวางแผนเกิดจินตนาการ สร้างจินตนาการให้ออกมาเป็นความจริง และรวบรวมความคิด

จากการให้ความหมายดังกล่าว อาร์รี พันธมณี (2547 : 12 – 13) ได้นำกระบวนการคิดสร้างสรรค์ของ จุงส์ ทอร์เรนซ์ วอนลาซ ออสบอร์น และ แอนเดอร์สัน มาเปรียบเทียบดังตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบกระบวนการคิดสร้างสรรค์ของจุงส์ ทอร์เรนซ์ วอนลาซ ออสบอร์น และ แอนเดอร์สัน

จุงส์ (Jungs)	ทอร์เรนซ์ (Torrance)	วอนลาซ (Wallach)	ออสบอร์น (Osborn)	แอนเดอร์สัน (Anderson)
รวบรวมข้อมูล	การค้นพบความจริง เริ่มมีความรู้สึกกังวล สับสนวุ่นวายขึ้นในใจ	ขั้นเตรียมการรวบรวม ข้อมูล	การชี้ปัญหา ระบุน ปัญหา การเตรียม และรวบรวมข้อมูล	สนใจและรู้สึกถึง ความต้องการของ จิตใจและสมอง รวบรวมข้อมูล
กระบวนการใช้วัสดุ ทบทวนและวิเคราะห์ ข้อมูล	การค้นพบปัญหา พิจารณาด้วยความ มีสติสัมปชัญญะถึง ความกังวล วุ่นวาย สับสน และพบว่า นั่นคือปัญหา	ขั้นความคิดคุกรุ่น ระยะวุ่นวายสับสน แก้ไขปัญหไม่ได้จึง ล้มเลิกชั่วคราวแต่ จริงๆ แล้วในจิต ได้สำนึกยังคงคิดอยู่	การวิเคราะห์ใช้ ความคิดคัดเลือก ข้อมูล	ไตร่ตรองถึงการ วางแผนโครงสร้าง และรูปแบบของงาน
ทำให้ใจกว้างคิดยัง ไม่ออก จึงล้มปัญหา ชั่วคราว แต่ปล่อยให้ จิตได้สำนึกของกลไก ความคิดทำงาน	การค้นพบคำตอบ ตั้งสมมติฐานและ รวบรวมข้อมูลเพื่อ ทดสอบสมมติฐาน	ขั้นความคิด กระจ่างขัด เรียบเรียงเชื่อมโยง ข้อมูลกับสิ่งต่างๆ ให้สัมพันธ์กัน เกิดเป็นภาพพจน์	การคิด และการทำ ให้ความคิด กระจ่างขึ้น	เกิดจินตนาการ
ยูริกา คิดคำตอบได้	การค้นพบคำตอบ พบคำตอบจากการ ทดสอบสมมติฐาน	ขั้นทดสอบและ พิสูจน์ให้เห็นจริง เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ ต่อไป	การสังเคราะห์ การ รวบรวมบรรจุขึ้นส่วน ต่างๆ เข้าด้วยกัน	สร้างจินตนาการและ แสดงผลให้เห็น ชัดเจน
วิพากษ์วิจารณ์ ประเมินความคิดที่ได้	การยอมรับผลจาก การค้นพบ ยอมรับ และเผยแพร่ผลที่ได้ อันเป็นแนวทางไปสู่ การค้นพบสิ่งใหม่ ต่อไป	นำผลที่ได้ไปใช้ต่อไป	การประเมินผล ประเมินสิ่งที่รวบรวม และคิดว่าถูกต้อง หรือไม่	รวบรวมความคิด และแสดงออกมาใน รูปของผลงาน

ที่มา : อารี พันธุ์มณี. (2547) : ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์. หน้า 12 – 13.

บรรยากาศที่ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

ซอมเมอร์ เดวิส สมิท และ ฮิลแดธ (อาร์วี พันธมณี. 2547 : 107 – 109; อ้างอิงจาก Sommer. 1970; Davis. 1972; Smith; & Hildreth. 1971) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ให้ได้ผลจริงนั้น จะต้องคำนึงถึงการจัดสภาพบรรยากาศ การจัดและเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์การสอนหรือสื่อการสอนประเภทต่างๆ กล่าวคือ สภาพบรรยากาศภายในสถานศึกษาและในห้องเรียนจะมีผลต่อการพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นใหม่ๆ แปลกๆ ของตนเอง โดยเฉพาะได้เต็มที่ ลักษณะของห้องเรียนที่มีคุณค่าในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์จะต้องจัดให้มีชั่วโมงว่างเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาทำงานอิสระในเวลาที่ต้องการ และสนับสนุนการทำงานเป็นกลุ่ม และสิ่งหนึ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษ คือ การจัดและเลือกสรรผู้สอน ทั้งผู้ที่ทำหน้าที่สอนโดยตรงและผู้ที่ทำหน้าที่ส่งเสริมการสอน ทั้งนี้เพราะองค์ประกอบที่จะพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอยู่ที่เทคนิคและวิธีการสอนของผู้สอนซึ่งมีวิธีการสอนเพียงบางวิธีเท่านั้น ผู้สอนจึงต้องพิจารณาเลือกวิธีการสอนที่กระตุ้น ส่งเสริม และพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น

ความหมายของปัญหาและปัญญา

ฉันทนา ภาคบังท (2547 : 10 – 14) กล่าวถึงปัญหาและปัญญาไว้ ปัญหา คือ ทุกข์ภาวะหรือสภาพที่ทนได้ยาก สภาวะที่บีบคั้น ขัดแย้ง บกพร่อง ไม่สมบูรณ์ ขาดความสมดุล ปัญหาที่เกิดขึ้นแบ่งได้ 3 ระดับ คือ ปัญหาระดับบุคคล ปัญหาระดับกลุ่ม และปัญหาระดับสังคม ในการทำงานใดๆ มนุษย์ย่อมมีโอกาสประสบกับปัญหาต่างๆ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกันไป และเมื่อใดที่เผชิญปัญหาคณเรามากจะมีทางออกที่แตกต่างกัน ในการที่จะแก้ปัญหาให้ได้ผลต้องเลือกกระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา และรู้จักนำความรู้มาใช้ และสำหรับปัญญา หมายถึง ความรู้ทั่วหรือรู้ชัด ได้แก่ ความเข้าใจ ความหยั่งรู้เหตุผล รู้ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล เป็นความรู้ที่สามารถนำมาใช้งานหรือแก้ปัญหา ทำให้รู้จักดำเนินชีวิตได้อย่างถูกต้องดีงาม เมื่อกล่าวถึงปัญญาก็มีความเกี่ยวข้องกับการคิด ถูกวิธีหรือการคิดแบบโยนิโสมนสิการ ตามธรรมชาติของคนทั่วไปสามารถแก้ปัญหาได้โดยประสบการณ์ ในการแก้ปัญหาทุกปัญหามันต้องผ่านกระบวนการคิดทั้งสิ้น โดยเฉพาะถ้าเป็นปัญหาที่ซับซ้อนจะต้องใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่ลึกซึ้ง และต้องใช้วิธีการวิจัยที่เหมาะสมจึงจะสามารถหาคำตอบเพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

ทักษะที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

มนัส บุญประกอบ และ วสันต์ ทองไทย (2547 : 73) ได้กล่าวว่า การที่บุคคลจะแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพนั้นควรมีทักษะในด้านต่างๆ คือ ทักษะ 6 ประการในการแก้ปัญหาซึ่งประกอบด้วย

นิยามภารกิจ (Task Definition) กลยุทธ์แสดงข้อมูล (Strategies) กำหนดแหล่งและเข้าถึง (Location of Access) ใช้ข้อมูล (Used for Information) สังเคราะห์ (Synthesis) และประเมินตัดสินกระบวนการ (Efficiency) และผลผลิต (Effectiveness) นอกจากนี้ยังมีทักษะที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเป็นอย่างยิ่ง คือ ทักษะการตัดสินใจ ซึ่งเป็นพฤติกรรมของบุคคลเมื่อต้องเผชิญหน้ากับทางเลือกที่กำลังรอคอยการตัดสินใจ จำเป็นต้องเลือกหนึ่งสิ่งจากหลายสิ่ง หากพบว่ามียุทธวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี เราก็จะตัดสินใจเลือกวิธีที่ดีที่สุดมาใช้

การแก้ปัญหาเชิงอนาคตตามแนวคิดของทอแรนซ์

ทอแรนซ์พัฒนากระบวนการคิดโดยเน้นการนำความคิดไปใช้ในให้เกิดประโยชน์สูงสุด กระบวนการคิดตามแนวคิดของทอแรนซ์เริ่มจากการคิดสร้างสรรค์ซึ่งพบว่าความสามารถในการคิดสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์นอกจากการมุ่งแก้ปัญหาแล้วยังสามารถมองผลระยะยาวในอนาคตได้อีกด้วย ในปี ค.ศ. 1974 ทอแรนซ์ได้พัฒนากระบวนการคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มุ่งแก้ปัญหาระยะยาว และเรียกกระบวนการคิดนี้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาเชิงอนาคต การแก้ปัญหาเชิงอนาคตตามแนวคิดของทอแรนซ์เป็นวิธีการที่ดีสำหรับการสร้างให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ พัฒนาให้เกิดทักษะในการติดต่อสื่อสาร การวิจัยและการทำงานเป็นทีม เป็นสิ่งที่ท้าทายและวัดความสามารถของผู้เรียนในการประยุกต์ใช้ข้อมูล ช่วยให้เรียนรู้ปัญหาบางอย่างที่มีความซับซ้อนที่ต้องเผชิญในสังคม การคิดแก้ปัญหาเชิงอนาคตเริ่มจากการรับรู้ถึงสถานการณ์ที่ยังไม่ปรากฏขึ้น แล้วนำเอาสภาพการณ์นั้นมาเข้าสู่ระบบการคิดแก้ปัญหาเพื่อค้นหาคำตอบที่แปลกใหม่ (ฐิติพร พิษณุกุล, 2547 : 29)

องค์ประกอบของการคิดแก้ปัญหาเชิงอนาคต

หงส์สุนีย์ เอื้อรักษา (ฐิติพร พิษณุกุล, 2547 : 29; อ้างอิงจาก หงส์สุนีย์ เอื้อรักษา, 2536 : 15 – 16) กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดแก้ปัญหาเชิงอนาคตว่าประกอบด้วย การรับรู้สถานการณ์ที่ยังไม่ได้เกิดขึ้นแล้วนำสภาพการณ์นั้นเข้ามาสู่กระบวนการคิดซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะการคิดพื้นฐานที่สำคัญ คือ การคิดคล่องแคล่ว การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม การจินตนาการ การคิดวิเคราะห์ การจัดอันดับความคิด
 2. การใช้ประโยชน์จากข้อมูล จากลักษณะการคิดแบบต่างๆ นำไปสู่การใช้ประสบการณ์
- กฎต่างๆ จากสถานการณ์ มีการรวบรวมข้อมูลจากการมองสภาพการณ์ที่แตกต่างกัน
3. การคิดแก้ปัญหาที่เป็นการคิดแก้ปัญหาแบบกลุ่ม และในขณะเดียวกันก็เป็นการ

พัฒนาลักษณะการคิดพื้นฐานและการคิดแก้ปัญหาเป็นรายบุคคลด้วย

ทักษะพื้นฐานในการแก้ปัญหาเชิงอนาคต

การแก้ปัญหาเชิงอนาคตจะอาศัยทักษะพื้นฐาน ได้แก่ เทคนิคการระดมสมอง การจัดลำดับความคิด เถลไถลและการตั้งเกณฑ์ การคิดวิเคราะห์โดยใช้ตาราง การใช้ตารางประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด การจินตนาการ และการจัดประเภทของปัญหา (ฐิติพร พิษณุกุล. 2547: 30 – 31; อ้างอิงจากกรมวิชาการ. 2544 : 21 – 22)

รูปแบบการแก้ปัญหาเชิงอนาคตตามแนวคิดของทอแรนซ์

รูปแบบการแก้ปัญหาเชิงอนาคตตามแนวคิดของทอแรนซ์เป็นรูปแบบการคิดที่เริ่มจากการรับรู้ถึงสถานการณ์ที่อาจปรากฏขึ้นในอนาคต แล้วเอาสภาพการณ์นั้นเข้ามาสู่ระบบการคิดแก้ปัญหา ประกอบด้วยระดับการคิด 3 ระดับ 6 ขั้นตอน ซึ่งมีการดำเนินการเป็นลำดับดังนี้ ระดับที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา คือ ขั้นที่ 1 การค้นหาปัญหา ขั้นที่ 2 การแยกแยะและระบุปัญหาที่มีความสำคัญ ระดับที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อแก้ปัญหา คือ ขั้นที่ 3 การระดมสมองเพื่อคิดหาวิธีการแก้ปัญหา ระดับที่ 3 การวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา คือ ขั้นที่ 4 การพัฒนาเกณฑ์ในการประเมินวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 การประเมินผลเพื่อคิดหาวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด และขั้นที่ 6 พัฒนาแผนปฏิบัติการการแก้ปัญหา (ฐิติพร พิษณุกุล. 2547: 33 – 34)

3.5.5 การเรียนการสอนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน

การสอนแบบเน้นการวิจัย (Research – Based Teaching) เป็นวิธีที่มีความสำคัญและจำเป็นมากในทุกระดับการศึกษา โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษาได้มีการวิจัยและพบว่าการสอนแบบเน้นการวิจัยกำลังเข้ามามีบทบาทและมีความสำคัญมากขึ้นในกระบวนการเรียนการสอนในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งแนวคิดหลักของการสอนที่เน้นการวิจัยเป็นฐานประกอบด้วย 2 ประการ คือ เนื้อหาที่เราได้มาจากการวิจัย และกระบวนการในการวิจัย กล่าวคือ เนื้อหาที่เราได้มาจากการวิจัย หมายถึง เนื้อหาที่ได้จากงานวิจัยต่างๆ ซึ่งมีคำตอบแล้วแต่ยังไม่แน่ใจ หรือยังสงสัย เมื่อยังไม่มีคำตอบก็จะมีคำถามทิ้งไว้ให้ผู้สอนสำหรับไปค้นคว้าวิจัยต่อไป สิ่งที่ได้จากผลการวิจัยจะเป็นคำตอบส่วนหนึ่งและนำไปสู่คำถามต่อไปอีกส่วนหนึ่ง กระบวนการในการวิจัย หมายถึง เมื่อผู้สอนนำคำตอบมาแล้วพยายามวิเคราะห์จนสามารถตั้งคำถามได้ และให้ผู้เรียนไปหาคำตอบเอง จะทำให้ผู้เรียนได้กระบวนการวิจัยไปด้วย (ไพฑูรย์ สินลารัตน์. 2546 : 1 – 7) บทบาทของผู้สอนที่สอนแบบเน้นการวิจัยสามารถสรุปได้ดังภาพประกอบ 6

รูปแบบ	1	2	3	4
แนวคิดพื้นฐาน	คำตอบ ↕ ฟัง	← →	← →	คำถาม ↕ หาเอง
เป้าหมาย	จำ/ทำ/ใช้	← (ข้อมูล/ ปัญหา / ผลการสอน →	← แสวงหา/ติดตาม →	คิด/ค้น/แสวงหา
วิธีสอน	บรรยาย Lecture	นำอภิปราย Publication	แนะนำ Practice	ให้คำปรึกษา Research
บทบาทผู้สอน	ผู้ปฏิบัติ (Operator)	← →	← →	ผู้จัดการ (Manager)

ภาพประกอบ 6 ภาพรวมการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการวิจัย

ที่มา : ไพฑูรย์ สินดารัตน์. (2546). การเรียนการสอนที่มีการวิจัยเป็นฐาน. หน้า 5.

รูปแบบที่ 1 มีเป้าหมายของการสอนเพื่อการนำความรู้ไปใช้ มุ่งให้ผู้เรียนจำ ทำและใช้ โดยผู้สอนจะนำการวิจัยมาบรรยายให้ผู้เรียนฟัง เป็นการตอบคำถามที่มีอยู่

รูปแบบที่ 2 ผู้สอนจะเป็นผู้นำผลการวิจัยจากที่วิจัยเอง หรือคิดค้นคว้ามาอภิปรายเพื่อแสวงหาความรู้และข้อมูลใหม่ๆ มุ่งการตั้งคำถามมากขึ้น

รูปแบบที่ 3 ผู้สอนจะมีบทบาทในการแนะนำให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติการวิจัย เพื่อมุ่งหาความรู้ใหม่มากขึ้น

รูปแบบที่ 4 ผู้สอนจะเป็นเพียงผู้จัดการ ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนในการทำวิจัยค้นคว้าด้วยตัวเอง

บทบาทผู้สอนที่สอนแบบเน้นการวิจัยนี้จะเริ่มตั้งแต่สเกลของผู้ปฏิบัติ และค่อยๆ เปลี่ยนสเกลเรื่อยไปจนถึงสเกลที่ 4 โดยผู้สอนเองต้องเพิ่มทักษะบางประการให้แก่ตัวเอง ได้แก่ ทักษะในการเก็บรวบรวมข้อมูล หาแหล่งข้อมูล และทักษะในการที่จะพัฒนาระบบแสวงหาความรู้ รวมทั้งทักษะทางด้านการวิจัย

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาเชิงอนาคต

3.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้

ชนวลทิพย์ สุชาติ (2532) ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบแบบการเรียนรู้ของนิสิตคณะศึกษาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา เลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) จำนวน 442 คน โดยใช้เครื่องมือ คือ แบบทดสอบวัดรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ตามแบบของไรช์แมน และกราช่า (Riechman and Grasha) ได้ข้อสรุปว่า ในภาพรวมนิสิตชอบรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมากที่สุด ($\bar{x} = 62.79$) และเมื่อจำแนกนิสิตตามวิชาเอกก็ได้ข้อมูลว่า นิสิตทุกวิชาเอกชอบรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมากที่สุดเช่นเดียวกัน ($\bar{x}_{\text{ภาษาไทย}} = 63.85$, $\bar{x}_{\text{ภาษาอังกฤษ}} = 63.13$, $\bar{x}_{\text{สังคมศึกษา}} = 62.45$, $\bar{x}_{\text{คณิตศาสตร์}} = 61.49$, และ $\bar{x}_{\text{วิทยาศาสตร์}} = 63.01$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รวีวรรณ อังคนุรักษ์พันธุ์ (2544) ที่ได้ศึกษาเรื่องรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิต สังกัดทบวงมหาวิทยาลัยส่วนภูมิภาค เลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้น จำนวน 335 คน สรุปว่าในภาพรวมนักเรียนชอบรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบร่วมมือมากกว่ารูปแบบอื่นๆ ($\bar{x} = 60.53$) และจากงานวิจัยของอรรถสิทธิ์ วชิรเมธี (2536) เรื่องรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดสุโขทัย เลือกตัวอย่างแบบสุ่มหลายขั้นตอน (Multi - stage Random Sampling) จำนวน 540 คน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ชอบรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบร่วมมือมากที่สุด ($\bar{x} = 60.18$) และเมื่อจำแนกตามระดับชั้นพบว่า นักเรียนแต่ละระดับก็ชอบรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือเช่นเดียวกัน ($\bar{x}_{\text{ม.1}} = 59.42$, $\bar{x}_{\text{ม.2}} = 60.24$ และ $\bar{x}_{\text{ม.3}} = 60.87$) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเรื่องรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือแบบวัดรูปแบบการเรียนรู้ของเดวิด คอลป์ (David Kolb) ซึ่งได้จำแนกรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนไว้ 4 แบบ คือ แบบไดเวอร์เจอร์ (Diverger) แบบแอสซิมิลเลเตอร์ (Assimilator) แบบคอนเวอร์เจอร์ (Converger) และแบบแอดคอมมอดเอเตอร์ (Accommodator) โดย แสงเดือน ทวีสิน; นงนุช ภัทราคร; และ ธันยวิธ วิเชียรพันธ์ (2545) ทำการวิจัยเรื่อง สไตล์การเรียนรู้ของนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาตรี เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้น

จำนวน 2,062 คน พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบคอนเวอร์เจอร์ (ร้อยละ 37.1) คือ ชอบการคิดเชิงนามธรรมที่ผสมผสานกับการทดลองและปฏิบัติ

3.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาเชิงอนาคต

สุภาวดี ตั้งบุปผา (2533) ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กรุงเทพมหานคร ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถ 7 ด้าน คือ ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ ความสามารถในการคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบและวิธีการคิด ความสามารถในการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในกรณีทั่วไป และความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลขหรือภาพเรขาคณิตหรือทรงเรขาคณิตหรือการจัดกระทำทางคณิตศาสตร์ ให้คะแนนเป็น 3 องค์ประกอบ คือ คะแนนความคล่องแคล่วในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดริเริ่ม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กรุงเทพมหานครโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น จำนวน 367 คน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.789 และ ทักษิณา เครือหงส์ (2540) ได้นำแบบทดสอบดังกล่าวมาใช้ในการทำวิจัยเรื่องผลของเขาวนปัญญา บุคลิกภาพ และความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 52 คน จากนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 ได้ข้อสรุปว่า มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ และมีค่าความคิดสร้างสรรค์ในด้านการตรวจสอบคำตอบและวิธีการคิดสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลจากงานวิจัยของสมบุญณ์ แซ่ภู (2525) เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ สมรรถภาพทางสัญลักษณ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 412 คน ที่พบว่าความคิดสร้างสรรค์กับผลการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ สุริยา ผลโพธิ์ (2528) ทำการวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกและความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างจำนวน 346 คน ซึ่งผลการวิจัยสรุปว่า ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกและความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งในวิชาอื่นๆ ก็พบว่า ความคิด

สร้างสรรค์มีผลในเชิงบวกเช่นเดียวกัน ดังที่ พจรินทร์ สิทธีวรชาติ (2539) ทำการวิจัยเรื่องผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต จำนวน 60 คน ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า นักศึกษาที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่านักศึกษาที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงและนักศึกษาที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำเมื่อเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นที่ระดับนัยสำคัญ .05

ดิลก ดิลกานนท์ (2534) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การฝึกทักษะการคิดเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยทดลองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 300 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 149 คน และกลุ่มควบคุม 151 คน ผลการทดลองสรุปได้ว่า นักเรียนที่ใช้แบบฝึกทักษะการคิดจะมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ใช้แบบฝึกทักษะการคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้และนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ดี ดังที่ ศศิรัศม์ ศรีขกานนท์ (2540) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ วิฑิตพร พิษณุกุล(2547) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการแก้ปัญหาเชิงอนาคตของนักศึกษาสถาบันราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยศึกษาจากนักศึกษาคณะครุศาสตร์ในขั้นตอนการศึกษานำร่อง จำนวน 344 คน ในขั้นการทดลอง จำนวน 315 คน ได้ผลสรุปว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงอนาคตของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นทุกหน่วยประสพการณ์ โดยกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงอนาคตภายหลังการฝึกอบรมของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มทดลองมีเจตคติต่อการแก้ปัญหาเชิงอนาคตในภาพรวมอยู่ในระดับมาก รวมทั้งความพึงพอใจในหลักสูตรฝึกอบรมดังกล่าวในภาพรวมก็อยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยสรุปได้ว่าการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดเป็นแนวคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้ ปัญญานิยมที่มีความเชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนรู้เป็นผู้ริเริ่ม เป็นผู้กระทำที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งเร้า หรือสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือกระทำให้เกิดขึ้น การรับรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับ ความสนใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งนั้นๆ การเรียนรู้จะเกิดจากการค้นพบ การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้ เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับความรู้เดิม ในการจัดการเรียนการสอนจะเน้นความสำคัญของผู้เรียน กล่าวคือ ผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจผู้เรียนเรื่องการคิด การสอนควรจะเริ่มจากประสบการณ์ที่ใกล้ตัวไป หาประสบการณ์ที่ไกลตัวของผู้เรียน การนำหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่วง อุดสาหกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการบูรณาการเนื้อหาที่สามารถนำมาปรับใช้สอนโดยได้โดยคำนึงถึง ลักษณะของผู้เรียนแต่ละคนในด้านต่างๆ ซึ่งในการดำเนินการครั้งนี้ผู้วิจัยจะได้ศึกษาผู้เรียนโดยใช้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง และวัดรูปแบบการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ตามแบบของไรซ์แมนและกราซา เพื่อนำมาจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนเป็น การสอนจากง่ายไปหายาก โดยใช้วิธีการวิธีการที่ใช้รูปธรรม วิธีการที่ใช้กิ่งสัญลักษณ์ และวิธีการที่ใช้ สัญลักษณ์ตามลำดับ รวมทั้งการให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนที่สร้างบรรยากาศในการ เรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความพร้อมในเบื้องต้น และสร้างความรู้สึที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ว่าไม่ยากเกินไปใน การที่จะเรียนรู้ ให้ผู้เรียนได้ทำโจทย์ปัญหาที่ง่ายๆ ก่อน เพื่อจะได้เกิดกำลังใจ

นอกจากนี้ในการเรียนการสอนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม โดยแสดงความคิดใน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในรูปแบบที่หลากหลาย นั่นคือ ผู้วิจัยจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ค้นหาคำตอบ ด้วยตนเองและเพื่อนๆ ในห้องเรียน โดยใช้ความรู้พื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์ และนำความรู้ดังกล่าวไปใช้ ในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่วงอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ซึ่งในการ จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดนี้ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่เป็นการเรียนการสอนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน กล่าวคือ เป็นการค้นหาความรู้ความจริงโดยจัดให้เป็นลักษณะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนและระหว่าง ผู้เรียนกับผู้สอนเพื่อนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีความสอดคล้องกับผู้เรียนซึ่งมี ความสำคัญยิ่งในการจัดการศึกษาปัจจุบัน สรุปได้ดังตาราง 7 และภาพประกอบ 7

ตาราง 7 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบหลักสูตร

หัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	องค์ประกอบหลักสูตร			
	วัตถุประสงค์	เนื้อหาสาระ	การจัดประสบการณ์การเรียนรู้	การประเมินผล
3.1 ความหมายของการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Carpenter; et. al. 2004: Online) – การเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญกับการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียนเอง ผู้สอนเป็นผู้เอื้ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ มีฐานคิด 2 ประการ คือ ความรู้เกี่ยวกับการคิดของผู้เรียนมีประโยชน์ต่อผู้สอน และการเชื่อมโยง ความรู้ความเข้าใจใหม่อย่างสมเหตุสมผลกับความรู้เดิมที่มีอยู่ ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ มีหลักการคือ 1. ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้เอง 2. เป็นระบบที่สนับสนุนผู้เรียนในการสร้างความรู้ 3. ควรมีลำดับหัวข้อในการเรียนรู้ 4. มีความสัมพันธ์กับปัญหาความเข้าใจในตัวผู้เรียน		✓	✓	
3.2 แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Franke; & Weishaupt. 1998 : Online; Fashola & Slavin. 1997 : Online) 1. เน้นการพัฒนาที่ตัวบุคคล ฝึกปฏิบัติจริง 2. ศึกษาธรรมชาติของผู้เรียน 3. ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกับผู้อื่น 4. สอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด มีความต่อเนื่องของเนื้อหา สามารถแก้ปัญหาและคิดอย่างสร้างสรรค์บนพื้นฐานความรู้เดิม			✓	

ตาราง 7 (ต่อ)

	องค์ประกอบหลักสูตร			
หัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	วัตถุประสงค์	เนื้อหาสาระ	การจัดประสบการณ์การเรียนรู้	การประเมินผล
3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Franke; & Weishaupt. 1998; Peterson, et. al. 1991) - ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน - ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผูกผันด้วยตัวเอง - ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้ - ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหของตนเอง และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ - ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปยุทธวิธีที่ได้จากการเรียนรู้ - ประเมินผลตามสภาพจริง		✓	✓	
3.4 บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน และบรรยากาศในชั้นเรียน (Hankes. 1998; Carpenter; et al. 1999; Peterson, et. al. 1991; ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ 2539; วิชัย วังษ์ใหญ่. 2543; นิเทศ สนั่นนารี. 2547) - สิ่งที่มีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้แก่ จุดประกาย ความพร้อมความสามารถ ความสนใจและประสบการณ์ของผู้เรียน - ลักษณะผู้สอนที่เอื้ออำนวยการเรียนรู้ คือ ฟังอย่างมีประสิทธิภาพ มีความจริงจัง มีคุณธรรม มีปฏิภาณไหวพริบและทักษะในการสื่อสาร - บทบาทผู้สอนของการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด - สร้างบทเรียนที่ออกแบบเพื่อการพัฒนาความเข้าใจ - นำเสนอปัญหาซึ่งเลือกมาอย่างเหมาะสมกับผู้เรียน - เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนด้วยตนเอง และส่งเสริมการเรียนรู้ - ซักถามผู้เรียนให้เกิดแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย - ช่วยผู้เรียนได้รับความเข้าใจจากการเรียนรู้ข้อผิดพลาดและแนวทางแก้ไขด้วยตนเอง - มีทักษะในการฟัง ส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้			✓	✓

ตาราง 7 (ต่อ)

หัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	องค์ประกอบหลักสูตร			
	วัตถุประสงค์	เนื้อหาสาระ	การจัดประสบการณ์การเรียนรู้	การประเมินผล
3.5 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด 3.5.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญานิยม (สุงรังค์ ไคว้ตระกูล. 2537) – เน้นความสำคัญของผู้เรียนที่จะต้องเป็นผู้ลงมือกระทำให้เกิดการเรียนรู้ขึ้น มีผู้สอนที่เข้าใจผู้เรียน – การสอนควรเริ่มจากประสบการณ์ที่ใกล้ตัวไปหาประสบการณ์ที่ไกลตัว – การเรียนรู้เกิดจากการค้นพบและเชื่อมโยง วิธีการที่ใช้มี 3 ขั้นตอน คือ วิธีการที่ใช้รูปธรรม กึ่งสัญลักษณ์ และใช้สัญลักษณ์ 3.5.2 รูปแบบการเรียนรู้ (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537; ปรีชา นันทาภิวัฒน์. 2544; ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546; มัณฑรา ธรรมบุญ. 2003; อนุสรณ์ จันทพันธ์ และ บุญชัย โกศลธนากุล. 2547) – ผู้เรียนแต่ละคนจะมีรูปแบบการเรียนรู้เฉพาะตัว ไม่มีผู้เรียนคนใดที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบใดแบบหนึ่งอยู่ตลอดเวลาแต่จะใช้หลายรูปแบบคาบเกี่ยวกัน รูปแบบที่ตนถนัดที่สุดจะถูกนำมาใช้มากกว่ารูปแบบอื่น – การศึกษารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแนวคิดทางตะวันตกและแนวคิดทางตะวันออก โดยยึดรูปแบบการเรียนรู้ของกราส์ชาและไรช์แมน (Grasha and Reichman. 1975) เป็นหลัก 3.5.3 กระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (คมเพชร ฉัตรศุภกุล. 2546) – แต่ละคนจะมีความสามารถพิเศษในตนเอง การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลทำให้ได้รับความรู้ ประสบการณ์เรียนรู้จากการให้และการรับ			✓ ✓ ✓	

ตาราง 7 (ต่อ)

หัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	องค์ประกอบหลักสูตร			
	วัตถุประสงค์	เนื้อหาสาระ	การจัดประสบการณ์การเรียนรู้	การประเมินผล
3.5.4 การคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหา (ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. 2546; จิตติพร พิษณุกุล. 2547; ฉันทนา ภาคบงกช. 2547; มนัส บุญประกอบ และ วสันต์ ทองไทย 2547; อารี พันธุ์มณี. 2547) – ทุกคนมีศักยภาพของความคิดสร้างสรรค์ที่อาจจะแตกต่างกัน สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ด้วยการสอนและการฝึกปฏิบัติที่ถูกต้อง สภาพบรรยากาศมีผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ – การแก้ปัญหาต้องรู้จักนำปัญญามาใช้ มีทักษะในการแก้ปัญหา ตัดสินใจเลือกวิธีที่ดีที่สุด การแก้ปัญหาเชิงอนาคตเริ่มจากการรับรู้ถึงสถานการณ์ที่อาจปรากฏขึ้นในอนาคต เอาสภาพการณ์นั้นเข้ามาสู่ระบบการคิดแก้ปัญหาซึ่งเป็นการคิดแก้ปัญหาแบบกลุ่มและรายบุคคล 3.5.5 การเรียนการสอนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน (ไพฑูรย์ สินลารัตน์. 2546) – การสอนที่เน้นการวิจัยเป็นฐานประกอบด้วยเนื้อหาที่เราได้มาจากการวิจัย และกระบวนการในการวิจัย โดยผู้สอนอาจจะนำการวิจัยมาบรรยายให้ผู้เรียนฟัง นำผลจากที่วิจัยเองมาอภิปราย แนะนำให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติการวิจัย และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนในการทำวิจัย			✓ ✓ ✓	

หัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	องค์ประกอบหลักสูตร	
3.1 ความหมายของการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Carpenter, et. al. 2004: Online) การเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญกับการคิดแก้ปัญหาด้วยตัวเองของผู้เรียน มีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม โดยมีผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนและเอื้ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ 3.2 แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Franke & Weishaupt. 1998 : Online; Fashola & Slavin. 1997 : Online) 1. เน้นการพัฒนาที่ตัวบุคคล ผูกปฏิบัติจริง 2. ศึกษาธรรมชาติของผู้เรียน 3. ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกับผู้อื่น 4. สอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด สามารถแก้ปัญหาและคิดอย่างสร้างสรรค์บนพื้นฐานความรู้เดิม	วัตถุประสงค์	
3.3 ขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Franke & Weishaupt. 1998; Peterson, et. al. 1991) 1. ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน 2. ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผูกฝนด้วยตัวเอง 3. ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้ 4. ผู้เรียนนำเสนอแนวทางแก้ปัญหา มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 5. ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปวิธีที่ได้จากการเรียนรู้ 6. ประเมินผลตามสภาพจริง	เนื้อหาสาระ	
3.4 บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน และบรรยากาศในชั้นเรียน (Hankes. 1998; Carpenter, et al. 1999; Peterson, et. al. 1991; ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2539; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543; นิเทศ สนั่นนารี. 2547) 1. ผู้เรียนมีวุฒิภาวะ ความพร้อม ความสามารถ ความสนใจ 2. ผู้สอนนำเสนอปัญหาที่เหมาะสม ให้แรงกระตุ้น ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนด้วยตนเอง ซักถาม ช่วยให้ให้เห็นข้อผิดพลาด 3. มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน	การประเมินผล	
3.5 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (คมเพชร ชัตรศุภกุล. 2546; ปรีชา นันทาภิวัฒน์. 2544; สุรางค์ ไควตระกูล. 2537; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537; ดวงมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546; มณฑิรา ธรรมบุศย์. 2003; ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. 2546; วิฑิตพร พิษณุกุล. 2547; ฉันทนา ภาคบังกช. 2547; ไพฑูรย์ สีนลารัตน์. 2546; มนัส บุญประกอบ และ วสันต์ ทองไทย 2547; อนุสรณ์ จันทพันธ์ และ บุญชัย โกศลนุกุล. 2547; อารี พันธุ์มณี. 2547) 1. การให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติ เรียนรู้จากการค้นพบและเชื่อมโยง โดยเริ่มจากประสบการณ์ที่ใกล้ตัวไปหาไกลตัว 2. การศึกษารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน 3. การเรียนรู้เป็นกลุ่มทำให้ได้รับความรู้และประสบการณ์ 4. การคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ 5. การคิดแก้ปัญหาแบบกลุ่มและรายบุคคล 6. การเรียนการสอนที่ผู้สอนใช้การวิจัยเป็นฐาน	การจัดประสบการณ์การเรียนรู้	

ภาพประกอบ 7 สรุปหัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่สัมพันธ์กับส่วนขององค์ประกอบหลักสูตร

4. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด มีแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบหลักสูตร ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

1.1 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของกลุ่มมัชฌิม (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537 : 29; วิเชียร อินทรสมพันธ์. 2546 : 74; อ้างอิงจาก Mcnenergy;& Herbert. 1998 : 145 – 146)

- 1.1.1 พัฒนาผู้เรียนตามความสามารถของแต่ละบุคคล
- 1.1.2 เรียนรู้จากประสบการณ์ที่ได้จากการกระทำ
- 1.1.3 รู้จักศักยภาพของตนเอง
- 1.1.4 เน้นการสร้างบูรณาการแห่งตน
- 1.1.5 ฝึกปฏิบัติจริงเพื่อให้เห็นข้อดี ข้อผิดพลาดและขีดจำกัด
- 1.1.6 มีความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 1.1.7 เน้นการเสนอทางเลือกให้ผู้เรียน

1.1 ความหมายของการบูรณาการ (วิเศษ ชินวงษ์. 2544; พูลสุข อุดม. 2540; สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. 2546; สุวิทย์ มูลคำ. 2547)

1.2.1 การเชื่อมโยงศาสตร์เพื่อสร้างความรู้และประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องกับความต้องการและความเหมาะสมของผู้เรียนเป็นสำคัญ

2. เนื้อหาสาระ

2.1 ความหมายของการบูรณาการ (วิเศษ ชินวงษ์. 2544; พูลสุข อุดม. 2540; สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. 2546; สุวิทย์ มูลคำ. 2547)

2.1.1 ศาสตร์สาขาวิชาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาเชื่อมโยงกัน

2.2 ประโยชน์ของหลักสูตรบูรณาการ (วิเชียร อินทรสมพันธ์. 2546; สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ. 2545; สำลี รักสุทธี; และคณะ. 2544:14 – 17)

2.2.1 เกิดการเรียนรู้แบบองค์รวม

2.2.2 ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ระยะเวลาเรียน และภาระงานของผู้สอน

2.3 การบูรณาการเนื้อหา (Glatthorn. 2000; ซีลี. 2540)

2.3.1 เชื่อมโยงความสัมพันธ์ภายในเนื้อหาวิชาเดียวและการรวมเนื้อหาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3.2 กำหนดหัวข้อหน่วยเนื้อหาให้มีความหมาย ยึดหยุ่นและสมดุล

2.4 ลักษณะวิชาคณิตศาสตร์ (ฉวีวรรณ เศรษฐมัลย์. 2545; สิริพร ทิพย์คง. 2545)

2.4.1 คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิดอย่างมีเหตุผล ใช้ในการคิดคำนวณและแก้ปัญหา

2.4.2 การสอนคณิตศาสตร์จะต้องศึกษาผู้เรียน สอนบนพื้นฐานความรู้เดิม เน้นการคิด ให้ออกาสอธิบายและแสดงเหตุผล ใช้คำถาม เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ที่เป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ขั้นสูง และนำไปใช้ในวิทยาการอื่นๆ

2.5 ความหมายของการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Carpenter; et. al. 2004: Online)

2.5.1 การเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

3. การจัดประสบการณ์การเรียนรู้

3.1 แนวคิดพื้นฐานในการบูรณาการหลักสูตร (สำลี รักสุทธี;และคณะ. 2544; ผจกญ โภจารย์ศรี. 2545; สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. 2546)

3.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่กำหนดประสบการณ์ วิธีการหาความรู้ ลำดับขั้นตอนในการเสนอสิ่งที่เรียนรู้

3.1.2 การพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนตามความสามารถ

3.1.3 การเรียนรู้จากการปฏิบัติและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกับผู้อื่น

3.1.4 การส่งเสริมแนะนำให้เกิดการเรียนรู้ ผู้สอนเป็นผู้เชื้ออำนวยการให้เกิดการเรียนรู้

3.2 ลักษณะวิชาคณิตศาสตร์ (ฉวีวรรณ เศรษฐมัลย์. 2545; สิริพร ทิพย์คง. 2545)

3.2.1 การศึกษาธรรมชาติและศักยภาพของผู้เรียน

3.2.2 การจัดกิจกรรมการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียน

3.2.3 การสอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดและความต่อเนื่องของเนื้อหา เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา เชื่อมโยงสื่อสารและคิดอย่างสร้างสรรค์

3.2.4 การสอนบนพื้นฐานความรู้เดิม เน้นการคิด ให้ออกาสอธิบายและแสดงเหตุผล ใช้คำถาม มีการโต้แย้ง นำเสนอแนวการเรียน จัดและสร้างบรรยากาศที่เหมาะสม

3.2.5 การสอนให้ผู้เรียนสามารถมีความสามารถ มั่นใจในการแก้ปัญหาในการเรียนคณิตศาสตร์ขั้นสูง และนำไปใช้ในวิทยาการอื่นๆ

3.3 แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Franke & Weishaupt. 1998 : Online; Fashola;& Slavin. 1997 : Online)

3.3.1 เน้นการพัฒนาที่ตัวบุคคล ฝึกปฏิบัติจริง

3.3.2 ศึกษาธรรมชาติของผู้เรียน

3.3.3 ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกับผู้อื่น

3.3.4 สอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด สามารถแก้ปัญหาและคิดอย่าง

สร้างสรรค์บนพื้นฐานความรู้เดิม

3.4 ขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดสรุปได้ดังนี้ (Peterson; et. al. 1991; Franke ;& Weishaupt. 2004)

3.4.1 ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน

3.4.2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ฝึกฝนด้วยตัวเอง

3.4.3 ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้

3.4.4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

3.4.5 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปยุทธวิธีที่ได้จากการเรียนรู้

3.4.6 ประเมินผลตามสภาพจริง

3.5 บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน และบรรยากาศในชั้นเรียน (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ 2539; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543; พระเทพเวที. 2535; Hanks. 1998; Carpenter; et al. 1999)

3.5.1 ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการทำงานเป็นกลุ่ม มีการอภิปรายและเสนอความคิดเห็นกับเพื่อนๆ ได้ลงมือกระทำการเรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้เป็นโครงสร้างแบบเปิดที่มีความยืดหยุ่นและหลากหลาย ตามวุฒิภาวะ ความพร้อม ความสามารถ ความสนใจและประสบการณ์ของผู้เรียน แนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละคนเป็นสิ่งที่มีความค่า ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้จากสิ่งที่ผิดพลาดของตนเองและเพื่อนๆ แต่ละคน การตรวจสอบความถูกต้องได้มาจากการพิสูจน์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เวลาในชั้นเรียนใช้ไปในการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนจะร่วมกันสะท้อนและอภิปรายตามความคิดของตนเอง

3.5.2 ผู้สอนสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยความจริงใจ ความเข้าใจและมีทักษะในการสื่อสาร มองผู้เรียนว่ามีความคิดและสามารถสร้างทฤษฎี และเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้เบื้องต้น

3.6 รูปแบบการเรียนรู้ (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. 2546; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537; อนุสรณ์ จันทพันธ์; และ บุญชัย โกศลธนากุล. 2547)

3.6.1 ศึกษารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน

3.7 กระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (คมเพชร ฉัตรสุภากุล. 2546)

3.7.1 ส่งเสริมให้สมาชิกพัฒนาตนเองจากประสบการณ์ที่ได้รับในกลุ่ม

3.7.2 ช่วยเหลือสมาชิกในกลุ่มที่มีปัญหา

3.8 การคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหา (ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. 2546; อารี พันธุ์มณี. 2547; อ้างอิงจาก Jungs. 1963; Torrance. 1965; Wallach. 1962; Osborn. 1957; Anderson. 1957; จิตติพร พิชญกุล. 2547; ฉันทนา ภาคบงกช. 2547; มนัส บุญประกอบ. 2547)

3.8.1 พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยการสอนและการฝึกปฏิบัติที่ถูกต้อง

3.8.2 มีทักษะในการแก้ปัญหา และตัดสินใจเลือกวิธีที่ดีที่สุด

3.8.3 คิดแก้ปัญหาทั้งแบบกลุ่มและรายบุคคลซึ่งมีความสัมพันธ์กับประสิทธิผลในการแก้ปัญหา

3.9 การเรียนการสอนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน (ไพฑูรย์ สินลารัตน์. 2546)

3.9.1 นำเนื้อหาและกระบวนการในการวิจัยมาใช้

3.9.2 แนะนำให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติการวิจัย

4. การประเมินผล

4.1 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตร

4.1.1 การประเมินผลตามสภาพจริง

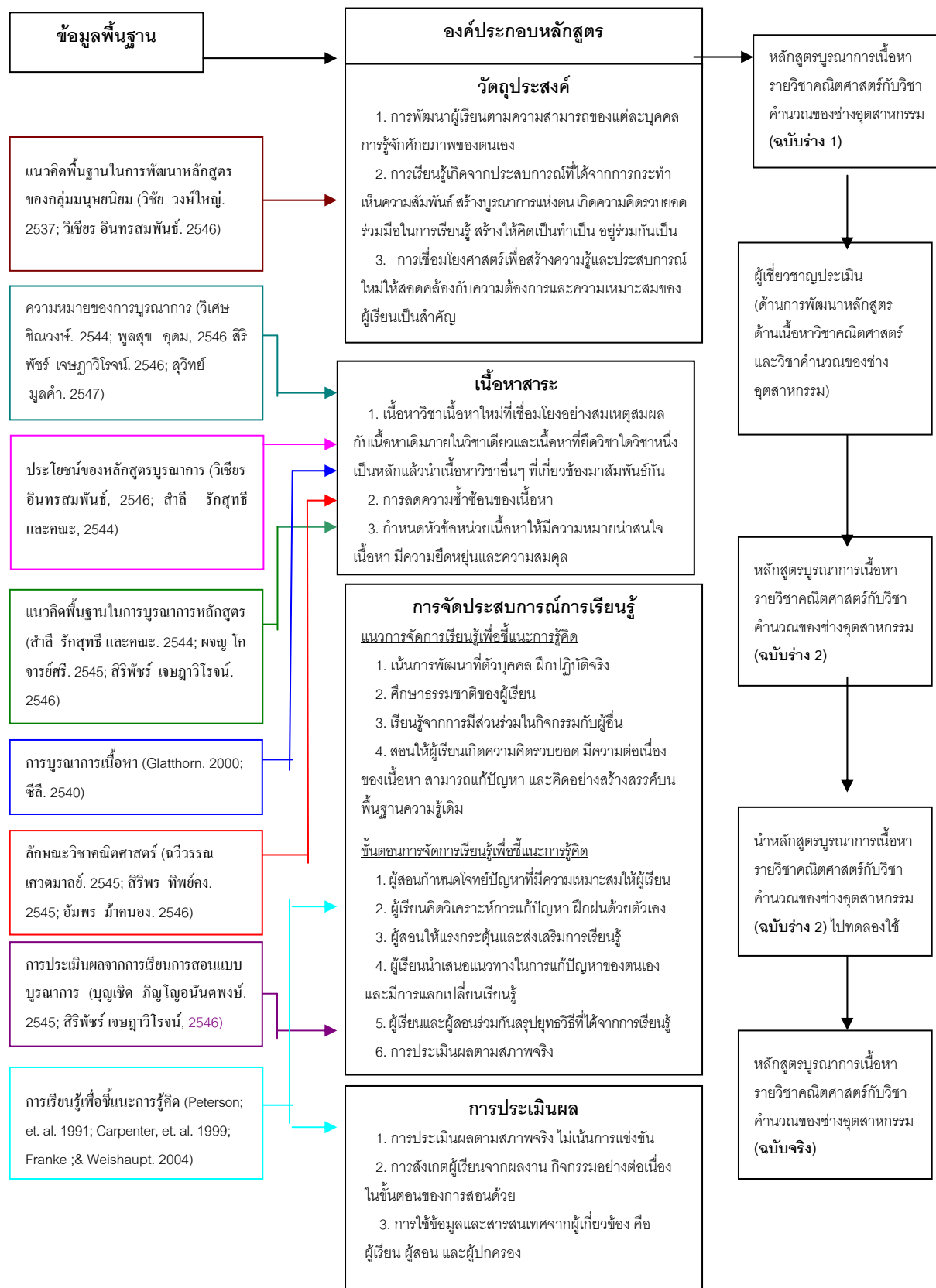
4.2 การประเมินผลจากการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2545)

4.2.2 กิจกรรมที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกวันในชั้นเรียน

4.2.3 การใช้ข้อมูลและสารสนเทศจากผู้เกี่ยวข้อง คือ ผู้เรียน ผู้สอน และผู้ปกครอง

4.3 บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน และบรรยากาศในชั้นเรียน (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ 2539; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543; พระเทพเวที. 2535; Hanks. 1998; Carpenter; et al. 1999)

4.3.1 การประเมินผลผู้เรียนจะอยู่ในขั้นตอนของการสอนด้วยการตั้งคำถาม สังเกต ผู้เรียนจากผลงานไม่เน้นการแข่งขัน



ภาพประกอบ 8 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี โดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ซึ่งเป็นลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) ประกอบด้วยการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ซึ่งขั้นตอนทั้ง 4 ขั้น สามารถสรุปได้ดังภาพประกอบ 9 และตาราง 8



ภาพประกอบ 9 ขั้นตอนการดำเนินงานการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของ
ช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

ตาราง 8 สรุปขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่าง
อุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ผลที่ได้
1. การสำรวจ ข้อมูลพื้นฐาน	– เพื่อทราบสภาพปัญหาในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม – เพื่อได้แนวทางในการแก้ไขปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	– ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมจากแผนกทะเบียน – ศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์จากนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอน – ศึกษารูปแบบการเรียนรู้ – ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	– ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม
2. การสร้าง หลักสูตร	– เพื่อจัดทำหลักสูตรโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมและจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด	– ศึกษาเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่จะนำมาใช้ในการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียดเพื่อดูความสัมพันธ์กับวิชาคณิตศาสตร์ – เชิญอาจารย์ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมและอาจารย์คณิตศาสตร์มาร่วมกันพิจารณาเนื้อหาวิชาแสดงความคิดเห็น และจัดทำหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม – ประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	– หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่นำไปใช้จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

ตาราง 8 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ผลที่ได้
3. การทดลอง ใช้หลักสูตร	– เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ – เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการเรียนรู้ของผู้เรียน	– นำหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรมไปทดลองใช้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด โดยมีการจัดห้องเรียนให้บรรยากาศในการเรียนรู้ศึกษารูปแบบการเรียนรู้สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนทดสอบผู้เรียนก่อนและหลังการใช้หลักสูตร	– ข้อมูลตามสภาพจริงจากการใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่นำไปใช้จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด
4. การปรับปรุง และแก้ไข หลักสูตร	– เพื่อปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรที่ได้พัฒนาขึ้น	– นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่พัฒนาขึ้น	– หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการเรียนการสอน

การดำเนินการทั้ง 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาข้อมูลโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบสภาพปัญหาและความต้องการในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมจากเอกสาร และผู้เกี่ยวข้อง คือ นักศึกษาช่างอุตสาหกรรม อาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรม และอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ รวมทั้งการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องแนวทางการพัฒนาหลักสูตร การบูรณาการเนื้อหาวิชา และจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ผู้วิจัยได้ดำเนินการเพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานได้ 8 เรื่อง ดังนี้

1.1 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากแผนกทะเบียน ฝ่ายวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) ของนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และหากแยกพิจารณาเป็นแผนกวิชาช่างพบว่า บางแผนกอยู่ในระดับต่ำ (ภาคผนวก ก หน้า 171)

1.2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากแผนกทะเบียน ฝ่ายวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมแต่ละแผนกวิชาช่างมีลักษณะเดียวกับวิชาคณิตศาสตร์ กล่าวคือ หากพิจารณาในภาพรวมจะอยู่ในระดับปานกลาง และหากแยกพิจารณาเป็นแผนกวิชาช่างพบว่าบางแผนกมีผลสัมฤทธิ์ทางเรียนอยู่ในระดับต่ำ เช่นเดียวกันกับวิชาคณิตศาสตร์ (ภาคผนวก ก หน้า 172)

1.3 การศึกษาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546 ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการซึ่งเป็นแบบสอบถามจากการศึกษางานวิจัยของ มนูญ ศีวารมย์ (2532) นิมนวล มีโย (2541) อเนก เตชะสุข (2542) และปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) มาปรับให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะของแบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป (ประกอบด้วยแผนกวิชาช่าง เกรดเฉลี่ยปัจจุบัน เกรดวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1) และตอนที่ 2 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) จำนวน 30 ข้อ ที่เกี่ยวกับความคิดเห็นที่เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ 5 ระดับคือ

เห็นด้วยมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
เห็นด้วยมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
เห็นด้วยปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
เห็นด้วยน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
เห็นด้วยน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

โดยผู้วิจัยได้นำไปหาคุณภาพเครื่องมือจากกลุ่มตัวอย่างย่อย คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา จำนวน 128 คน

ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.91 เมื่อนำเครื่องมือไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546 จำนวน 167 คนนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลในรูปค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน แปลความหมายค่าเฉลี่ยโดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้ (วิเชียร เกตุสิงห์. 2538 : 8 – 11)

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

สรุปได้ว่า นักศึกษามีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง มองเห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ว่าฝึกให้คิดอย่างมีระบบและตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ถ้าได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้แล้วคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก การเรียนรู้คณิตศาสตร์สามารถเข้าใจได้ง่าย เพราะมีขั้นตอน แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มั่นใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และไม่ชอบการถูกถามปัญหาคณิตศาสตร์จากคนรอบข้าง (ภาคผนวก ก หน้า 173)

1.4 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546 ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการเอง ลักษณะของแบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป (ประกอบด้วย แผนกวิชา เกรตเฉลี่ยปัจจุบัน เกรดวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และเกรดวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) และตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ใน 2 ระยะ คือ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานเดิมก่อนเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ประกอบด้วย การแก้สมการ ความสัมพันธ์ ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ความน่าจะเป็น ฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียล ฟังก์ชันลอการิทึม และฟังก์ชันตรีโกณมิติ) และเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ประกอบด้วย เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์ จำนวนเชิงซ้อน เรขาคณิตวิเคราะห์ ภาคตัดกรวย ลิ้มิตและความต่อเนื่อง อนุพันธ์ และปริพันธ์) มีมุมมอง 3 ด้าน คือ ความชอบ ความเข้าใจ และประโยชน์ที่ได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม โดยเก็บข้อมูลใน 2 รูปแบบ คือ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 42 ข้อ 5 ระดับคือ

เห็นด้วยมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
เห็นด้วยมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
เห็นด้วยปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
เห็นด้วยน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
เห็นด้วยน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

นอกจากนี้ยังมีคำถามปลายเปิดเพื่อแสดงความคิดเห็นเรื่องเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์อื่นๆ ที่คิดว่ามีความจำเป็นในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

โดยผู้วิจัยได้นำไปหาคุณภาพเครื่องมือจากกลุ่มตัวอย่างย่อย คือ นักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 140 คน ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.98 และเมื่อนำเครื่องมือไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546 จำนวน 227 คน นำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลในรูปค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน แปลความหมายค่าเฉลี่ยโดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้ (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538 : 8 – 11)

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับน้อยที่สุด

สรุปได้ว่า นักศึกษามองเห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ไม่เข้าใจวิชาคณิตศาสตร์มากนัก แต่ทราบว่าต้องนำไปใช้ในการเรียนวิชาอื่นๆ ในวิชาช่างของแต่ละแผนก โดยเฉพาะสำหรับเนื้อหาพื้นฐานเดิมก่อนเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ได้แก่ เรื่องการแก้สมการ พังก์ชันตรีโกณมิติ และเนื้อหาที่เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ได้แก่ เมตริกซ์ และดีเทอร์มิแนนต์ อนุพันธ์ ปริพันธ์ เป็นต้น (ภาคผนวก ก หน้า 174)

1.5 การศึกษารูปแบบการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2548 ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการ จากการศึกษางานวิจัยของ อรรถสิทธิ์ วชิรเมธี (2536) มัณฑนาธรรมบุศร์ (2544) รวีวรรณ อังคนุรักษ์พันธุ์ (2544) แสงเดือน ทวีสิน; นงนุช ภัทราคร และ ธัญวิช วิเชียรพันธุ์ (2545) มาปรับให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะของแบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม (ประกอบด้วย ชื่อ – สกุล เพศ แผนกวิชา ระดับ

การศึกษา และระดับชั้นเรียน) และตอนที่ 2 ความรู้สึก ความคิดเห็น และลักษณะการปฏิบัติที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ โดยเป็นการให้คะแนนตามลำดับที่เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ 4 ระดับคือ

เห็นด้วยมากที่สุด	ให้คะแนน 4 คะแนน
เห็นด้วยมาก	ให้คะแนน 3 คะแนน
เห็นด้วยน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
เห็นด้วยน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

จากนั้นหาคุณภาพเครื่องมือจากกลุ่มตัวอย่างย่อย คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2547 จำนวน 172 คน ได้ค่าความเชื่อมั่นแบบแข่งขัน ($r_{tt} = 0.77$) แบบร่วมมือ ($r_{tt} = 0.67$) แบบหลีกเลี่ยง ($r_{tt} = 0.80$) แบบมีส่วนร่วม ($r_{tt} = 0.56$) แบบพึ่งพา ($r_{tt} = 0.50$) และ แบบอิสระ ($r_{tt} = 0.56$) และนำเครื่องมือไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2548 ชั้นปีที่ 1 จำนวน 192 คน สรุปได้ว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมากที่สุด ($\bar{x} = 57.17$) รองลงมา คือ แบบมีส่วนร่วม ($\bar{x} = 53.03$) แบบพึ่งพา ($\bar{x} = 52.89$) แบบอิสระ ($\bar{x} = 49.88$) แบบแข่งขัน ($\bar{x} = 44.25$) และแบบหลีกเลี่ยง ($\bar{x} = 42.75$) ตามลำดับ (ภาคผนวก ก หน้า 175)

1.6 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของอาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546 ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเทปในการสัมภาษณ์อาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรมในปีการศึกษา 2546 จำนวน 18 คน โดยมีประเด็นคำถาม 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ให้สัมภาษณ์ (ประกอบด้วย ชื่อ - สกุล วุฒิการศึกษา ตำแหน่ง ประสบการณ์การสอน และวิชาที่สอน) และตอนที่ 2 ประเด็นการสัมภาษณ์ (ประกอบด้วย เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อครูคณิตศาสตร์ที่สอนและที่เป็นเพื่อนร่วมงาน ความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม และแนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม)

สรุปได้ว่าวิชาคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่มีความสำคัญในการเรียนสายช่างอุตสาหกรรมมาก ต้องนำไปใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของแต่ละช่าง การมีพื้นฐานคณิตศาสตร์ที่ดีจะทำให้การเรียนรู้ในวิชาคำนวณของช่างเป็นไปด้วยดี ครูคณิตศาสตร์มักเป็นคนเจ้าระเบียบแต่มีเหตุผล ครูจะมีผลต่อการตั้งใจเรียนของผู้เรียน การสอนคณิตศาสตร์ยังไม่เหมาะสม นักศึกษายังไม่สามารถ

ประยุกต์ใช้ได้ในวิชาคำนวณของช่าง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมเป็นไปในแนวทางเดียวกัน เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานของทุกแผนกช่าง แต่อย่างไรก็ตามแต่ละแผนกมีความต้องการเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน (ภาคผนวก ก หน้า 176 – 178)

1.7 การศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2542) ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์สำเนาเอกสารจากแผนกหลักสูตรและตำรา ฝ่ายวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี จำนวน 4 กลุ่มวิชา (8 หลักสูตร) คือ กลุ่มวิชาเครื่องกล (สาขาวิชาช่างยนต์) กลุ่มวิชาเทคโนโลยีการผลิต (สาขาวิชาช่างกลโรงงาน ช่างโลหะ ช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์) กลุ่มวิชาไฟฟ้า (สาขาวิชาช่างไฟฟ้า ช่างอิเล็กทรอนิกส์ และเทคนิคคอมพิวเตอร์) และกลุ่มวิชาโยธา (สาขาวิชาช่างก่อสร้าง) การศึกษาความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2547 โดยการสอบถามข้อมูลจากอาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรมในปีการศึกษา 2547 จำนวน 51 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม (ประกอบด้วย ชื่อ – สกุล แผนกวิชา วุฒิศึกษา ประสบการณ์การสอน และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่สอนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง) ตอนที่ 2 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมกับวิชาคณิตศาสตร์ และความคิดเห็นเกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมกับวิชาคณิตศาสตร์ และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ (ได้แก่ ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา อุปสรรคของการเรียนการสอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ผ่านมา รวมทั้งข้อแนะนำในการสืบค้นเอกสารเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม) สรุปได้ว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน (ได้แก่ พีชคณิต สมการ ตรรกศาสตร์) และคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ได้แก่ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ จำนวนเชิงซ้อน ฟังก์ชัน ภาคตัดกรวย ระบบพิกัดเชิงขั้ว ลิมิตและความต่อเนื่อง อนุพันธ์ ปริพันธ์) มีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม โดยเฉพาะเรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับแคลคูลัส (อนุพันธ์และปริพันธ์) เป็นเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงกับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ภาคผนวก ก หน้า 179)

1.8 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของ อาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากแบบสอบถามอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2546 จำนวน 5 คน โดยแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม (ประกอบด้วย ชื่อ – สกุล วุฒิการศึกษา ตำแหน่ง และประสบการณ์การสอน) และตอนที่ 2 มุมมองเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์

ประกอบด้วย ความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในสายช่างอุตสาหกรรมที่ผ่านมา และแนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์)

สรุปได้ว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์และวิชาชีพในระดับสูงต่อไป การให้นักศึกษาอ่านเนื้อหาแล้วทำความเข้าใจได้เองนั้นคงยากมาก เพราะเนื้อหาวิชามีลักษณะเป็นนามธรรม นอกจากการบรรยายแล้วควรเน้นด้านการถามตอบ เพื่อให้นักศึกษารู้จักคิดวิเคราะห์หาเหตุผล การสอนวิชาคณิตศาสตร์สายช่างอุตสาหกรรมจึงต้องเรียนรู้เกี่ยวกับศิลปะการตั้งคำถามในแต่ละหน่วยซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญยิ่ง การตั้งคำถามจะช่วยกระตุ้นความคิดของนักศึกษาให้มีความคิดอยากตอบคำถามนั้น นักศึกษาต้องใช้การสังเกต การวิเคราะห์และการเปรียบเทียบ ซึ่งจะช่วยทำให้เข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น รวมทั้งการสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น ครูควรต้องสอนสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม เน้นให้นักศึกษามีความละเอียดรอบคอบ ชยัน มีความซื่อสัตย์ มีความรับผิดชอบ ให้ช่วยเหลือเพื่อนซึ่งกันและกัน กระตุ้นให้นักศึกษาเห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ทำให้มีความรักอยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้นเป็นการช่วยให้นักศึกษาประสบความสำเร็จในการเรียนมากขึ้น นอกจากนั้นควรเพิ่มเวลาในการเรียนให้มากขึ้น (ภาคผนวก ก หน้า 180 – 181)

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ฉบับร่าง 1) ซึ่งมีแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบหลักสูตร ดังนี้

ขั้นตอนนี้เป็น การนำข้อมูลพื้นฐานจากขั้นตอนที่ 1 มาพิจารณากำหนดแนวทางในการพัฒนาหลักสูตร เริ่มจากการร่างหลักสูตร การสร้างหลักสูตร และการส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินหลักสูตร โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

2.1 การร่างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์) กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วงจรไฟฟ้า) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ในด้านเนื้อหาและเวลา

ผู้วิจัยได้นำผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากขั้นตอนที่ 1 มากำหนดหัวข้อเนื้อหา คณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) คือ หน่วยที่ 1 เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์ และหน่วยที่ 7 แคลคูลัส โดยกำหนดเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงในการนำไปใช้กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม แผนกวิชาช่างไฟฟ้า (วิชาวงจรไฟฟ้า) โดยให้ผู้เกี่ยวข้องคือ อาจารย์ช่างอุตสาหกรรม (คณะวิชาช่างไฟฟ้า) และอาจารย์คณิตศาสตร์ จำนวน 29 คน พิจารณาให้ความคิดเห็นในขั้นต้นด้านเนื้อหาและเวลา ผลสรุปคือ อาจารย์ส่วนใหญ่เห็นด้วยในด้านเนื้อหาและมีข้อเสนอแนะให้ปรับแก้ด้านเวลา (ภาคผนวก ข หน้า 183 – 185)

2.2 การสร้างหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ฉบับร่าง 1) ได้ดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คือ แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของกลุ่มมนุษยนิยม การบูรณาการเนื้อหา และการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบหลักสูตรดังนี้

2.2.1 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร ประกอบด้วย แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของกลุ่มมนุษยนิยม และการบูรณาการ

2.2.2 เนื้อหาสาระ เป็นการนำศาสตร์สาขาวิชาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกันทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจปัญหา สามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่าการเรียนรู้เฉพาะส่วนที่ขาดการเชื่อมโยง โดยมีลักษณะคือ เนื้อหาวิชาที่มีความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ภายในวิชาเดียว เนื้อหาของทุกวิชาที่มาอยู่ภายใต้หัวข้อเดียวโดยยึดวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลัก และนำเนื้อหาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมาเชื่อมโยง โดยมีการกำหนดหัวข้อหน่วยเนื้อหาการสอนให้มีความหมายน่าสนใจ เนื้อหาที่มีความยืดหยุ่นและความสมดุล

2.2.3 การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ได้ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ประกอบด้วย การเน้นการพัฒนาที่ตัวบุคคล ฝึกปฏิบัติจริง การศึกษาธรรมชาติของผู้เรียน การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกับผู้อื่น และการสอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด สามารถแก้ปัญหาและคิดอย่างสร้างสรรค์บนพื้นฐานความรู้เดิม

2.2.4 การประเมินผล ดำเนินการจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกวันในชั้นเรียนโดยอยู่ในขั้นตอนของการสอนด้วยการตั้งคำถาม สังเกตผู้เรียนจากผลงาน ไม่เน้นการแข่งขัน ใช้ข้อมูลและสารสนเทศจากผู้เกี่ยวข้อง คือ ผู้เรียน และผู้สอน (อาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์และอาจารย์ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม) ในการดำเนินการได้กำหนดดังนี้

หน่วยที่ 1 : ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า(บูรณาการทั้งหน่วย)

หน่วยที่ 7 : ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า (บูรณาการบางส่วน)

2.3 การประเมินหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ฉบับร่าง 1) โดยนำหลักสูตร (ฉบับร่าง 1) ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตร ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาคณิตศาสตร์ และผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมประเมินผล กำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญไว้ ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตรเป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาโทขึ้นไป และมีประสบการณ์ในการพัฒนาหลักสูตรอย่างน้อย 5 ปี

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาคณิตศาสตร์เป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษาดั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป และมีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของช่วงอุตสาหกรรมอย่างน้อย 5 ปี

3. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาคำนวณของช่วงอุตสาหกรรมเป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษาดั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป และมีประสบการณ์ในการสอนวิชาคำนวณของช่วงอุตสาหกรรมอย่างน้อย 5 ปี

ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินหลักสูตรจากการศึกษางานวิจัยของ ชาตรี มณีโกศล (2539) พูนสุข อุดม (2546) ศิริพร มโนพิเชษฐวัฒนา (2547) สมมาต บรรจงรัตน์ (2540) และ สุทธาสินี บุญญาพิทักษ์ (2545) ซึ่งประกอบด้วย การประเมินความเหมาะสมของส่วนประกอบหลักสูตร การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบหลักสูตร ผลจากการพิจารณาและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่ได้นำมาปรับปรุงหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่วงอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหา (ฉบับร่าง 2)

การประเมินความเหมาะสมของส่วนประกอบหลักสูตร สรุปผลในรูปของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำข้อมูลการตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาให้น้ำหนักเป็นคะแนนดังนี้

ระดับความคิดเห็นเหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
ระดับความคิดเห็นเหมาะสมมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
ระดับความคิดเห็นเหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
ระดับความคิดเห็นเหมาะสมน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
ระดับความคิดเห็นเหมาะสมน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

คำนวณค่าเฉลี่ยคะแนนความเหมาะสมจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ นำมาแปลความหมายโดยกำหนดดังนี้ (วิเชียร เกตุสิงห์. 2538 : 8 –11)

ค่าเฉลี่ยคะแนน 4.50 – 5.00	หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยคะแนน 3.50 – 4.49	หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับมาก
ค่าเฉลี่ยคะแนน 2.50 – 3.49	หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยคะแนน 1.50 – 2.49	หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยคะแนน 1.00 – 1.49	หมายถึง มีความคิดเห็นที่เหมาะสมระดับน้อยที่สุด

การประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบหลักสูตรและค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence หรือ IOC) จะนำผลการตอบของผู้เชี่ยวชาญมากำหนดเป็นคะแนนดังนี้ (พูนสุข อุดม. 2546 : 139 อ้างอิงจาก สำเริง บุญเรืองรัตน์. 2528 : 63 – 64)

มีความเห็นว่าสอดคล้อง ให้คะแนน +1

มีความเห็นว่าไม่แน่ใจ ให้คะแนน 0

มีความเห็นว่าไม่สอดคล้อง ให้คะแนน -1

ผู้วิจัยนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาคำนวณเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งค่าที่ยอมรับได้ คือ ค่าที่ไม่น้อยกว่า 0.50

ผลสรุปที่ได้ คือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 24 คน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตรบูรณาการเนื้อหา รายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 1) ว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (ภาพรวม $\bar{X} = 4.45$ และ $S.D. = 0.50$) และเห็นว่าหลักสูตรมีความสอดคล้อง (ภาพรวม $IOC = 0.89$) (ภาคผนวก ข หน้า 186 – 189)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหา รายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยนำหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหา (ฉบับร่าง 2) ที่ปรับปรุงแล้วไปดำเนินการ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ทดลองใช้ 1 ครั้งกับนักศึกษาในกลุ่มอื่นจำนวน 2 กลุ่มโดยผู้วิจัยและอาจารย์คณิตศาสตร์ (อาจารย์รุจิรา คงนุ้ย) เพื่อ ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้หลักสูตรสภาพจริง และระยะที่ 2 ได้นำหลักสูตรไปทดลองใช้จริงกับ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ในปีการศึกษา 2549 ภาคเรียนที่ 1 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และภาคเรียน ที่ 1 – 2 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทาง วงจรไฟฟ้า) โดยมีการศึกษารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน และการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เครื่องมือที่ใช้ คือ ใบงาน (หน่วยที่ 1 ใช้ใบงานที่ 1 – 13 และหน่วยที่ 7 ใช้ใบงานที่ 14 – 21) แบบทดสอบ (หน่วยที่ 1 ใช้แบบทดสอบ 1 – 5 และหน่วยที่ 7 ใช้แบบทดสอบ 6 – 10) แบบทดสอบ ก่อนเรียน – หลังเรียน โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบ One group Pre – test Post – test Design มีการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหา (ฉบับร่าง 2) ด้วยการทดสอบที่แบบกลุ่ม ตัวอย่างไม่อิสระจากกัน (t – test for Dependent Sample) และประมวลผลด้วยโปรแกรม SPSS (บทที่ 4 หน้า 124)

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์ กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ขั้นตอนนี้เป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองใช้หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา
คำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (ฉบับร่าง 2)
มาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะต่างๆ ได้แก่ การปรับจำนวนข้อในใบงานและแบบ
ทดสอบให้มีความเหมาะสมกับเวลา การสร้างชุดฝึกที่มีความง่ายในการเรียนรู้ก่อนทำใบงาน เป็นต้น
ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่าง
อุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหาและจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (ฉบับจริง) เพื่อการ
นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีความสอดคล้องกับผู้เรียนต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอตามขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตร 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ขั้นตอนที่ 2 ผลการสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ขั้นตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล โดยจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

ขั้นตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ขั้นตอนที่ 1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลปีการศึกษา 2540 – 2548 (ดำเนินการในปีการศึกษา 2546 – 2548) ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านนักศึกษา ด้านอาจารย์ และด้านเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตร การบูรณาการ และการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ด้านนักศึกษา ได้แก่ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ และรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์

2. ด้านอาจารย์ ได้แก่ การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของอาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรม ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่าง

อุตสาหกรรม และแนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม)

3. ด้านเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตร การบูรณาการ และการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

ผลการศึกษาได้ข้อสรุปว่า ควรพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในลักษณะที่ให้ผู้เรียนได้มองเห็นความต่อเนื่องของเนื้อหาคณิตศาสตร์พื้นฐานกับคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ขั้นตอนที่ 2 ผลการสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ผู้วิจัยนำผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากขั้นตอนที่ 1 มาพิจารณากำหนดแนวทางการพัฒนาหลักสูตร ในขั้นเริ่มต้นได้ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา และกำหนดหัวข้อเนื้อหาและเวลาของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วงจรไฟฟ้า) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล โดยให้ผู้เกี่ยวข้องคือ อาจารย์ช่างอุตสาหกรรม (ช่างไฟฟ้า) และอาจารย์คณิตศาสตร์ 29 คน ได้พิจารณาในด้านเนื้อหาและเวลา ปรับแก้หัวข้อเนื้อหาและเวลาตามคำแนะนำของผู้เกี่ยวข้อง และขอรับคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นได้สร้างหลักสูตร (ฉบับร่าง 1) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 24 คน ตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของหลักสูตร จากนั้นจึงปรับปรุงหลักสูตรให้เหมาะสม แล้วนำหลักสูตร (ฉบับร่าง 2) ไปทดลองใช้ในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 2) กำหนดโครงสร้างดังนี้

1. เนื้อหา ประกอบด้วย ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า จำนวนเชิงซ้อน เรขาคณิตวิเคราะห์ ภาคตัดกรวย ระบบพิกัดเชิงขั้ว ฟังก์ชัน ลิมิต และความต่อเนื่อง ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

2. เวลาเรียนและเวลาทดสอบประจำภาคเรียน 36 สัปดาห์

การกำหนดเนื้อหาและเวลาเรียนในภาพรวมตลอดหลักสูตร สรุปดังตารางที่ 9 สำหรับหน่วยที่ใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด คือ หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ใช้เวลาดทดลองหน่วยละ 6 สัปดาห์ $\times$ 3 คาบ $\times$ 60 นาที = 1,080 นาที (รวม 2 หน่วย ใช้เวลา 2,160 นาที มีรายละเอียดดังตารางที่ 10 – 11

ตาราง 9 เนื้อหาสาระสำคัญ เวลาเรียน และเวลาทดสอบประจำภาคเรียนของหลักสูตร (ฉบับร่าง 2)

เนื้อหา	สาระสำคัญ	เวลา
*หน่วยที่ 1 : ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า	ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและตัวแปรในวงจรไฟฟ้า การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ระบบสมการในวงจรไฟฟ้า	6 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 1,080 นาที
หน่วยที่ 2 : จำนวนเชิงซ้อน	การบวกการคูณจำนวนเชิงซ้อน การเปลี่ยนจำนวนเชิงซ้อนในรูปพิกัดฉากและรูปแบบอื่นๆ	3 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 540 นาที
หน่วยที่ 3 : เรขาคณิตวิเคราะห์	การหาระยะทาง ความเอียง ความชันของเส้นตรง สมการเส้นตรง	1 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 180 นาที
หน่วยที่ 4 : ภาคตัดกรวย	วงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา	2 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 360 นาที
หน่วยที่ 5 : ระบบพิกัดเชิงขั้ว	ความสัมพันธ์ของระบบพิกัดฉากและพิกัดเชิงขั้ว	3 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 540 นาที
หน่วยที่ 6 : ฟังก์ชัน ลิมิต และความต่อเนื่อง	การหาค่าของฟังก์ชัน การหาค่าของลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน	1 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 180 นาที
** หน่วยที่ 7 : ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า	อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ปริพันธ์ของฟังก์ชัน เทคนิคการหาค่าปริพันธ์ ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐาน การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า	16 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 2,880 นาที
เวลาเรียน (รวม)		32 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 5,760 นาที
เวลาทดสอบประจำภาคเรียน (กลางภาคและปลายภาค)		4 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 720 นาที
รวมเวลาทั้งหมด		36 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 6,480 นาที

หมายเหตุ * หน่วยที่ 1 บูรณาการและจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดทั้งหน่วย

** หน่วยที่ 7 บูรณาการและจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดบางหน่วยย่อย

ตาราง 10 เนื้อหาและเวลาของหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)

เนื้อหา	เวลา
หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า	1,080 นาที
1.1 นิยาม ประเภท และเมตริกซ์ในรูปแบบต่างๆ 1.1.1 นิยามของเมตริกซ์ 1.1.2 ชนิดของเมตริกซ์ 1.1.3 เมตริกซ์ในรูปของตรีโกณมิติ 1.1.4 เมตริกซ์ในรูปของตัวแปรทางวงจรไฟฟ้า	180 นาที
1.2 พีชคณิตของเมตริกซ์ 1.2.1 การเท่ากันของเมตริกซ์ 1.2.2 เมตริกซ์ทรานโพส 1.2.3 การบวกเมตริกซ์ 1.2.4 การคูณเมตริกซ์	180 นาที
1.3 ดีเทอร์มิแนนท์ 1.3.1 การหาค่าดีเทอร์มิแนนท์ 1.3.2 ดีเทอร์มิแนนท์กับตรีโกณมิติ	180 นาที
1.4 เมตริกซ์ผกผัน 1.4.1 ไมเนอร์ 1.4.2 โคแฟกเตอร์ 1.4.3 เมตริกซ์ผกผัน 1.4.4 การหาค่าของเมตริกซ์ผกผัน	180 นาที
1.5 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการเชิงเส้น 1.5.1 ระบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร 1.5.2 ระบบสมการเชิงเส้น 3 ตัวแปร	180 นาที
1.6 การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์ในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า 1.6.1 วิธีของเกาส์ 1.6.2 วิธีของคราเมอร์ 1.6.3 วิธีเมตริกซ์ผกผัน	180 นาที

ตาราง 11 เนื้อหาและเวลาของหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)

เนื้อหา	เวลา
หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า	1,080 นาที
7.1 อนุพันธ์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน 7.1.1 ความหมายของอนุพันธ์ 7.1.2 การหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต 7.1.3 การหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	360 นาที
7.2 ปริพันธ์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน 7.2.1 ความหมายของปริพันธ์ 7.2.2 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต 7.2.3 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	360 นาที
7.3 การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า 7.3.1 วงจรควบคุมเฟสเพื่อหาค่าแรงดันเฉลี่ย 7.3.2 การวิเคราะห์หอนุพันธ์ของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน/แบบอันดับ	360 นาที

3. การจัดประสบการณ์การเรียนรู้

จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่เน้นการพัฒนาที่ตัวบุคคล การฝึกปฏิบัติจริง มีการศึกษาธรรมชาติของผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกับผู้อื่น สอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด มีความต่อเนื่องของเนื้อหา สามารถแก้ปัญหาและคิดอย่างสร้างสรรค์บนพื้นฐานความรู้เดิม โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

- 3.1 ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน
- 3.2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ฝึกฝนด้วยตัวเอง
- 3.3 ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้
- 3.4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้
- 3.5 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปยุทธวิธีที่ได้จากการเรียนรู้
- 3.6 ประเมินผลตามสภาพจริง

4. การประเมินผล

ประเมินผลโดยใช้ข้อมูลและสารสนเทศจากผู้เรียน ผู้สอน วิชาคณิตศาสตร์ และผู้สอน วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมจากการทดสอบและการสังเกตผู้เรียน สรุปดังตารางที่ 12

ตาราง 12 การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) (ฉบับร่าง 2)

รายการ	คะแนน
1. บันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน	30 คะแนน
2. การสังเกตผู้เรียนจากผลงานและกิจกรรมอย่างต่อเนื่องในขั้นตอนของการสอนโดยใช้ข้อมูลและสารสนเทศจากผู้เรียน ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ และผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	20 คะแนน
3. การทดสอบ 3.1 ระหว่างการเรียนรู้ ประเมินผลจากการทำใบงาน 3.2 หลังจากจบการเรียนรู้ ประเมินผลจากแบบทดสอบ	50 คะแนน

ถ้าผู้เรียนไม่ผ่านการทำใบงาน การทดสอบ (คะแนนที่ได้ < 50%) ต้องกลับมาทบทวนและทดสอบนอกเวลาจนกว่าจะผ่านตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ผู้วิจัยนำหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 2) ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2549 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี โดยจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ซึ่งมีการศึกษาผู้เรียนก่อนการทดลองใช้หลักสูตรในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ผลการดำเนินการสรุปได้ดังตารางที่ 13 – 14

ตาราง 13 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1

สาขาวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549

รายการ	$\bar{X}$	S.D.
1. คณิตศาสตร์ฝึกให้คนคิดอย่างมีระบบ	3.94	0.93
2. การเรียนรู้คณิตศาสตร์จะสามารถเข้าใจได้ง่ายเพราะมีขั้นตอน	3.29	0.82
3. ข้าพเจ้าสนุกกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	3.13	0.81
4. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ก่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ	3.13	0.85
5. ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าวิชาอื่นๆ	2.87	0.92
6. การหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ยากและท้าทายความคิดเป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าชอบ	2.90	0.96
7. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ	3.16	1.10
8. ข้าพเจ้าสามารถเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ได้รวดเร็วกว่าวิชาอื่นๆ	2.81	1.01
9. ข้าพเจ้าสามารถตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าวิชาอื่นๆ	2.77	1.02
10. คณิตศาสตร์ช่วยให้การทำงานของข้าพเจ้ามีขั้นตอนดีขึ้น	3.03	0.91
11. ข้าพเจ้าไม่มีความสุขกับการคิดคำนวณที่ซับซ้อน	2.97	0.95
12. ข้าพเจ้าขยันทำแบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์เสมอ	2.81	1.11
13. ข้าพเจ้าไม่ชอบทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์	3.32	0.94
14. ข้าพเจ้ารู้สึกสบายใจเมื่อได้ทำงานที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์	2.71	1.10
15. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนสนุก	2.94	1.03
16. ข้าพเจ้าชอบทำแบบฝึกหัดวิชาอื่นมากกว่าคณิตศาสตร์	3.10	0.75
17. ข้าพเจ้ารู้สึกมั่นใจในการทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์เสมอ	2.74	0.89
18. ข้าพเจ้าชอบเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์อยู่เสมอ	2.97	0.98
19. คณิตศาสตร์ฝึกให้คนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล	3.39	0.84
20. ข้าพเจ้ามีความมั่นใจมากเมื่อมีการคิดคำนวณในวิชาต่างๆ ที่ต้องอาศัยคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน	2.97	0.91
21. ข้าพเจ้าชอบคิดถึงสิ่งที่อยู่รอบตัวให้เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์อยู่เสมอ	2.87	1.02
22. การช่วยเหลือเพื่อนให้สามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ได้นั้นเป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าปฏิบัติอยู่เสมอ	3.13	0.89
23. เมื่อเข้าสอบวิชาคณิตศาสตร์ ข้าพเจ้าจะรู้สึกเป็นกังวลเสมอ	2.61	1.17
24. ข้าพเจ้าคิดว่าควรลดชั่วโมงเรียนวิชาคณิตศาสตร์แล้วไปเพิ่มชั่วโมงเรียนวิชาอื่นแทน	3.32	1.05
25. เมื่อผู้สอนให้ออกไปทำกิจกรรมคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน ข้าพเจ้าจะรู้สึกกลัว	3.13	0.99
26. ข้าพเจ้าชอบตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์	2.97	1.08
27. ถ้าได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้แล้วจะพบว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก	3.06	1.06
28. ข้าพเจ้าไม่ชอบเมื่อถูกถามปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์จากคนรอบข้าง	3.19	0.95
29. คนเรียนคณิตศาสตร์เก่งชอบถือความเห็นของตนเองเป็นใหญ่โดยไม่มีเหตุผล	3.10	1.11
30. ข้าพเจ้าชอบนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเสมอ	3.00	1.10

จากตาราง 13 สรุปได้ว่า ผู้เรียนยังเห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ว่าว่าได้ฝึกให้คนคิดอย่างมีระบบ ตัดสินใจอย่างมีเหตุผล การเรียนรู้คณิตศาสตร์สามารถเข้าใจได้ง่ายเพราะมีขั้นตอนแต่อย่างไรก็ตามเมื่อผู้สอนให้ออกไปทำกิจกรรมคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียนจะรู้สึกกลัว และไม่ชอบเมื่อถูกถามปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์จากคนรอบข้าง ไม่มั่นใจในการทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ และจะรู้สึกเป็นกังวลเมื่อเข้าสอบวิชาคณิตศาสตร์

ตาราง 14 รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2549 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์	$\bar{X}$	S.D.
1. แบบแข่งขัน (Competitive)	41.16	6.61
2. แบบร่วมมือ (Collaborative)	59.87	10.09
3. แบบหลีกเลี่ยง (Avoidance)	37.84	9.69
4. แบบมีส่วนร่วม (Participant)	55.03	6.70
5. แบบพึ่งพา (Dependent)	56.32	5.32
6. แบบอิสระ (Independent)	50.00	9.58

จากตาราง 14 สรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมากที่สุด ($\bar{X} = 59.87$) รองลงมา คือ รูปแบบการเรียนรู้แบบพึ่งพา ($\bar{X} = 56.32$) รูปแบบการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ($\bar{X} = 55.03$) รูปแบบการเรียนรู้แบบอิสระ ($\bar{X} = 50.00$) รูปแบบการเรียนรู้แบบแข่งขัน ($\bar{X} = 41.16$) และรูปแบบการเรียนรู้แบบหลีกเลี่ยง ($\bar{X} = 37.84$) ตามลำดับ

ผู้วิจัยได้ทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 2) ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ คือ ใบงานและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบ One group Pre – test Post – test Design และในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 2) ด้วยการทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระจากกัน (t – test for Dependent Sample) ซึ่งในการดำเนินการได้สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนโดยผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมและผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ และศึกษาความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ ผลการดำเนินการสรุปได้ดังตารางที่ 15 – 21

ตาราง 15 คะแนนรวมใบงาน 1 – 13 ของหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และใบงาน 14 – 21 ของหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549

เลขที่	หน่วยที่ 1 (ใบงาน 1 – 13)		หน่วยที่ 7 (ใบงาน 14 – 21)	
	คะแนน (510)	ร้อยละ	คะแนน (400)	ร้อยละ
1	418	81.96	328	82.00
2	417	81.76	294	73.50
3	381	74.71	267	66.75
4	486	95.29	334	83.50
5	474	92.94	332	83.00
6	455	89.22	328	82.00
7	465	91.18	328	82.00
8	402	78.82	259	64.75
9	440	86.27	310	77.50
10	394	77.25	270	67.50
11	434	85.10	293	73.25
12	396	77.65	259	64.75
13	394	77.25	274	68.50
14	401	78.63	286	71.50
15	394	77.25	269	61.25
16	312	61.18	–	0.00
17	396	77.65	304	76.00
18	415	81.37	281	70.25
19	406	79.61	320	80.00
20	468	91.76	317	79.25
21	390	76.47	294	73.50
22	409	80.20	287	71.75
23	386	75.69	304	76.00
24	280	54.90	262	65.50
25	209	40.98	–	0.00
26	425	83.33	290	72.50

ตาราง 15 (ต่อ)

เลขที่	หน่วยที่ 1 (ใบงาน 1 – 13)		หน่วยที่ 7 (ใบงาน 14 – 21)	
	คะแนน (510)	ร้อยละ	คะแนน (400)	ร้อยละ
27	348	68.24	274	68.50
28	219	42.94	–	0.00
29	425	83.33	289	72.25
30	315	61.76	–	0.00
31	350	68.63	267	66.75
32	409	80.20	291	72.75
33	194	38.04	–	0.00

ตาราง 16 คะแนนรวมแบบทดสอบ 1 – 5 ของหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์ กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และแบบทดสอบ 6 – 10 ของหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549

เลขที่	หน่วยที่ 1 (แบบทดสอบ 1 – 5)		หน่วยที่ 7 (แบบทดสอบ 6 – 10)	
	คะแนน (150)	ร้อยละ	คะแนน (150)	ร้อยละ
1	117	78.00	104	69.33
2	121	80.67	105	70.00
3	111	74.00	102	68.00
4	144	96.00	127	84.67
5	137	91.33	124	82.67
6	127	84.67	123	82.00
7	143	95.33	121	80.67
8	122	81.33	91	60.67
9	131	87.33	127	84.67
10	112	74.67	104	69.33
11	131	87.33	108	72.00
12	127	84.67	94	62.67
13	105	70.00	101	67.33

ตาราง 16 (ต่อ)

เลขที่	หน่วยที่ 1 (แบบทดสอบ 1 – 5)		หน่วยที่ 7 (แบบทดสอบ 6 –10)	
	คะแนน (150)	ร้อยละ	คะแนน (150)	ร้อยละ
14	112	74.67	105	70.00
15	117	78.00	99	66.00
16	93	62.00	21	14.00
17	128	85.33	95	63.33
18	125	85.33	104	69.33
19	123	82.00	101	67.33
20	142	94.67	119	79.33
21	120	80.00	100	66.67
22	124	82.67	102	68.00
23	125	83.33	109	72.67
24	114	76.00	91	60.67
25	37	24.67	–	0.00
26	126	84.00	114	76.00
27	121	80.67	97	64.67
28	54	36.00	21	14.00
29	130	86.67	113	75.33
30	122	81.33	–	0.00
31	112	74.67	98	65.33
32	140	93.33	108	72.00
33	25	16.67	–	0.00

ตาราง 17 คะแนนก่อนเรียน – หลังเรียนหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549

เลขที่	หน่วยที่ 1		หน่วยที่ 7	
	ก่อนเรียน (60)	หลังเรียน (60)	ก่อนเรียน (60)	หลังเรียน (60)
1	22	55	13	37
2	30	52	15	37
3	24	35	18	37
4	25	54	18	57
5	24	56	18	58
6	20	35	18	58
7	27	58	20	57
8	24	36	12	32
9	37	54	19	48
10	22	35	15	44
11	28	36	17	38
12	25	43	11	34
13	29	36	17	36
14	21	38	16	36
15	30	37	15	38
16	–	–	2	–
17	21	55	16	45
18	24	52	13	38
19	22	51	17	46
20	36	58	15	55
21	20	36	14	36
22	34	53	11	48
23	21	44	10	51
24	20	54	12	37
25	–	–	–	–
26	33	49	18	40
27	21	31	14	39
28	19	–	7	–
29	26	49	11	36
30	23	35	–	–
31	34	40	13	39
32	35	52	16	39
33	–	–	–	–

ตาราง 18 ค่า t – test คะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549

คะแนน	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	26.14	5.37	-11.78**	0.00
หลังเรียน	45.48	8.94		

** p < .01

ตาราง 19 ค่า t – test คะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549

คะแนน	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	15.07	2.76	-19.88**	0.00
หลังเรียน	42.71	8.13		

** p < .01

จากตาราง 18 – 19 สรุปว่า หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหา (ฉบับร่าง 2) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหา (ฉบับร่าง 2) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 20 ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1

แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549
 โดยผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์บูรณาการ หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์
 กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของ
 แคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และผู้สอนวิชาวงจรไฟฟ้า

เลขที่	ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์		ผู้สอนวิชาวงจรไฟฟ้า	
	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1	24.44	67.90	23.13	64.24
2	24.44	67.90	19.00	52.78
3	24.89	69.14	22.25	61.81
4	26.89	74.69	26.50	73.61
5	26.00	72.22	25.50	70.83
6	26.22	72.84	23.50	62.28
7	26.00	72.22	23.38	64.93
8	21.33	59.26	20.38	56.60
9	26.00	72.22	23.25	64.58
10	19.67	54.63	16.38	45.49
11	24.44	67.90	19.38	53.82
12	20.89	58.02	15.75	43.75
13	19.89	55.25	20.75	57.64
14	19.67	54.63	18.50	51.39
15	19.89	55.25	20.75	57.64
16	20.00	55.56	15.38	42.71
17	22.11	61.42	26.63	73.96
18	24.44	67.90	20.25	56.25
19	24.33	67.59	26.50	73.61
20	25.78	71.60	26.38	73.26
21	22.33	62.04	19.88	55.21
22	25.33	70.37	25.50	70.83
23	24.44	67.90	25.63	71.18
24	17.22	47.84	13.38	37.15
25	12.00	33.33	1.38	3.82

ตาราง 20 (ต่อ)

เลขที่	ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์		ผู้สอนวิชาวงจรไฟฟ้า	
	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
26	25.89	71.91	21.00	58.33
27	24.44	67.90	19.38	53.82
28	16.78	46.60	2.25	6.25
29	23.11	64.20	25.38	70.49
30	21.56	59.88	9.00	25.00
31	19.11	53.09	18.00	50.00
32	26.89	74.69	22.25	61.81
33	12.44	34.57	0.00	0.00

ภายหลังจากการที่ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจนครบหน่วยเรียนแล้ว ผู้วิจัยได้ศึกษาความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549 ผลสรุปดังตารางที่ 21

ตาราง 21 ความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ปีการศึกษา 2549

เนื้อหาวิชา	ความชอบ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
เนื้อหาพื้นฐานเดิมก่อนเรียนระดับ ปวส.						
1. การแก้สมการ	3.31	0.93	3.08	1.06	3.35	1.13
2. ความสัมพันธ์	3.28	1.06	2.96	1.21	2.96	1.02
3. ทฤษฎีบทพีทาโกรัส	3.13	0.99	2.67	0.87	2.75	1.03
4. ความน่าจะเป็น	3.65	1.11	3.09	1.23	3.45	1.14
5. ฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียล	3.00	1.02	2.48	1.03	3.27	1.08
6. ฟังก์ชันลอการิทึม	2.83	1.01	2.61	0.99	3.08	1.02
7. ฟังก์ชันตรีโกณมิติ	3.27	1.19	2.92	1.03	3.27	1.15
ภาพรวม	3.22	0.85	2.80	0.92	3.15	0.94

ตาราง 21 (ต่อ)

เนื้อหาวิชา	ความชอบ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
เนื้อหาพื้นฐานเดิมก่อนเรียนระดับ ปวส.						
เนื้อหาที่เรียนในระดับ ปวส.						
1. เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์	3.92	1.02	3.77	1.37	3.50	1.21
2. จำนวนเชิงซ้อน	3.28	1.02	3.04	0.94	3.08	0.95
3. เรขาคณิตวิเคราะห์	3.23	1.07	3.00	0.98	3.08	1.09
4. ภาคตัดกรวย	3.08	1.26	2.60	1.08	2.76	1.01
5. ลิมิตและความต่อเนื่อง	3.08	1.09	2.42	0.86	2.96	1.00
6. อนุพันธ์	3.35	1.02	2.77	1.11	3.31	1.05
7. ปริพันธ์	3.19	1.23	2.44	1.00	3.23	1.28
ภาพรวม	3.31	0.88	2.86	0.88	3.13	0.92

จากตารางที่ 21 สรุปได้ว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความชอบเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และมองเห็นประโยชน์ในการนำไปใช้อยู่ในระดับปานกลาง แต่ในด้านของความเข้าใจจะอยู่ในระดับน้อย และปานกลาง เมื่อแยกพิจารณาตามพื้นฐานเดิมก่อนเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พบว่าความชอบอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ เรื่องการแก้สมการ ความสัมพันธ์ ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ฟังก์ชันลอการิทึม และฟังก์ชันตรีโกณมิติ ขณะที่เรื่องความน่าจะเป็นอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาความชอบเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พบว่าผู้เรียนมีความชอบเรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์อยู่ในระดับมาก ในขณะที่เนื้อหาอื่นๆ อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ จำนวนเชิงซ้อน เรขาคณิตวิเคราะห์ ภาคตัดกรวย อนุพันธ์ และปริพันธ์ ผลการพิจารณาด้านความเข้าใจมีเนื้อหาที่ผู้เรียนยังมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องลิมิตและความต่อเนื่อง และปริพันธ์อยู่ในระดับน้อย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาด้านประโยชน์ที่ได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ผู้เรียนให้ความสำคัญกับเนื้อหาเรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์ อนุพันธ์ และปริพันธ์

ขั้นตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ผู้วิจัยนำผลจากการทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม และจัดการเรียนรู้เพื่อขึ้นะการรู้คิด (ฉบับร่าง 2) มาปรับปรุงแก้ไขดังนี้

1. การปรับจำนวนข้อของใบงานและแบบทดสอบ เนื่องจากโจทย์เป็นลักษณะเดียวกัน ผู้เรียนสามารถฝึกได้นอกเวลาหากต้องการทบทวนเพิ่มเติม โดยดำเนินการดังนี้

หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ปรับใบงาน 11 และใบงานที่ 13

หน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ปรับใบงาน 14 – 21 และแบบทดสอบ 6, 8, 9 และ 10

2. การพัฒนาชุดฝึกเพิ่มเติม

ผู้วิจัยได้ร่วมกับอาจารย์ในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ (อ.สุณี วัฒนพิมล) สร้างชุดฝึกเพิ่มเติมสำหรับหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) คือ ชุดฝึกเรื่องอนุพันธ์จำนวน 14 ชุด และชุดฝึกเรื่องปริพันธ์ จำนวน 8 ชุด เพื่อให้ผู้เรียนได้มีความรู้ในขั้นต้นก่อนการนำเข้าสู่เนื้อหาแคลคูลัสที่ยากขึ้น

ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้คือ หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (ฉบับจริง) สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนต่อไป

หลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
(ฉบับจริง)

ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตร

คณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานที่มีความสำคัญวิชาหนึ่ง เป็นศาสตร์ที่อาศัยข้อเท็จจริง หลักการ วิธีการและเหตุผล เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาหาข้อยุติ พัฒนาระบบความคิดของบุคคล และเป็นรากฐานของวิทยาการหลายสาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีแขนงต่างๆ เนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรมและต้องใช้ความคิดอย่างสมเหตุสมผลในการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอนจึงต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการในการถ่ายทอดและอธิบายให้สอดคล้องกับพัฒนาการด้านต่างๆ ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจคณิตศาสตร์อย่างถ่องแท้

การจัดการเรียนการสอนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรีมีวิชาคณิตศาสตร์ 2 วิชาที่เป็นวิชาพื้นฐาน คือ วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 (Calculus and Analytic Geometry I) และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 (Calculus and Analytic Geometry II) ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย เมทริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ (Matrix and Determinant) จำนวนเชิงซ้อน (Complex Number) ภาคตัดกรวยและพิกัดเชิงขั้ว (Conic Section and Polar Coordinates System) ลิมิตและความต่อเนื่อง (Limit and Continuity) อนุพันธ์ (Derivative) และปริพันธ์ (Integration) โดยนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรมทั้ง 4 คณะวิชา (8 แผนกช่าง) คือ คณะวิชาเครื่องกล (ช่างยนต์) คณะวิชาเทคโนโลยีการผลิต (ช่างกลโรงงาน ช่างโลหะ และช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์) คณะวิชาช่างไฟฟ้า (ช่างไฟฟ้า ช่างอิเล็กทรอนิกส์ และเทคนิคคอมพิวเตอร์) และคณะวิชาช่างโยธา (ช่างก่อสร้าง) จำเป็นต้องเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมต่อไป

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 – 2545 ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อแยกพิจารณาในรายละเอียดพบว่า มีหลายแผนกช่างที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ และเมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2540 – 2545 ก็มีลักษณะเดียวกันกับวิชาคณิตศาสตร์ กล่าวคือ ภาพรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และหากแยกพิจารณาในรายละเอียดจะ发现有หลายแผนกช่างที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน และจากการศึกษาข้อมูลเรื่องเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์และผู้สอนคณิตศาสตร์ ได้ข้อสรุปว่า นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2546 ส่วนใหญ่จะมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มองเห็นคุณค่าและความสำคัญของคณิตศาสตร์ ในขณะที่ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ส่วนใหญ่มี

ความชอบ ความเข้าใจและความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมองเห็นถึงประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์ที่จะได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของตนเองว่ายังมีความจำเป็นต้องใช้เนื้อหาจากวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในเรื่องของลิมิตและความต่อเนื่อง อนุพันธ์ และปริพันธ์ เป็นต้น

นอกจากนั้นจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนจากเอกสารหลักสูตรและอาจารย์ ปีการศึกษา 2546 สรุปว่า เนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม อาจารย์ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ว่ามีความสำคัญและมีผลโดยตรงต่อการเรียนการสอนในวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมหลายวิชาที่ผู้สอนช่างอุตสาหกรรมต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งไปในการย้อนกลับไปทบทวนเนื้อหาเดิมของวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งนักศึกษาได้ผ่านการเรียนมาแล้วก่อนที่จะเข้าสู่เนื้อหาใหม่ที่เป็นวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม นับว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การเรียนการสอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมเองไม่สามารถบรรลุผลอย่างครบถ้วน นอกจากนี้แต่ละแผนกช่างต่างก็มีความจำเป็นต้องใช้เนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ บางแผนกช่างต้องการให้นักศึกษาเรียนเนื้อหาที่เป็นเรื่องเพิ่มเติมจากที่กำหนดไว้ในหลักสูตรในขณะที่บางแผนกช่างมีความต้องการให้นักศึกษาได้เรียนรู้คณิตศาสตร์เพียงเพื่อเป็นพื้นฐานเท่านั้น บางแผนกช่างมีปัญหาในเรื่องลำดับการเรียนการสอนวิชาคำนวณ เนื่องจากการจัดรายวิชาถูกกำหนดไว้ในระยะเวลาจำกัด และข้อสรุปที่สำคัญอีกประการ คือ ทุกแผนกช่างได้ให้ความเห็นที่ตรงกันว่ามีปัญหาเรื่องพื้นฐานความรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาทั้งที่เป็นความรู้วิชาคณิตศาสตร์ก่อนเข้าเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและความรู้วิชาคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หากนักศึกษาช่างอุตสาหกรรมมีความรู้คณิตศาสตร์เป็นอย่างดีก็จะทำให้การเรียนรู้มีความต่อเนื่องกับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่บรรลุผลสำเร็จได้ไม่ยากนัก จึงควรพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้มีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมในลักษณะที่มีความแตกต่างกันแต่ละช่าง ขณะที่อาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ได้ให้ข้อคิดเห็นว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์และวิชาชีพในระดับสูงต่อไป การจัดการเรียนการสอนควรเน้นการถามตอบ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์หาเหตุผล การสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรมจึงต้องเรียนรู้เกี่ยวกับศิลปะการตั้งคำถามจะช่วยกระตุ้นความคิดของผู้เรียนให้มีความคิดอยากตอบคำถามนั้น ผู้เรียนต้องใช้การสังเกต การวิเคราะห์ การเปรียบเทียบจะ

ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น การสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น ผู้สอนควรเน้นให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบช่วยเหลือเพื่อนซึ่งกันและกัน ในด้านกระบวนการวัดและประเมินผลควรผสมผสานกับกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการสังเกตพฤติกรรมการทำงานและผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ไม่ควรมุ่งเน้นแต่เพียงการทำตามต้นแบบที่ผู้สอนกำหนดให้อย่างเดียวผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ด้วยการถาม การหาข้อมูลและลงมือกระทำเพื่อสร้างสรรค์สิ่งที่แสดงแนวความคิดของตนเอง

จากการศึกษาข้อมูลทีกล่าวนำจึงได้ข้อสรุปว่า การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ผ่านมายังไม่ประสบผลเท่าที่ควร เมื่อได้วิเคราะห์หาสาเหตุก็พบว่า มีปัจจัยหลายประการ กล่าวคือ ด้านผู้เรียนสรุปได้ว่า ผู้เรียนสายช่างอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในวิชาสามัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณอยู่ในระดับที่ไม่สูงนัก การเรียนในสายช่างอุตสาหกรรมนั้นจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ค่อนข้างมาก และด้านผู้สอนสรุปได้ว่า ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมมีความจำเป็นต้องให้นักศึกษาที่เรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมใช้พื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์จำนวนมาก ขณะที่ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์มีปัญหาในการจัดการเรียนการสอน กล่าวคือ ไม่สามารถหาตัวอย่างหรือโจทย์แบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับทางช่างอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียนได้ เนื่องจากไม่เข้าใจคำศัพท์และหน่วยต่างๆ ทางช่างอุตสาหกรรม รวมทั้งตัวอย่างคณิตศาสตร์ที่ใช้ประยุกต์ในทางอุตสาหกรรมมีน้อย ปัญหาดังกล่าวนี้เป็นผลมาจากหลักสูตรที่มีลักษณะเป็นแบบรายวิชาหลายๆ วิชาที่เป็นอิสระกัน การเรียนการสอนเป็นแบบแยกส่วนกัน เน้นการถ่ายทอดเนื้อหาจากผู้สอนมากกว่าการที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งการที่ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นถึงความต่อเนื่องในเนื้อหาวิชา

แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา คือ การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ในการบูรณาการเนื้อหาจะดำเนินการ 2 รูปแบบ คือ การบูรณาการภายในวิชาซึ่งเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง การบูรณาการระหว่างวิชาเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงกับเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมโดยยึดวิชาคณิตศาสตร์เป็นหลัก สำหรับการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดจะคำนึงถึงรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแก้ไขปัญหาและจุดบกพร่องต่างๆ ของตนเอง ยึดถือหลักการที่ว่า การเรียนรู้ต้องเกิดจากการเชื่อมโยงองค์ความรู้ของผู้เรียนเอง

และเป็นไปตามความแตกต่างระหว่างบุคคล ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนวิชา
คำนวณของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทั้งในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของ
ช่างอุตสาหกรรมต่อไป

หลักการ

ปัจจุบันเป็นยุคแห่งข้อมูลข่าวสารไร้พรมแดนหรือยุคโลกาภิวัตน์ (Globalization) ส่งผลให้
วิถีชีวิตประจำวันของผู้เรียนมีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน ไม่ได้แยกส่วนออกจากกันเป็นเรื่องราว แบบ
รายวิชา ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นและเรียนรู้ด้วยความหมายเมื่อมีการบูรณาการเข้ากับชีวิต ทุกคน
มีสิทธิเท่ากันในการแสวงหา ฟังฟังผู้สอนน้อยลงผู้สอนจึงจำเป็นต้องเลือกเฉพาะสาระที่สำคัญ
และจำเป็นต่อการดำรงชีวิตที่ผู้เรียนต้องการโดยใช้เวลาเท่าเดิม ไม่มีหลักสูตรวิชาใดเพียงวิชาเดียวที่
สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาทุกอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ การเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่างๆ ที่ใกล้เคียง
หรือเกี่ยวข้องกันจะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ลดระยะเวลาเรียน ลดภาระงานผู้สอน ส่งผลให้
ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยความหมายมากขึ้น การเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่างๆ ที่ใกล้เคียงหรือเกี่ยวข้องกัน
จะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาลดระยะเวลาเรียน ลดภาระงานผู้สอน ส่งผลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้
ด้วยความหมายมากขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแต่ละคนได้ใช้ความรู้ ความคิด ความสามารถและ
ทักษะที่หลากหลายในการเข้าร่วมกิจกรรม (สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. 2545 : 182) และการ
นำหลักสูตรแบบบูรณาการไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนมีประโยชน์หลายประการ ได้แก่ (วิเชียร
อินทรสมพันธ์. 2546 : 56 – 57; อ้างอิงจาก วิชัย วงษ์ใหญ่. 2544 : 51; สำลี รักสุทธี และคณะ.
2544 : 14 – 17)

1. ผู้เรียนได้มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดและความคิดรวบยอด สามารถ
แบ่งปันรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เป็นการขยายความรู้ของตนเองให้กว้างขึ้น ส่งผลให้มีความ
รับผิดชอบและร่วมมือในการเรียนรู้มากขึ้น

2. ผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนในการเรียนรู้ สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบ
ต่างๆ อย่างหลากหลาย

3. การประเมินผลเป็นไปในสภาพจริง มีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กับการนำไปใช้จริง
ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน

Fogarty (Lake. 2000 : Online; citing Fogarty. 1991) แบ่งรูปแบบของการบูรณาการไว้
10 รูปแบบ คือ รูปแบบแยกส่วน (Fragment) รูปแบบเชื่อมโยง (Connected) รูปแบบซ้อนกัน
(Nested) รูปแบบเรียงลำดับ (Sequenced) รูปแบบการมีส่วนร่วม (Shared) รูปแบบการโยงใย
(Webbed) รูปแบบการร้อยด้าย (Threaded) รูปแบบการบูรณาการ (Integrated) รูปแบบขยายให้
ใหญ่ขึ้น (Immersed) และรูปแบบเครือข่าย (Networked)

ซีลี (2540 : 41 – 56) กล่าวถึงการบูรณาการเนื้อหาหรือการสร้าง mốiเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาไว้ว่ามี 2 รูปแบบ คือ การบูรณาการภายในวิชา (Intradisciplinary) และการบูรณาการระหว่างวิชา (Interdisciplinary) โดยการบูรณาการภายในวิชาเป็นลักษณะการสอนที่ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนได้มองเห็น mốiเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างความคิด หัวข้อทักษะและแนวคิดภายในเนื้อหาวิชาเดียว โดยมีจุดเน้นคือต้องมีความพยายามอย่างจริงจังที่เป็นรูปธรรมในการเชื่อมโยงความคิด ผู้สอนต้องไม่คาดหวังเองว่าผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดได้เองโดยไม่มีการช่วยเหลือ อย่างไรก็ตามการบูรณาการภายในวิชานี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้พบแนวคิดและกระบวนการที่หลากหลาย การมองเห็น mốiเชื่อมโยงต่อเนื่องระหว่างกระบวนการทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพรวม หลักการเชื่อมโยงภายในวิชาที่มีประโยชน์ต่อทั้งผู้เรียนและผู้สอน ในขณะที่การบูรณาการระหว่างวิชาเป็นการรวมเนื้อหาของทุกวิชามาอยู่ภายใต้หัวข้อเดียว วิธีการนี้เป็นประสบการณ์ของการเรียนที่นำเอาทักษะและคำถามจากวิชาการที่มากกว่า 1 แขนงวิชา มาตรวจสอบหรือทำความเข้าใจกับหัวข้อ ประเด็นสถานการณ์ และเกลททอน (Glatthorn. 2000 : 77– 78) ได้กล่าวว่าการบูรณาการเนื้อหาวิชาสามารถดำเนินการได้ 3 ลักษณะ คือ

1. การยึดวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลัก (Subject – focused) เป็นการบูรณาการเนื้อหาที่ยึดวิชาหลัก 1 วิชาและนำเนื้อหาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมาเชื่อมโยง
2. การกำหนดหัวเรื่อง (Integration Theme – focused) เป็นการบูรณาการเนื้อหาที่เริ่มจากการกำหนดหัวข้อหรือชื่อเรื่องที่น่าสนใจและมีความสำคัญกับผู้เรียน และเลือกเนื้อหาจากหลายๆ วิชามาสืบสนุนหัวข้อที่ตั้งขึ้น
3. การกำหนดโครงการ (Project – focus) เป็นการบูรณาการเนื้อหาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และทักษะที่หลากหลาย

ซีลี. (2540 : 20 – 38) ได้กล่าวถึงส่วนที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการบูรณาการเนื้อหาว่าประกอบด้วย

1. การกำหนดหัวข้อหรือหน่วยเนื้อหาที่จะสอนให้มีความหมายและมีความน่าสนใจ
2. ความยืดหยุ่นและความสมดุลของหน่วยเนื้อหาบูรณาการ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำประสบการณ์และความรู้เดิมเข้าสู่ห้องเรียนได้
3. การจัดโครงสร้างเวลาของหลักสูตรบูรณาการ เวลาในการเรียนการสอนแต่ละระยะจะเป็นการสอนที่ต่อเนื่องกัน เวลาจะไม่ได้แบ่งไว้อย่างชัดเจน แต่จะสามารถเลื่อนไหลและยืดหยุ่นได้
4. สภาพห้องเรียน ผู้เรียนมีส่วนร่วมปฏิบัติงานเป็นกลุ่มๆ และมีการปฏิบัติงานที่หลากหลาย

การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เป็นการปรับเนื้อหาวิชาเดิม 2 วิชา คือ วิชาคณิตศาสตร์ (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์) กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า) ที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบแยกส่วนมาเชื่อมโยงกันระหว่างเนื้อหาสาระในแต่ละวิชาที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การบูรณาการภายในวิชาและการบูรณาการระหว่างวิชา โดยใช้การบูรณาการเนื้อหาวิชาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

การบูรณาการเนื้อหาจะแสดงให้เห็นให้ผู้เรียนได้มีความเข้าใจว่าวิชาคณิตศาสตร์ (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์) ที่กำลังศึกษาอยู่นั้นจะต้องอาศัยความรู้คณิตศาสตร์พื้นฐานอะไรบ้าง และสามารถนำความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนในวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วงจรไฟฟ้า) ได้อย่างไร เป็นการช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจยิ่งขึ้น ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์นอกจากจะมีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอนเป็นอย่างดี มีความเข้าใจผู้เรียนแต่ละคนแล้วจะต้องสามารถชี้แนะผู้เรียนให้ได้เห็นความต่อเนื่องของเนื้อหาด้วย

การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด (Cognitive Guided Instruction) เป็นนวัตกรรมหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนที่ขึ้นอยู่กับบริบทของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งเป็นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้และทักษะพื้นฐานในการแก้ปัญหา โดยอยู่บนพื้นฐานปรัชญาที่ว่า การเรียนการสอนต้องเกิดจากความรู้ของผู้เรียน ให้ความสำคัญกับการคิด การแก้ปัญหาด้วยตัวของผู้เรียนเอง มีผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนและเอื้ออำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้กระบวนการต่างๆ ที่นำไปสู่คำถามเพื่อการแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้ที่มีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม มีโอกาสนำเสนอความคิดของตนเอง และร่วมกันอภิปราย ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนให้สัมพันธ์และสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดมีฐานคิด 2 ประการ คือ ประการที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการคิดของผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้สอน และ ประการที่ 2 การเชื่อมโยงความรู้ใหม่อย่างสมเหตุสมผลกับความรู้เดิมที่มีอยู่ (Carpenter;et. al. 2004 : Online)

วัตถุประสงค์

หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมกับความรู้และประสบการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

2. เพื่อพัฒนาผู้เรียนโดยจัดการเรียนการสอนที่ก่อให้เกิดประสบการณ์จากการกระทำ ผู้เรียนได้เกิดความคิดรวบยอดตามความสามารถของแต่ละบุคคล และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

โครงสร้าง

โครงสร้างของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กำหนดดังนี้

1. เนื้อหา

*1.1 หน่วยที่ 1 : ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

สาระสำคัญ ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและตัวแปรในวงจรไฟฟ้า การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ระบบสมการในวงจรไฟฟ้า

1.2 หน่วยที่ 2 : จำนวนเชิงซ้อน

สาระสำคัญ การบวกและการคูณจำนวนเชิงซ้อน การเปลี่ยนจำนวนเชิงซ้อนในรูปพิกัดฉากและรูปแบบอื่นๆ

1.3 หน่วยที่ 3 : เรขาคณิตวิเคราะห์

สาระสำคัญ การหาระยะทาง ความเอียง ความชันของเส้นตรง สมการเส้นตรง

1.4 หน่วยที่ 4 : ภาคตัดกรวย

สาระสำคัญ วงกลม วงรี พาราโบลาและไฮเพอร์โบลา

1.5 หน่วยที่ 5 : ระบบพิกัดเชิงขั้ว

สาระสำคัญ ความสัมพันธ์ของระบบพิกัดฉากและพิกัดเชิงขั้ว

1.6 หน่วยที่ 6 : ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง

สาระสำคัญ การหาค่าของฟังก์ชัน การหาค่าของลิมิต และความต่อเนื่องของฟังก์ชัน

**1.7 หน่วยที่ 7 : ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

สาระสำคัญ อนุพันธ์ของฟังก์ชัน (พีชคณิต เอกซ์โปเนนเชียล ลอการิทึม ตรีโกณมิติ และตรีโกณมิติผกผัน) ปริพันธ์ของฟังก์ชัน (พีชคณิต เอกซ์โปเนนเชียล ลอการิทึม ตรีโกณมิติ และตรีโกณมิติยกกำลัง รูปผลบวกหรือผลต่าง) เทคนิคการหาค่าปริพันธ์ (การหาค่าปริพันธ์ที่ละส่วน การหาค่าปริพันธ์โดยการแทนค่าด้วยตรีโกณมิติ การหาค่าปริพันธ์โดยการแยกเป็นเศษส่วนย่อย การหาค่าปริพันธ์โดยการแทนค่าด้วยตัวแปรใหม่) ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานการประยุกต์ใช้แคลคูลัสในวงจรไฟฟ้า

2. เวลาเรียนและเวลาทดสอบประจำภาคเรียน

ตาราง 22 เนื้อหา สาระสำคัญ เวลาเรียน และเวลาทดสอบประจำภาคเรียนของหลักสูตร (ฉบับจริง)

เนื้อหา	เวลา
2.1 เวลาเรียน	32 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 5,760 นาที
*หน่วยที่ 1 : ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า	6 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 1,080 นาที
หน่วยที่ 2 : จำนวนเชิงซ้อน	3 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 540 นาที
หน่วยที่ 3 : เรขาคณิตวิเคราะห์	1 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 180 นาที
หน่วยที่ 4 : ภาคตัดกรวย	2 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 360 นาที
หน่วยที่ 5 : ระบบพิกัดเชิงขั้ว	3 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 540 นาที
หน่วยที่ 6 : ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง	1 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 180 นาที
** หน่วยที่ 7 : ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า	16 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 2,880 นาที (ทบทวนนอกเวลาเพิ่มเติม)
2.2 เวลาทดสอบประจำภาคเรียน (กลางภาคและปลายภาค)	4 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 720 นาที
รวม	36 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 6,480 นาที

หมายเหตุ * หน่วยที่ 1 บูรณาการและจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดทั้งหน่วย

** หน่วยที่ 7 บูรณาการและจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดบางหน่วยย่อย

การจัดแบ่งเวลาของหน่วยที่บูรณาการเนื้อหาและจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด คือ หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจไฟฟ้า) ใช้เวลาทดลอง 12 สัปดาห์ x 3 คาบ x 60 นาที = 2,160 นาที รายละเอียดดังตาราง 23

ตาราง 23 รายละเอียดหัวข้อเนื้อหา สาระสำคัญ เวลาเรียนและเวลาทดสอบประจำภาคเรียนของหลักสูตร (ฉบับจริง)

เนื้อหา	เอกสารประกอบ	เวลา
หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจไฟฟ้า		1,080 นาที
1.1 นิยาม ประเภท และเมตริกซ์ในรูปแบบต่างๆ 1.1.1 นิยามของเมตริกซ์ 1.1.2 ชนิดของเมตริกซ์ 1.1.3 เมตริกซ์ในรูปแบบของตรีโกณมิติ 1.1.4 เมตริกซ์ในรูปแบบของตัวแปรทางวงจไฟฟ้า	– ใบงาน 1 เฉลยใบงาน 1 – ใบงาน 2 เฉลยใบงาน 2 – ใบงาน 3 เฉลยใบงาน 3 – เอกสาร 1 – แบบทดสอบ 1 เฉลย แบบทดสอบ 1	180 นาที
1.2 พิสูจน์ของเมตริกซ์ 1.2.1 การเท่ากันของเมตริกซ์ 1.2.2 เมตริกซ์ทรานโพส 1.2.3 การบวกเมตริกซ์ 1.2.4 การคูณเมตริกซ์	– ใบงาน 4 เฉลยใบงาน 4 – ใบงาน 5 เฉลยใบงาน 5 – เอกสาร 1 – แบบทดสอบ 2 เฉลย แบบทดสอบ 2	180 นาที
1.3 ดีเทอร์มิแนนต์ 1.3.1 การหาค่าดีเทอร์มิแนนต์ 1.3.2 ดีเทอร์มิแนนต์กับตรีโกณมิติ	– ใบงาน 6 เฉลยใบงาน 6 – ใบงาน 7 เฉลยใบงาน 7 – แบบทดสอบ 3 เฉลย แบบทดสอบ 3	180 นาที

ตาราง 23 (ต่อ)

เนื้อหา	เอกสารประกอบ	เวลา
1.4 เมตริกซ์ผูกพัน 1.4.1 ไมเนอร์ 1.4.2 โคแฟกเตอร์ 1.4.3 เมตริกซ์ผูกพัน 1.4.4 การหาค่าของเมตริกซ์ผูกพัน	– ใบงาน 8 เฉลยใบงาน 8 – ใบงาน 9 เฉลยใบงาน 9 – แบบทดสอบ 4 เฉลย แบบทดสอบ 4	180 นาที
1.5 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบ สมการเชิงเส้น 1.5.1 ระบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร 1.5.2 ระบบสมการเชิงเส้น 3 ตัวแปร	– ใบงาน 10 เฉลยใบงาน 10 – ใบงาน 11 เฉลยใบงาน 11	180 นาที
1.6 การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า 1.6.1 วิธีของเกาส์ 1.6.2 วิธีของคราเมอร์ 1.6.3 วิธีเมตริกซ์ผูกพัน	– ใบงาน 12 เฉลยใบงาน 12 – ใบงาน 13 เฉลยใบงาน 13 – เอกสาร 2 – แบบทดสอบ 5 เฉลย แบบทดสอบ 5	180 นาที
หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า		1,080 นาที
7.1 อนุพันธ์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน 7.1.1 ความหมายของอนุพันธ์ 7.1.2 การหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต 7.1.3 การหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	– ใบงาน 14 เฉลยใบงาน 14 – ใบงาน 15 เฉลยใบงาน 15 – ใบงาน 16 เฉลยใบงาน 16 – แบบทดสอบ 6 เฉลย แบบทดสอบ 6 – แบบทดสอบ 7 เฉลยแบบทดสอบ 7 7	360 นาที

ตาราง 23 (ต่อ)

เนื้อหา	เอกสารประกอบ	เวลา
7.2 ปริพันธ์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน 7.2.1 ความหมายของปริพันธ์ 7.2.2 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต 7.2.3 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	– ใบงาน 17 เฉลยใบงาน 17 – ใบงาน 18 เฉลยใบงาน 18 – ใบงาน 19 เฉลยใบงาน 19 - แบบทดสอบ 8 เฉลย แบบทดสอบ 8 – แบบทดสอบ 9 เฉลย แบบทดสอบ 9	360 นาที
7.3 การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหา วงจรไฟฟ้า 7.3.1 วงจรควบคุมเฟสเพื่อหาค่าแรงดันเฉลี่ย 7.3.2 การวิเคราะห์หอนุพันธ์ของวงจรไฟฟ้าแบบ ขนาน/แบบอันดับ	– ใบงาน 20 เฉลยใบงาน 20 – ใบงาน 21 เฉลยใบงาน 21 – แบบทดสอบ 10 เฉลย แบบทดสอบ 10	360 นาที

3. การจัดประสบการณ์การเรียนรู้

จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดที่เน้นการพัฒนาที่ตัวบุคคล การฝึกปฏิบัติจริง มีการศึกษาธรรมชาติของผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกับผู้อื่น สอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด มีความต่อเนื่องของเนื้อหา สามารถแก้ปัญหา และคิดอย่างสร้างสรรค์บนพื้นฐานความรู้เดิม โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน
2. ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ฝึกฝนด้วยตัวเอง
3. ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้
4. ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้
5. ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปยุทธวิธีที่ได้จากการเรียนรู้
6. ประเมินผลตามสภาพจริง

4. การประเมินผล

สังเกตผู้เรียนจากผลงานและกิจกรรมในขั้นตอนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ประเมินผลตามสภาพจริง ไม่เน้นการแข่งขัน รายละเอียดดังตาราง 24

ตาราง 24 การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) (ฉบับจริง)

รายการ	คะแนน
4.1 บันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน	30 คะแนน
4.2 การสังเกตผู้เรียนจากผลงานและกิจกรรมอย่างต่อเนื่องในขั้นตอนของการสอนโดยใช้ข้อมูลและสารสนเทศจากผู้เรียน ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ และผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	20 คะแนน
4.3 การทดสอบ 4.3.1 ระหว่างการเรียนรู้ ประเมินผลจากการทำใบงาน การตอบคำถาม และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4.3.2 หลังจากจบการเรียนรู้ประเมินผลจากแบบทดสอบ	50 คะแนน

ถ้าผู้เรียนไม่ผ่านการทำใบงาน การทดสอบ (คะแนนที่ได้ < 50%) ต้องกลับมาทบทวนและทดสอบนอกเวลาจนกว่าจะผ่านตามจุดประสงค์การเรียนรู้

* หน่วยที่ 1

ชื่อเรื่อง	ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า
จุดประสงค์	- นำความรู้จากคณิตศาสตร์พื้นฐานมาใช้คำนวณหาค่าต่างๆ ในเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ได้ - ประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ระบบสมการในวงจรไฟฟ้าได้
เนื้อหา	- ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและตัวแปรในวงจรไฟฟ้า - นิยาม ประเภท และเมตริกซ์ในรูปแบบต่างๆ - นิยามของเมตริกซ์ - ชนิดของเมตริกซ์ - เมตริกซ์ในรูปของตรีโกณมิติ - เมตริกซ์ในรูปของตัวแปรทางวงจรไฟฟ้า - พีชคณิตของเมตริกซ์ - การบวกเมตริกซ์ - การคูณเมตริกซ์ - ดีเทอร์มิแนนต์ - ไมเนอร์และโคแฟกเตอร์ - การหาค่าดีเทอร์มิแนนต์ - ดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์ในรูปตรีโกณมิติ - เมตริกซ์ผกผันและเมตริกซ์ผกผัน - เมตริกซ์ผกผัน - การหาค่าของเมตริกซ์ผกผัน - การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการเชิงเส้น - ระบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร - ระบบสมการเชิงเส้น 3 ตัวแปร - การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า - วิธีของเกาส์ - วิธีของคราเมอร์ - วิธีเมตริกซ์ผกผัน

กิจกรรม	1. ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน 2. ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผักผ่อนด้วยตัวเอง 3. ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้ 4. ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 5. ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปยุทธวิธีที่ได้จากการเรียนรู้ 6. ประเมินผลตามสภาพจริง
สื่อ	ใบเนื้อหา ใบงาน แบบทดสอบ
การประเมินผล	การตรวจผลงาน การทดสอบ การสังเกตพฤติกรรม

หน่วยที่ 2 จำนวนเชิงซ้อน

2.1 จำนวนเชิงซ้อนในรูปพิกัดฉาก

2.1.1 ความหมายของจำนวนเชิงซ้อน

2.1.2 การหาค่า I^n เมื่อ n เป็นจำนวนเต็ม

2.1.3 การเท่ากันของจำนวนเชิงซ้อน

2.1.4 การบวกและการคูณจำนวนเชิงซ้อน

2.2 จำนวนเชิงซ้อนในรูปแบบอื่นๆ

2.2.1 การเปลี่ยนจำนวนเชิงซ้อนในรูปพิกัดฉากเป็นรูปเชิงขั้ว

2.2.2 การเปลี่ยนจำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้วเป็นรูปพิกัดฉาก

2.2.3 การหาผลคูณและผลหารของจำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว

2.2.4 การเปลี่ยนจำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้วเป็นรูปชี้กำลัง

2.2.5 การหาผลบวก ผลคูณและผลหารของจำนวนเชิงซ้อนในรูปชี้กำลัง

2.3 การยกกำลังของจำนวนเชิงซ้อน

2.3.1 การหาค่าการยกกำลังของจำนวนเชิงซ้อนโดยใช้ทฤษฎีเดอมัวร์

2.3.2 การหาค่ารากอันดับที่ n ของจำนวนเชิงซ้อน

2.4 ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อน

2.4.1 ความหมายค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อน

2.4.2 การหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อน

หน่วยที่ 3 เรขาคณิตวิเคราะห์

3.1 เส้นตรง

3.1.1 การหาระยะทางระหว่างจุด 2 จุด บนระนาบ xy

3.1.2 การหาจุดแบ่งระหว่างจุด 2 จุด

3.1.3 การหาความเอียงและความชันของเส้นตรง

3.2 สมการเส้นตรง

3.2.1 สมการเส้นตรงเมื่อกำหนดจุด 2 จุด

3.2.2 สมการเส้นตรงเมื่อกำหนดความชันและจุด 1 จุดบนเส้นตรง

3.2.3 สมการเส้นตรงเมื่อกำหนดความชันและส่วนตัดแกน y

3.2.4 สมการเส้นตรงเมื่อกำหนดส่วนตัดแกน x และแกน y

หน่วยที่ 4 ภาคตัดกรวย

4.1 วงกลมและพาราโบลา

4.1.1 นิยามของวงกลม

4.1.2 สมการและกราฟของวงกลม

4.1.3 การหาสมการของวงกลม

4.1.4 นิยามของพาราโบลา

4.1.5 สมการและกราฟของพาราโบลา

4.1.6 การหาสมการของพาราโบลา

4.2 วงรีและไฮเพอร์โบลา

4.2.1 นิยามของวงรี

4.2.2 สมการและกราฟของวงรี

4.2.3 การหาสมการของวงรี

4.2.4 นิยามของไฮเพอร์โบลา

4.2.5 สมการและกราฟของไฮเพอร์โบลา

4.2.6 การหาสมการของไฮเพอร์โบลา

หน่วยที่ 5 ระบบพิกัดเชิงขั้ว

5.1 พิกัดเชิงขั้ว ความสัมพันธ์ของระบบพิกัดฉากและพิกัดเชิงขั้ว

5.1.1 ลักษณะของสมการเชิงขั้ว

- 5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากและพิกัดเชิงขั้ว
- 5.1.3 การหาค่าพิกัดเชิงขั้วของจุดจากการกำหนดพิกัดฉาก
- 5.1.4 การหาค่าพิกัดฉากของจุดจากการกำหนดพิกัดเชิงขั้ว
- 5.1.5 การเปลี่ยนสมการในระบบพิกัดฉากเป็นสมการเชิงขั้ว
- 5.1.6 การเปลี่ยนสมการเชิงขั้วเป็นสมการในระบบพิกัดฉาก

หน่วยที่ 6 ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง

- 6.1 ฟังก์ชัน
 - 6.1.1 นิยามของฟังก์ชัน
 - 6.1.2 การหาค่าฟังก์ชัน
- 6.2 ลิมิตของฟังก์ชัน
 - 6.2.1 นิยามลิมิตของฟังก์ชัน
 - 6.2.2 การหาค่าลิมิตของฟังก์ชันโดยใช้ทฤษฎีลิมิต
- 6.3 ลิมิตค่าอนันต์และรูปแบบค่ายังไม่กำหนด
 - 6.3.1 ทฤษฎีของลิมิตค่าอนันต์
 - 6.3.2 การหาค่าของลิมิตค่าอนันต์
 - 6.3.3 การหาค่าลิมิตในรูปรูปแบบค่ายังไม่กำหนด
- 6.4 ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน
 - 6.4.1 ความหมายความต่อเนื่องของฟังก์ชัน
 - 6.4.2 การพิจารณาความต่อเนื่องของฟังก์ชัน

** หน่วยที่ 7

ชื่อเรื่อง	ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า
จุดประสงค์	ประยุกต์ใช้แคลคูลัสกับการคำนวณในวงจรไฟฟ้าได้
เนื้อหา	7.1 อนุพันธ์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน 7.1.1 ความหมายของอนุพันธ์ 7.1.2 การหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต 7.1.3 การหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ 7.2 ปริพันธ์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน 7.2.1 ความหมายของปริพันธ์ 7.2.2 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต

	7.2.3 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ 7.3 การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า 7.3.1 วงจรควบคุมเฟสเพื่อหาค่าแรงดันเฉลี่ย 7.3.2 การวิเคราะห์อนุพันธ์ของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน/แบบอันดับ
กิจกรรม	1. ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน 2. ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผูกพันด้วยตัวเอง 3. ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้ 4. ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 5. ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปยุทธวิธีที่ได้จากการเรียนรู้ 6. ประเมินผลตามสภาพจริง
สื่อ	ใบเนื้อหา ใบงาน แบบทดสอบ
การประเมินผล	การตรวจผลงาน การทดสอบ การสังเกตพฤติกรรม

หมายเหตุ ** หน่วยที่ 7 บูรณาการและจัดการเรียนการสอนแบบชี้แนะปัญญางานหน่วยย่อย
ซึ่งเนื้อหาของหน่วยที่ 7 (เดิม) ประกอบด้วย

- 7.1 อนุพันธ์ฟังก์ชันพีชคณิต
 - 7.1.1 ค่าที่เปลี่ยนไป
 - 7.1.2 นิยามอนุพันธ์ฟังก์ชันพีชคณิต
 - 7.1.3 การหาอนุพันธ์ฟังก์ชันพีชคณิตโดยใช้นิยาม
 - 7.1.4 การหาอนุพันธ์ฟังก์ชันพีชคณิตโดยใช้สูตร
- 7.2 อนุพันธ์ฟังก์ชันอดิศัยอื่นๆ
 - 7.2.1 อนุพันธ์ฟังก์ชันลอการิทึม
 - 7.2.2 อนุพันธ์ฟังก์ชันยกกำลัง
- 7.3 อนุพันธ์ฟังก์ชันประกอบ ฟังก์ชันปริยายและอนุพันธ์อันดับสูง
 - 7.3.1 อนุพันธ์ของฟังก์ชันประกอบ
 - 7.3.2 อนุพันธ์ของฟังก์ชันปริยาย
 - 7.3.3 อนุพันธ์อันดับสูง
- 7.4 การประยุกต์ค่าอนุพันธ์
 - 7.4.1 อนุพันธ์ในทางเรขาคณิต ความชัน เส้นสัมผัสกราฟ
 - 7.4.2 ความเร็ว ความเร่งในเชิงอนุพันธ์

- 7.4.3 อัตราสัมพัทธ์
- 7.4.4 ผลต่างอนุพัทธ์และการหาค่าโดยประมาณ
- 7.5 ค่าสูงสุดและต่ำสุดของฟังก์ชัน
 - 7.5.1 การหาค่าสูงสุดและต่ำสุดของฟังก์ชัน
 - 7.5.2 การประยุกต์ค่าสูงสุดและต่ำสุด
- 7.6 ปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต
 - 7.6.1 ความหมายของปริพันธ์
 - 7.6.2 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิตโดยใช้สูตร
- 7.7 ปริพันธ์ฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันชี้กำลัง
 - 7.7.1 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม
 - 7.7.2 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันฟังก์ชันชี้กำลัง
- 7.8 ปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ
 - 7.8.1 การหาค่าปริพันธ์ฟังก์ชันตรีโกณมิติ
- 7.9 ปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติยกกำลัง
 - 7.9.1 รูปแบบของฟังก์ชันตรีโกณมิติยกกำลัง
 - 7.9.2 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติยกกำลัง
- 7.10 ปริพันธ์ของฟังก์ชันที่อยู่ในรูปผลบวกหรือผลต่างกำลังสอง
 - 7.10.1 สูตรการหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันที่อยู่ในรูปผลบวกหรือผลต่างกำลังสอง
 - 7.10.2 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันที่อยู่ในรูปผลบวกหรือผลต่างกำลังสอง
- 7.11 ปริพันธ์ที่ละส่วน
 - 7.11.1 ลักษณะของตัวถูกปริพันธ์และหลักการหาค่าที่ใช้เทคนิคปริพันธ์ที่ละส่วน
 - 7.11.2 การหาค่าปริพันธ์ที่ละส่วนโดยใช้สูตร
 - 7.11.3 การหาค่าปริพันธ์ของที่ละส่วนโดยวิธีลัด
 - 7.11.4 ปริพันธ์โดยการแทนค่าด้วยตรีโกณมิติ
 - 7.11.5 ลักษณะตัวถูกปริพันธ์ที่ใช้ปริพันธ์โดยการแทนค่าด้วยตรีโกณมิติ
 - 7.11.6 หลักการสมมติค่าตรีโกณมิติ
 - 7.11.7 การหาค่าการอินทิเกรตโดยการแทนค่าด้วยตรีโกณมิติ
- 7.12 ปริพันธ์โดยการแยกเป็นเศษส่วนย่อย
 - 7.12.1 ลักษณะตัวถูกปริพันธ์ที่ใช้การแยกเป็นเศษส่วนย่อย
 - 7.12.3 หลักการแยกเศษส่วนออกเป็นผลบวกของเศษส่วนย่อย

- 7.12.4 การหาค่าปริพันธ์โดยการแยกเป็นเศษส่วนย่อย
- 7.13 ปริพันธ์โดยการแทนค่าด้วยตัวแปรใหม่
 - 7.13.1 ลักษณะตัวถูกปริพันธ์ที่ใช้การแทนค่าด้วยตัวแปรใหม่
 - 7.13.2 หลักการสมมติค่าตัวแปรเดิมกับตัวแปรใหม่
 - 7.13.3 การหาค่าการปริพันธ์โดยการแทนค่าด้วยตัวแปรใหม่
- 7.14 การประยุกต์ปริพันธ์ไม่จำกัดเขต
 - 7.14.1 การหาสมการเส้นโค้ง
 - 7.14.2 การหาระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ
- 7.15 ปริพันธ์จำกัดเขต
 - 7.15.1 ความหมายและสัญลักษณ์ของปริพันธ์จำกัดเขต
 - 7.15.2 การหาค่าปริพันธ์จำกัดเขต
- 7.16 การหาพื้นที่บนระนาบในระบบพิกัดฉากโดยใช้ปริพันธ์จำกัดเขต
 - 7.16.1 การหาพื้นที่ระหว่างเส้นโค้งกับแกน
 - 7.16.2 การหาพื้นที่ระหว่างเส้นโค้งกับเส้นโค้ง
- 7.17 การหาปริมาตรของรูปทรงตันที่เกิดจากการหมุนพื้นที่โดยการใชปริพันธ์จำกัดเขต
 - 7.17.1 การหาปริมาตรของรูปทรงตันที่เกิดจากการหมุนพื้นที่โดยวิธีจาน
 - 7.17.2 การหาปริมาตรของรูปทรงตันที่เกิดจากการหมุนพื้นที่โดยวิธีเปลือกทรงกระบอก

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล มีการดำเนินการสรุปได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมโดยใช้การบูรณาการเนื้อหาและการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล มี 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

การศึกษาในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านนักศึกษา ด้านอาจารย์ และด้านเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตร การบูรณาการและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

1. ด้านนักศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม รวมทั้งได้ศึกษารูปแบบการเรียนรู้ จำนวน 5 เรื่องดังนี้

1.1 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545

1.2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545

1.3 การศึกษาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

1.4 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

1.5 การศึกษารูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2548

2. ด้านอาจารย์ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์จากอาจารย์สายช่างอุตสาหกรรมและอาจารย์คณิตศาสตร์ จำนวน 3 เรื่องดังนี้

2.1 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของอาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

2.2 การศึกษาความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม จากอาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2547

2.3 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

3. ด้านเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตร การบูรณาการ และการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร คือ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล 2542 จำนวน 8 แผนกวิชาช่าง (ช่างยนต์ ช่างกลโรงงาน ช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ ช่างไฟฟ้า ช่างอิเล็กทรอนิกส์ เทคนิคคอมพิวเตอร์ และช่างก่อสร้าง) การบูรณาการและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ได้แนวคิดในการดำเนินการบูรณาการ 2 รูปแบบ คือ การบูรณาการภายในวิชาซึ่งเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) และการบูรณาการระหว่างวิชาซึ่งเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คือ คณิตศาสตร์ (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) กับเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วิชาวงจรไฟฟ้า) โดยยึดวิชาคณิตศาสตร์เป็นหลัก และนำแนวทางการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดมาจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน
2. ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผูกพันด้วยตัวเอง

3. ผู้สอนคอยสนับสนุนการเรียนรู้ ให้แรงกระตุ้น และส่งเสริมการเรียนรู้ ผู้สอนจะไม่สอนวิธีการคิดให้กับผู้เรียน แต่จะคอยซักถามผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

4. ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของแต่ละคน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปราย เมื่อผู้เรียนได้รับคำตอบที่ต่างก็ร่วมกันหาข้อผิดพลาด

5. ผู้เรียนสรุปประเด็นที่ได้จากการเรียนรู้โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้

6. ประเมินผลตามสภาพจริง

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ผู้วิจัยนำผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากขั้นตอนที่ 1 มาพิจารณากำหนดแนวทางในการพัฒนาหลักสูตร โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. พบอาจารย์ที่ปรึกษา กำหนดหัวข้อเนื้อหาและเวลาของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วิชาวงจรไฟฟ้า) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

2. กำหนดหัวข้อเนื้อหาและเวลาให้ผู้เกี่ยวข้อง คือ อาจารย์ช่างอุตสาหกรรม (แผนกวิชาช่างไฟฟ้า แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และแผนกวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์) และอาจารย์คณิตศาสตร์ จำนวน 29 คนได้พิจารณาความเหมาะสมในขั้นต้น

3. ปรับแก้หัวข้อเนื้อหาและเวลาตามคำแนะนำของผู้เกี่ยวข้อง และขอรับคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้ง

4. สร้างหลักสูตร (ฉบับร่าง 1) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 24 คน ตรวจสอบความเหมาะสม และความสอดคล้องของหลักสูตร จากนั้นจึงปรับปรุงหลักสูตร แล้วนำหลักสูตรดังกล่าว (ฉบับร่าง 2) ไปทดลองใช้ในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

หลักสูตร (ฉบับร่าง 1) ได้ดำเนินการ 2 หน่วย คือ

หน่วยที่ 1 : ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า (บูรณาการทั้งหน่วย)

หน่วยที่ 7 : ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า (บูรณาการบางส่วน)

**ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา
คำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคล โดยจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด**

ผู้วิจัยนำหลักสูตร (ฉบับร่าง 2) ไปทดลองใช้ โดยดำเนินการดังนี้

หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและ
การแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ภาคเรียนที่ 1/2549 (มิถุนายน – สิงหาคม 2549)

หน่วยที่ 7 : ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหา
ทางวงจรไฟฟ้า ภาคเรียนที่ 1/2549 (กันยายน 2549) และภาคเรียนที่ 2/2549 (พฤศจิกายน – ธันวาคม
2549 และ มกราคม 2550)

**ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์
กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคล**

ผู้วิจัยได้นำผลจากการทดลองใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง 2) มาปรับปรุงแก้ไขเป็นหลักสูตร
(ฉบับจริง) ที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ผลการศึกษาในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านนักศึกษา ด้านอาจารย์
และด้านเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตร การบูรณาการและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด

1.1 ด้านนักศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณ
ของช่างอุตสาหกรรมภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง หากแยกพิจารณาเป็นแผนกวิชาช่างบางแผนก
อยู่ในระดับต่ำ นักศึกษาส่วนใหญ่มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง มองเห็น
ความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ แต่ไม่มั่นใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ไม่เข้าใจวิชาคณิตศาสตร์
มากนัก แต่ทราบว่าต้องนำไปใช้ในการเรียนวิชาอื่นๆ ในวิชาช่างของแต่ละแผนกโดยเฉพาะเนื้อหา
เรื่องการแก้สมการ ตรรกะนิเสธ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ อนุพันธ์ ปริพันธ์ และจากการศึกษา
รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของ สรุปได้ว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบ
ร่วมมือ

1.2 ด้านอาจารย์ ให้ความเห็นว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการ
เรียนสายช่างอุตสาหกรรมมาก ต้องนำไปใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของแต่ละช่าง การมีพื้นฐาน
คณิตศาสตร์ที่ดีจะทำให้การเรียนรู้ในวิชาคำนวณของช่างเป็นไปด้วยดี และครูคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่

เป็นคนเจ้าระเบียบ มีเหตุผลผู้เรียนจะชอบครูที่มีรูปแบบการสอนที่ดีและไม่ให้เนื้อหาที่มากเกินไป การสอนคำนวณควรมีการนำสื่อมาใช้ วิธีที่ดีที่สุดในการสอน คือ การทำโจทย์ตัวอย่างไปพร้อมๆ กับผู้เรียน และความคิดเห็นเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมจะเป็นไปในแนวทางเดียวกันในแนวทางเดียวกัน กล่าวคือ ส่วนใหญ่เด็กที่เก่งวิชาคณิตศาสตร์จะมีความสามารถในวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมด้วย ปัจจุบันเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่นักศึกษาเรียนอยู่มีลักษณะหลากหลายเกินไป บางเรื่องไม่ได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของบางแผนกช่าง การสอนวิชาคำนวณของช่างต้องย้อนกลับไปทบทวนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากความรู้พื้นฐานเดิมของนักศึกษาค่อนข้างต่ำ จากการศึกษาความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาได้ข้อสรุปว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมทุกแผนกช่างมีความเชื่อมโยงกัน

1.3 ด้านเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตร การบูรณาการและการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ผู้วิจัยได้ดำเนินการบูรณาการ 2 รูปแบบ คือ การบูรณาการภายในวิชาซึ่งเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) และการบูรณาการระหว่างวิชาซึ่งเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คือ คณิตศาสตร์ (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) กับเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วิชาวงจรไฟฟ้า) โดยยึดวิชาคณิตศาสตร์เป็นหลัก ซึ่งดำเนินการ 2 หน่วย คือ หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน
2. ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผูกพันด้วยตัวเอง
3. ผู้สอนคอยสนับสนุนการเรียนรู้ ให้แรงกระตุ้น และส่งเสริมการเรียนรู้ ผู้สอนจะไม่สอนวิธีการคิดให้กับผู้เรียน แต่จะคอยซักถามผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

4. ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของแต่ละคน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปราย เมื่อผู้เรียนได้รับคำตอบที่ต่างก็ร่วมกันหาข้อผิดพลาด

5. ผู้เรียนสรุปประเด็นที่ได้จากการเรียนรู้ โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้
6. ประเมินผลตามสภาพจริง

2. ผลการสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

การดำเนินการในขั้นตอนนี้แบ่งเป็น 3 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 เป็นการร่างหัวข้อเนื้อหาและกำหนดเวลาของหลักสูตรโดยให้อาจารย์ช่างอุตสาหกรรม (แผนกวิชาช่างไฟฟ้า) และอาจารย์คณิตศาสตร์ได้พิจารณาด้านเนื้อหาและเวลาว่ามีความเหมาะสม ขั้นที่ 2 เป็นการขอรับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ขั้นที่ 3 เป็นการสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 1) จากนั้นนำหลักสูตร(ฉบับร่าง 1) ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมิน ได้ข้อสรุปว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.45$ และ $S.D. = 0.50$) และเห็นว่าหลักสูตรมีความสอดคล้อง ($IOC = 0.89$) นำข้อแนะนำต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไขเป็นหลักสูตร (ฉบับร่าง 2) เพื่อไปทดลองใช้

3. ผลการนำหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมไปทดลองใช้

ผู้วิจัยนำหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ฉบับร่าง 2) ไปทดลองใช้กับนักศึกษาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างไฟฟ้า ปีการศึกษา 2549 ภาคเรียนที่ 1 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และภาคเรียนที่ 1 และ 2 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ผลการประเมินและปรับปรุงหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

จากการทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ฉบับร่าง 2) ผู้วิจัยได้นำผลมาปรับปรุงหลักสูตร ด้านการลดจำนวนข้อของใบงานและแบบทดสอบ การเพิ่มชุดฝึกที่ง่ายในการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างเหมาะสมกับเวลา

อภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2540 – 2545 ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีหลายแผนกช่างที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำเมื่อแยกพิจารณาในรายละเอียด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิตยา เลิศวิรณนทร์ (2530) เอิบศรี ตูษะเดช (2539) และ สมมาต บรรจงรัตน์ (2540) กล่าวคือ ควรปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้ดีขึ้น และเมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2540 – 2545 ก็มีลักษณะเดียวกันกับวิชาคณิตศาสตร์ คือ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง หากแยกพิจารณาในรายละเอียดจะได้ว่ามีหลายแผนกช่างที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน และจากการศึกษาข้อมูลเรื่องเจตคติของผู้เรียนได้ข้อสรุปว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มองเห็นคุณค่าและความสำคัญของคณิตศาสตร์ว่าต้องนำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของตนเอง ยังมีความจำเป็นต้องใช้เนื้อหาจากวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในเรื่องของลิมิตและความต่อเนื่อง อนุพันธ์ และปริพันธ์ เป็นต้น จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนจากเอกสารหลักสูตรและอาจารย์สรุปว่า เนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม อาจารย์ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ว่ามีความสำคัญและมีผลโดยตรงต่อการเรียนการสอนในวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ผลจากการศึกษารูปแบบการเรียนรู้อันพบว่ามีผู้เรียนส่วนใหญ่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ ดังนั้นในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้จึงควรมีลักษณะของการแลกเปลี่ยนกัน

2. การสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ในการสร้างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ประกอบด้วยเนื้อหาและการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

2.1 เนื้อหาที่มีความเชื่อมโยง ผู้เรียนสามารถนำความรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน (ได้แก่ สมการ ตรรกศาสตร์ พีชคณิต ฯลฯ) มาใช้ในการเรียนคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ แคลคูลัส) และสามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วงจรไฟฟ้า) ดังที่ วิเชียร อินทสมพันธ์ (2546) สุวิทย์ มูลคำ และ

อรรถย มูลคำ (2545) สำลี รักสุทธี และคณะ (2544) ได้กล่าวถึงหลักของการบูรณาการไว้ว่า เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง มองเห็นความสัมพันธ์ เกิดความคิดรวบยอด ได้แบ่งปันความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ร่วมมือในการเรียนรู้ นอกจากหลักสูตรบูรณาการจะช่วยให้เรื่องความต่อเนื่องในการเรียนรู้ของผู้เรียนแล้ว ยังเป็นการลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ลดระยะเวลาเรียน และลดภาระงานของผู้สอนอีกด้วย

2.2 การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ใช้การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดซึ่งเน้นเรื่องวิธีคิดหาคำตอบของผู้เรียน ตามที่ Carpenter; et. al. (2004) Franke;& Weishaupt (1998) Fashola;& Slavin (1997) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดมาจากฐานคิดที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการคิดของผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้สอน และประการที่ 2 การเชื่อมโยงความรู้ใหม่อย่างสมเหตุสมผลกับความรู้เดิมที่มีอยู่ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง โดยมีลำดับหัวข้อในการเรียนรู้ เป็นการเรียนการสอนที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาและความเข้าใจในตัวผู้เรียน และเป็นลักษณะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ผู้เรียนได้รับความรู้หลายรูปแบบจากการร่วมมืออภิปรายกับเพื่อนๆ

การที่ผู้เรียนสามารถนำเสนอแนวทางการหาคำตอบได้นั้นจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ที่ดีมาก่อน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้หาคำตอบตามความคิดของตนเอง (ขั้นตอนที่ 2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผูกผันด้วยตนเอง) ผู้เรียนได้ทราบข้อบกพร่องของตนเอง และช่วยเหลือกันในการได้คำตอบที่ถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหา นำเสนอแนวคิดที่แตกต่าง (ขั้นตอนที่ 4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้) สรุปประเด็นในการเรียนรู้แต่ละเรื่องโดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 5 และใช้การประเมินผลผู้เรียนตามสภาพจริง ไม่เน้นการแข่งขัน นอกจากการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดจะส่งผลที่ดีต่อผู้เรียนแล้ว ยังทำให้ผู้สอนได้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน สามารถแนะนำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถที่มีอยู่

การดำเนินการสร้างหลักสูตรต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ทั้งผู้สอน วิชาคณิตศาสตร์และผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้ยึดเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) เป็นหลักในการดำเนินการลักษณะความเชื่อมโยงของเนื้อหาคณิตศาสตร์พื้นฐานและเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วิชาวงจรไฟฟ้า) การประสานความคิดและการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์และผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้องเรียนรู้ลักษณะการประยุกต์ใช้ สิ่งที่ได้รับนอกจากหลักสูตรแล้ว ผู้วิจัยได้รับฟังความคิดเห็นมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

การประเมินหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาและความสอดคล้อง ได้ข้อสรุปว่า หลักสูตรมีความเหมาะสมและมีความสอดคล้อง สามารถนำหลักสูตรไปใช้งานได้ แต่มีข้อแนะนำเพิ่มเติมในเรื่องของใบงานที่มากเกินไปอาจจะไม่สัมพันธ์กับระยะเวลาเมื่อไปทดลองใช้ ผู้วิจัยจึงได้ปรับจำนวนข้อของใบงานและแบบทดสอบ

3. การนำหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมไปทดลองใช้

ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ฉบับร่าง 2) ไปทดลองใช้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดซึ่ง Peterson; et. al (1991); Franke; & Weishaupt (2004) กล่าวว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิด ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียนผู้เรียนคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาฝึกฝนด้วยตัวเอง ผู้สอนคอยสนับสนุนการเรียนรู้ให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้ โดยผู้สอนจะไม่สอนวิธีการคิดให้กับผู้เรียนแต่จะคอยซักถามผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของแต่ละคน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกันอภิปราย เมื่อผู้เรียนได้รับคำตอบที่ต่างกักร่วมกันหาข้อผิดพลาด ผู้เรียนสรุปประเด็นที่ได้จากการเรียนรู้โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และประเมินผลตามสภาพจริง โดยการจัดห้องเรียนให้มีบรรยากาศในการเรียนรู้ ศึกษารูปแบบการเรียนรู้ สังเกตพฤติกรรมผู้เรียน และทดสอบผู้เรียนก่อนและหลังการใช้หลักสูตร ซึ่งในการดำเนินการทดลองใช้หลักสูตร 2 หน่วยสรุปได้ดังนี้

หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน คือ สมการพีชคณิต ตรีโกณมิติ เป็นต้น มาใช้ในการหาคำตอบเรื่องพีชคณิตเมตริกซ์ ดีเทอร์มิแนนต์ เมตริกซ์ผกผัน และเมตริกซ์ผกผันได้ เนื่องจากเนื้อหาไม่ยาก ตลอดจนการประยุกต์ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้าได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้เรียนได้เรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าซึ่งอยู่ในเวลาใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถวิเคราะห์วงจรออกมาในรูประบบสมการ และนำความรู้เรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ไปใช้ในการหาคำตอบได้

หน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ผู้เรียนส่วนใหญ่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ เนื่องจากเนื้อหาในหน่วยนี้ค่อนข้างยาก นอกจากนี้ยังมีปัญหาในเรื่องการกำหนดเวลาของภาคเรียนที่ 1 และ 2 ที่มีระยะเวลาของการปิดเทอมทำให้ขาดความต่อเนื่องของเนื้อหา การเรียนรู้เรื่องแคลคูลัสในหน่วยที่ 7 ต้องอาศัยความเชื่อมโยงของเนื้อหาอนุพันธ์ในภาคเรียนที่ 1/2549 และปริพันธ์ในภาคเรียนที่

2/2549 หากการพัฒนาหลักสูตรสามารถดำเนินการให้ครอบคลุมในช่วงการปิดภาคเรียนจะมีผลต่อการเรียนรู้ที่ดีขึ้นได้ แนวทางในการแก้ไขซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เวลานอกจากที่กำหนดไว้ตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้มาทบทวนเนื้อหาดังกล่าว โดยใช้การสอนเป็นกลุ่มย่อยนอกเวลาและการใช้ชุดฝึกเพิ่มเติม และจากข้อจำกัดเรื่องใบงานและแบบทดสอบยังไม่สอดคล้องกับเวลา ผู้วิจัยจึงได้ปรับจำนวนข้อให้เหมาะสม และขอเวลาจากผู้สอนคนอื่นในการดำเนินการบางครั้ง เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แต่ละครั้ง นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องการไม่มาเรียนของผู้เรียนบางคน ทำให้ขาดความต่อเนื่องในการเรียนรู้ และการทำใบงานช้าเนื่องจากผู้เรียนยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ผู้สอนจึงต้องมีเวลาให้กับผู้เรียนในประเด็นดังกล่าวด้วย เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้

ผลจากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมมาต บวรจรรย์รัตน์ (2540) พูนสุข อุดม (2546) และ ศิริพร มโนพิเชษฐวัฒนา (2547) กล่าวคือ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ได้จากการบูรณาการเนื้อหาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งใน 2 หน่วยเรียน จากการประเมินผู้เรียนโดยทั่วไป พบว่า มีความกล้าแสดงความคิดเห็นมากขึ้นกล่าวคือ ผู้เรียนจะซักถามและเสนอความคิดเห็นในการแก้โจทย์ปัญหาในในงานที่ได้รับมอบหมาย รวมไปถึงการแสดงความกล้าซักถามในการเรียนคณิตศาสตร์ในหน่วยอื่นๆ ถึงแม้ว่าจะยังเป็นความคิดที่ผิดอยู่บ้าง แต่เป็นการฝึกในเรื่องการคิดแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ซึ่งจะส่งผลที่ดีต่อผู้เรียนในอนาคต และจากการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดจาก 6 ขั้นตอนนั้น ทุกขั้นตอนมีความสำคัญ โดยเฉพาะในขั้นตอนที่ 3 ผู้สอนต้องกระตุ้นและเสริมแรงเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และการประเมินผลตามสภาพจริงของการดำเนินการลักษณะนี้ไม่ได้มุ่งเน้นที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หากแต่เป็นการให้ความสำคัญกับพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันมากขึ้น

4. การประเมินและปรับปรุงหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยนำผลจากการประเมินหลักสูตรของผู้เชี่ยวชาญและข้อมูลจากการทดลองใช้มาปรับปรุงเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้เหมาะสมกับผู้เรียน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำหลักสูตรไปใช้

1.1 หลักสูตรบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบ ผู้สอนควรศึกษารูปแบบการเรียนรู้และสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะการรู้คิดเป็นรูปแบบหนึ่งที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความเข้าใจ และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับการดำเนินการทั้ง 6 ขั้นตอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นที่ 3 (ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนต้องใช้ความพยายามชี้แนะให้ผู้เรียนได้มองเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหา คณิตศาสตร์ ผู้สอนอาจจะต้องย้อนไปทบทวนตั้งแต่คณิตศาสตร์พื้นฐานที่เรียนมาก่อนการเรียนคณิตศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากนั้นจึงชี้แนะให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงคณิตศาสตร์ไปสู่การประยุกต์ใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม การเป็นผู้สอนที่มีความเข้าใจผู้เรียนและจริงใจในการชี้แนะให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญในการนำหลักสูตรไปใช้

1.2 การนำหลักสูตรไปใช้โดยเฉพาะในหน่วยที่ 7 ควรได้ดำเนินการในระยะเวลาที่มีความต่อเนื่องกัน ระยะเวลาช่วงปิดภาคเรียนจะส่งผลต่อผู้เรียนในการเชื่อมโยงเนื้อหา คณิตศาสตร์ เรื่องปริพันธ์ที่จำเป็นต้องอาศัยพื้นฐานความรู้เรื่องอนุพันธ์มาก่อน

1.3 การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรดำเนินการให้เป็นระยะเวลาเดียวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมในเนื้อหาที่ต้องอาศัยคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหา คณิตศาสตร์ (วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และ วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2) กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วิชาวงจรไฟฟ้า) ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

1.4 การกำหนดระยะเวลาการใช้หลักสูตรต้องมีความยืดหยุ่นค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญอีกประการที่ผู้สอนต้องคำนึงถึง

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

2.1 ผู้สอนคณิตศาสตร์ควรพัฒนาเนื้อหาวิชาเรื่องอื่นๆ ได้แก่ จำนวนเชิงซ้อน ภาคตัดกรวยลิมิตและความต่อเนื่อง เป็นต้น โดยเน้นการบูรณาการเนื้อหาดังกล่าวกับวิชาคำนวณของช่างไฟฟ้าซึ่งเป็นสาขาวิชาหนึ่งที่ต้องใช้ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา คณิตศาสตร์ค่อนข้างมาก และในการจัดการเรียนการสอนควรดำเนินการในลักษณะคู่ขนานกัน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความชัดเจนยิ่งขึ้นในการมองเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหา

2.2 ผู้สอนคณิตศาสตร์ควรพัฒนาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างไฟฟ้า และช่างอุตสาหกรรมสาขาอื่นๆ ในระดับปริญญาตรี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาในวิชาแคลคูลัสเรื่องอนุพันธ์หลายตัวแปร เทคนิคการหาค่าปริพันธ์ เป็นต้น

2.3 ผู้สอนวิชาพื้นฐาน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ ภาษาไทย เป็นต้น สามารถนำแนวทางการดำเนินการที่กล่าวมาไปประยุกต์ใช้ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิชาพื้นฐานกับวิชาของช่างอุตสาหกรรมสาขาอื่นๆ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ได้แก่ ช่างยนต์ ช่างกลโรงงาน ช่างโลหะ ช่างก่อสร้าง เป็นต้น ตลอดจนการพัฒนาในระดับปริญญาตรีโดยศึกษาข้อมูลพื้นฐานในด้านความจำเป็น ความต่อเนื่องของเนื้อหาวิชาตามความเหมาะสม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กฤษมันต์ วัฒนานรงค์. (2536). เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- _____. (2538). อาชีวศึกษา:ปรัชญา หลักการและทฤษฎี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กมล เอกไทยเจริญ. (2547). การศึกษามูลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของผู้เรียนระดับปริญญาตรี สาขาคณิตศาสตร์ที่มีต่อการเรียนวิชาพีชคณิตเชิงเส้นโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- คมเพชร ฉัตรสุกกุล. (2546). กิจกรรมกลุ่มในโรงเรียน. กรุงเทพฯ : ธนัชการพิมพ์.
- ชนศักดิ์ ป้ายเที่ยง. (2539). การพัฒนาประสิทธิภาพโมเดลวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับหลักสูตรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับปริญญาตรี โดยใช้แผนทิมโนทัศน์. ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์ดุสิตบัณฑิต. (อุดมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ชวนสิทธิ์ สุชาติ. (2532). การเปรียบเทียบแบบการเรียนของนิสิตคณะศึกษาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา.ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชาติรี มณีโกศล. (2539). การพัฒนาหลักสูตรการวิจัยปฏิบัติการสำหรับครูประถมศึกษา. ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุสิตบัณฑิต. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชีลี. (2540). การสอนแบบหน่วยเนื้อหาบูรณาการ. แปลโดย เชิดศักดิ์ ชุมนุม. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- ฉวีวรรณ เสวตมาลย์. (2545). การพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ฐิติพร พิษณุกุล. (2547). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการแก้ปัญหาเชิงอนาคตของนักศึกษาสถาบันราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุสิตบัณฑิต. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. (2546). การประเมินวิธีเรียนของผู้เรียน. ใน การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่. สุวิมล ว่องวาณิช. บรรณาธิการ. หน้า 101 – 143. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ดิลก ดิลกานนท์. (2534). การฝึกทักษะการคิดเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. ปริญญาานิพนธ์ การศึกษาศาสตรบัณฑิต. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทักษิณา เครือหงส์. (2540). ผลของเขาวนปัญญา บุคลิกภาพ และความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์. ปริญญาานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาประถมศึกษา. (เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- _____. (2546; 2547). การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิศูนย์นนทบุรี. รายงานการศึกษาค้นคว้าเฉพาะเรื่อง.
- ธวัชชัย เทียนประทีป. (2541). การประเมินหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา ศิลปหัตถกรรมของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับปรับปรุง) พุทธศักราช 2530. ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ถำรง บัวศรี. (2542). ทฤษฎีหลักสูตร:การออกแบบและพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.
- นวรรตน์ อนันต์สิน. (2545). เอกสารการสอนชุดวิชา 96102 คณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (หน่วยที่ 7 อนุพันธ์และการประยุกต์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : บ.ประชุมช่าง จำกัด.
- นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์. (2544, สิงหาคม). การจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษาในยุคปฏิรูปการศึกษา วารสารวิชาการ. 4(8): 22 – 28.
- น้อมศรี เคท. (2547, มีนาคม – มิถุนายน). คุณภาพหลากหลายที่ได้จากการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วารสารครุศาสตร์. 32(3) : 18 – 28.
- นิเทศ สนั่นนารี. (2547). แนวทางให้การศึกษาตามแนวพุทธลีลาในการสอน:วิธีสอนที่ยึดผู้เรียน เป็นสำคัญ วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2 (พิเศษ) : 150 – 156.
- นิตยา เลิศวีรนนทรรัตน์. (2530). ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรมตามการรับรู้ของครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายและวิทยาลัยเทคนิค. ปริญญาานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

- นันทนวล มีโย. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความชอบของนักเรียนที่มีรูปแบบการเรียนแตกต่างกันด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชคณิตศาสตร์ เรื่องการหาดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์. ปรินญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. (เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- บรรพต สุวรรณประเสริฐ. (2544). การพัฒนาหลักสูตรโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. เชียงใหม่: โรงพิมพ์แสงศิลป์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2543). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่6. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- _____. (2546). การพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. (2545). การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ:แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- ปรีชา นันทาภิวัฒน์. (2544). พจนานุกรมหลักธรรมพระพุทธศาสนา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงแก้ว.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2539). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.
- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2546, กุมภาพันธ์). คณิตศาสตร์สำคัญอย่างไร วารสารวิชาการ : สถาบันราชภัฏร้อยเอ็ด.1(1) : 107 – 110.
- ผจญ โกจารย์ศรี. (2545). การพัฒนาวิชาที่ครูโดยการร่วมมือกันจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. ปรินญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต. (หลักสูตรและการสอน). ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- พจรินทร์ สิทธีวรชาติ. (2539). ผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์. ปรินญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. (เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- พวงพยอม วรารัศมี. (2545). การสร้างหน่วยการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยแบบบูรณาการสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. รายงานการศึกษอิสระ ปรินญานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. (การประถมศึกษา). ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.

- พูนสุข อุดม. (2546). การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบพหุวิทยาการร่วมกับวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง. ปรินญาณิพนธ์การศึกษาศุภบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เพชรรัตน์ จันทรแสนวิไล. (2545). เอกสารการสอนชุดวิชา 96102 คณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (หน่วยที่ 5 เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : บ.ประชุมช่าง จำกัด.
- ไพฑูรย์ สีนลารัตน์. (2546). การเรียนรู้การสอนที่มีการวิจัยเป็นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนัส บุญประกอบ และคณะ. (2547). พลิกปัญหาให้เป็นปัญญา. กรุงเทพฯ: ธนัชการพิมพ์.
- มณฑรา ธรรมบุศย์. (2003). ลีลาการเรียนรู้ (Online) Available: [www.chandra.ac.th/educate /data/teacher](http://www.chandra.ac.th/educate/data/teacher). Retrieved June 28, 2004.
- วีวรรณ อังคนุรักษ์พันธุ์. (2543, พฤษภาคม – 2544, มีนาคม). รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิต สังกัดทบวงมหาวิทยาลัย ส่วนภูมิภาค วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 13 (1) : 67– 75.
- รอยพิมพ์ใจ เพชรกุล. (2544, พฤษภาคม-สิงหาคม). การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ วารสารสถาบันพัฒนาครูอาชีวศึกษา. 9(19) : 26 – 27.
- _____. (2546, พฤษภาคม – สิงหาคม). “การจัดอาชีวศึกษาโดยบูรณาการคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์” วารสารสถาบันพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา. 1(1) : 53 – 63.
- รุจิร ภูสาระ. (2545). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: บัค พอยท์ จำกัด.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2537). กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน:ภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- _____. (2543). วิสัยทัศน์การศึกษา. นนทบุรี: เอส อาร์ พรินติ้ง.
- _____. (2544). “แนวทางการวิจัยในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้:ผู้เรียนสำคัญที่สุด”. บทบาทครูกับการวิจัยในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- วิเชียร เกตุสิงห์. (2538, กุมภาพันธ์-มีนาคม). ค่าเฉลี่ยกับการแปลความหมาย : เรื่องง่ายๆ ที่บางครั้งก็พลาดได้ วารสารการวิจัยการศึกษา. 18(3) : 8 – 11.

- วิเชียร อินทรสมพันธ์. (2546). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพการบูรณาการ
จริยธรรมในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับครูมัธยมศึกษา. ปรินิพนธ์การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิเศษ ชิดวงศ์. (2544, พฤษภาคม). การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ วารสารวิชาการ. 4(5) : 22 – 29.
- ศศิรัศม์ สรียากานนท์. (2540). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ
ทอแรนซ์. ปรินิพนธ์การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริพร มโนพิเชษฐวัฒนา. (2547). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบ
บูรณาการที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่กระตือรือร้น เรื่องร่างกายมนุษย์. ปรินิพนธ์การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมโพธิ วิวิธเกียรติก. (2543). การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีเมตริกซ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สงัด อุทรานนท์. (2528). พื้นฐานและหลักการพัฒนาคณิตศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มวิชาศึกษาทั่วไป
สาขาวิชาคณิตศาสตร์.
_____. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชา
เครื่องกล สาขาวิชาช่างยนต์.
_____. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชา
เทคโนโลยีการผลิต สาขาวิชาช่างกลโรงงาน.
_____. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชา
เทคโนโลยีการผลิต สาขาวิชาช่างโลหะ.
_____. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชา
เทคโนโลยีการผลิต สาขาวิชาช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์.
_____. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชา
ไฟฟ้า สาขาวิชาไฟฟ้า.

- _____. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชาไฟฟ้า สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์.
- _____. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชาไฟฟ้า สาขาวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์.
- _____. (2542). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สายวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชาโยธา สาขาวิชาช่างก่อสร้าง.
- สมบุญ ณ. (2525). ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ สมรรถภาพทางสัญลักษณ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์. ปรินญานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สมมาต บรรจงรัตน์. (2540). การพัฒนาการเรียนการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ทางอุตสาหกรรมในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. ปรินญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมศักดิ์ สันธะเวชญ์. (2544). กิจกรรมพัฒนาผู้เรียนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- สาคร บุญดาว. (2544). เอกสารการสอนชุดวิชา 22351 คณิตศาสตร์ 3 (หน่วยที่ 3 ดีเทอร์มิแนนต์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : บ.ประชาชน จำกัด.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. (2546). การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จำกัด.
- สุธาสนี บุญญาพิทักษ์. (2545). การพัฒนาหลักสูตรฐานวิจัยในชั้นเรียน สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. ปรินญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุนีย์ ภูพันธ์. (2546). แนวคิดพื้นฐานการสร้างและการพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โนเลจเซ็นเตอร์.
- สุภาวดี ตั้งบุปผา. (2533). การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กรุงเทพมหานคร. ปรินญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สุริยา ผลโพธิ์. (2528). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกและความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร. ปรินุณยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2537). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวัฒนา อุทัยรัตน์. (2546). วิธีและเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ ;และ อรทัย มูลคำ. (2545). 19 วิธีจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์การสอนคิดบูรณาการ. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.
- แสงเดือน ทวีสิน; นางนุช ภัทราคร และ; ธันยวิษ วิเชียรพันธ์. (2545, ตุลาคม – ธันวาคม). สไต์การเรียนรู้ของนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาตรี เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลวารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 25 (4) : 335 – 345.
- สำลี รักสุทธี ;และคณะ. (2544). เทคนิควิธีการพัฒนาหลักสูตรแบบบูรณาการ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.
- หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการศึกษานอกโรงเรียน. (2543). รวมบทความเรื่องน่ารู้เกี่ยวกับบูรณาการการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว.
- อรรถสิทธิ์ วชิรเมธี. (2536). รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดสุโขทัย. ปรินุณยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (คณิตศาสตร์). พิษณุโลก : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร.
- อนุสรณ์ จันทพันธ์ ;และ บุญชัย โกศลธนากุล. (2547). จิต 6:ศาสตร์ในการอ่านใจคน. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- อเนก เตชะสุข. (2542). ความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อผู้สอน ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความวิตกกังวลในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และควมมีวินัยในตนเอง กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดกาฬสินธุ์. ปรินุณยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การวัดผลการศึกษา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- อัมพร ม้าคนอง. (2546). คณิตศาสตร์:การสอนและการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- _____. (2545, พฤศจิกายน – 2546, กุมภาพันธ์). ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์ วารสารครูศาสตร์ . 31(2) : 1 – 9.
- อารี พันธมณี. (2547). ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์. . พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไผ่ไหม.
- อารี สันทนต์. (2535). พหุปัญญาประยุกต์. กรุงเทพฯ : สมาคมเพื่อการศึกษาเด็ก.
- อุษาวดี จันทสนธิ. (2544). เอกสารการสอนชุดวิชา 22351 คณิตศาสตร์ 3 (หน่วยที่ 2 เมตริกซ์ 2). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : บ.ประชาชน จำกัด.
- เอิบศรี ตุษยะเดช. (2539). ปัญหาการสอนคณิตศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรม 3 (สค 211) ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมช่วงอุตสาหกรรมกรมสามัญศึกษา. ปรินิพนธ์นิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- Carpenter, T.P.; et al. (1999). Children's Mathematics : Cognitive Guided Instruction. Portsmouth: Heinemann.
- Fashola, O. S.;& Slavin, R. E. (1997). Effective and Replicable Program for Students Placed At Risk in Elementary and Middle Schools. (Online) Available: <http://www.successforall.com/resourc/research/effective.htm> Retrieved : 25 November, 2004.
- Fogarty, Robin. (1998). How to Integrated the Curricular. (Online) Available: <http://web.usf.edu/~lc/lcfaculty/integrate.html>. Retrieved November 11, 2004.
- Franke, M. L.; & Weishaupt. L. (1998). Using Children's Thinking to Teach Mathematics. (Online) Available: <http://www.gseis.ucla.edu/research/uesc.html>. Retrieved November 25, 2004.
- Glatthorn, A. A. (2000). The Principle as Curriculum Leader. 2nd ed. Corwin Press, Inc.
- Gomez, P.;& Rico, L. (2004). Integration of didactical knowledge and mathematical content knowledge in pre-service teacher training. (Online) Available: <http://www.icme-organisers.dk/dg06/Final/DG6-Gomey&Rico.doc> Retrieved June 3, 2004.
- Hankes, J. E. (1998). Cognitive Guided Instruction & System Reform Native American Pedagogy and CGI. (Online) Available: <http://www.wcer.wisc.edu/ccvi/zz-pubs/newsletter/fall2000> Retrieved May 19, 2004.
- Heddens, J. ;& Speer, W. (2001). Today's Mathematics : Part I Concepts and Classroom Methods. New York:John Wiley & Sons.

- Hensen T. Kenneth. (2001). Curriculum Planning : Integrating Multiculturalism, Constructivism, and Education Reform. Second Edition. New York: McGraw – Hill.
- Hiebert, J.; et al. (1997). Making Sense : Teaching and Learning Mathematics.
Postmouth: Heinemann.
- Lake, K. (2000). Integrated Curriculum. (Online) Available:
<http://www.nwrel.org/scpd/sirs/8/c016.html>. Retrieved August 16, 2004.
- North Central Regional Educational Laboratory. (1991). Cognitive Guided Instruction.
(Online) Available: <http://www.ncrel.org/sdrs/areas/issues/content/cntareas/math/ma3cgi.htm>. Retrieved August 31, 2004.
- Ornsten, A. C.; & Hunkins, F. P. (2004). Curriculum:Foundations, Principles, and Issues.
Fourth Edition. New York: Pearson Education.
- Peterson, P. L.; Fennema, E.; & Carpenter, T. (1991). Using Children' s Mathematical
Knowledge. in Teaching Advanced Skills to At-Risk Students. Vol.3. pp. 68 – 101.
California: Jossey – Bass.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1
2. จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2
3. จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม
4. เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546
5. ความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546
6. รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2548
7. ผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของอาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546
8. ความสัมพันธ์ของวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม
9. ผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

ตาราง 25 จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน
เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตามผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1

ปีการศึกษา	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน							รวม
	A	B+	B	C+	C	D+	D	
2540	34	–	82	–	152	–	86	354
2541	31	–	35	–	196	–	75	337
2542	35	28	45	80	98	45	18	349
2543	21	30	86	79	80	42	27	335
2544	63	50	57	67	69	38	29	373
2545	27	25	76	76	98	27	8	337

ตาราง 26 จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน
เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตามผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2

ปีการศึกษา	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน							รวม
	A	B+	B	C+	C	D+	D	
2540	16	–	79	–	176	–	83	354
2541	22	–	111	–	146	–	58	337
2542	11	17	26	79	144	50	22	349
2543	52	57	55	53	53	24	10	304
2544	4	16	37	56	114	63	83	373
2545	8	9	22	65	84	78	31	297

ตาราง 27 จำนวนนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน
เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2540 – 2545 จำแนกตามระดับ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

แผนกวิชา	วิชา	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน							รวม
		A	B+	B	C+	C	D+	D	
ช่างยนต์	เทอร์โมไดนามิกส์ (2540)	–	–	–	–	12	–	26	38
	กลศาสตร์วิศวกรรม (2541)	1	–	1	–	14	–	29	45
	กลศาสตร์ของแข็ง (2544)	2	1	8	3	2	9	23	48
ช่างกลโรงงาน	กลศาสตร์ของแข็ง (2540)	2	–	8	–	17	–	22	49
	กลศาสตร์ของแข็ง (2542)	5	–	1	3	6	7	31	53
	กลศาสตร์ของแข็ง (2545)	–	–	3	3	8	5	22	41
ช่างโลหะ	กลศาสตร์ของแข็ง (2540)	–	–	2	–	4	–	52	58
	กลศาสตร์ของแข็ง (2541)	–	–	9	–	15	–	17	41
	กลศาสตร์ของแข็ง (2543)	3	–	–	7	9	9	21	49
ช่างผลิตเครื่องมือ	กลศาสตร์ของแข็ง (2540)	1	–	3	–	8	–	6	18
และแม่พิมพ์	กลศาสตร์ของแข็ง (2541)	1	–	5	–	15	–	4	25
	กลศาสตร์ของแข็ง (2545)	2	–	–	2	4	3	6	17
ช่างไฟฟ้า	แม่เหล็กไฟฟ้าเบื้องต้น (2541)	1	–	12	–	36	–	15	64
	ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ (2543)	3	7	10	7	12	18	10	67
	วงจรไฟฟ้า (2544)	13	10	9	11	4	6	5	58
ช่างอิเล็กทรอนิกส์	สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (2540)	2	–	17	–	33	–	12	64
	วงจรไฟฟ้า (2543)	2	5	4	7	8	7	34	67
	สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (2544)	4	5	5	14	15	13	4	60
เทคนิคคอมพิวเตอร์	สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (2544)	9	7	3	8	10	18	5	60
	วงจรไฟฟ้า (2544)	6	5	6	8	4	6	25	60
	วงจรไฟฟ้า (2545)	2	4	6	8	10	10	9	49
ช่างก่อสร้าง	กลศาสตร์ของแข็ง (2541)	6	–	11	–	12	–	29	58
	กลศาสตร์ของไหล (2543)	7	3	9	10	6	8	16	59
	กลศาสตร์ของไหล (2544)	3	–	4	8	7	4	19	45

ตาราง 28 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

รายการ	$\bar{X}$	S.D.
1. คณิตศาสตร์ฝึกให้คนคิดอย่างมีระบบ	3.81	0.81
2. การเรียนรู้คณิตศาสตร์จะสามารถเข้าใจได้ง่ายเพราะมีขั้นตอน	3.24	1.03
3. ข้าพเจ้าสนุกกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	2.84	1.09
4. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ก่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ	3.19	1.04
5. ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าวิชาอื่นๆ	2.56	1.13
6. การหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ยากและท้าทายความคิดเป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าชอบ	2.81	1.01
7. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ	2.99	1.15
8. ข้าพเจ้าสามารถเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ได้รวดเร็วกว่าวิชาอื่นๆ	2.56	1.00
9. ข้าพเจ้าสามารถตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าวิชาอื่นๆ	2.46	0.94
10. คณิตศาสตร์ช่วยให้การทำงานของข้าพเจ้ามีขั้นตอนดีขึ้น	3.07	0.93
11. ข้าพเจ้าไม่มีความสุขกับการคิดคำนวณที่ซับซ้อน	2.98	1.13
12. ข้าพเจ้าขยันทำแบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์เสมอ	2.97	1.02
13. ข้าพเจ้าไม่ชอบทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์	3.19	1.10
14. ข้าพเจ้ารู้สึกสบายใจเมื่อได้ทำงานที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์	2.73	0.94
15. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนสนุก	2.77	1.03
16. ข้าพเจ้าชอบทำแบบฝึกหัดวิชาอื่นมากกว่าคณิตศาสตร์	2.96	1.12
17. ข้าพเจ้ารู้สึกมั่นใจในการทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์เสมอ	2.35	1.04
18. ข้าพเจ้าชอบเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์อยู่เสมอ	2.50	0.99
19. คณิตศาสตร์ฝึกให้คนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล	3.48	1.02
20. ข้าพเจ้ามีความมั่นใจมากเมื่อมีการคิดคำนวณในวิชาต่างๆ ที่ต้องอาศัยคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน	3.04	1.04
21. ข้าพเจ้าชอบคิดถึงสิ่งที่ยู่อรอบตัวให้เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์อยู่เสมอ	2.78	0.92
22. การช่วยเหลือเพื่อนให้สามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ได้นั้นเป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าปฏิบัติอยู่เสมอ	2.86	1.10
23. เมื่อเข้าสอบวิชาคณิตศาสตร์ ข้าพเจ้าจะรู้สึกเป็นกังวลเสมอ	2.47	1.13
24. ข้าพเจ้าคิดว่าควรลดชั่วโมงเรียนวิชาคณิตศาสตร์แล้วไปเพิ่มชั่วโมงเรียนวิชาอื่นแทน	2.90	1.14
25. เมื่อผู้สอนให้ออกไปทำกิจกรรมคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน ข้าพเจ้าจะรู้สึกกลัว	3.08	1.07
26. ข้าพเจ้าชอบตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์	2.68	1.04
27. ถ้าได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้แล้วจะพบว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก	3.33	1.11
28. ข้าพเจ้าไม่ชอบเมื่อถูกถามปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์จากคนรอบข้าง	3.12	1.01
29. คนเรียนคณิตศาสตร์เก่งชอบถือความเห็นของตนเองเป็นใหญ่โดยไม่มีเหตุผล	2.92	1.14
30. ข้าพเจ้าชอบนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเสมอ	3.02	1.09

ตาราง 29 ความคิดเห็นต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

เนื้อหาวิชา	ความชอบ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
เนื้อหาพื้นฐานเดิมก่อนเรียนระดับ ปวส.						
1. การแก้สมการ	2.98	1.10	2.68	1.08	3.24	1.24
2. ความสัมพันธ์	2.72	1.03	2.39	.99	2.83	1.14
3. ทฤษฎีบทพีทาโกรัส	2.52	1.08	2.23	.92	2.62	1.06
4. ความน่าจะเป็น	2.86	1.18	2.51	1.07	2.76	1.15
5. ฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียล	2.59	1.13	2.22	1.07	2.76	1.20
6. ฟังก์ชันลอการิทึม	2.59	1.17	2.21	1.08	2.81	1.23
7. ฟังก์ชันตรีโกณมิติ	2.67	1.28	2.26	1.08	3.05	1.29
เนื้อหาที่เรียนในระดับ ปวส.						
1. เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์	3.04	1.29	2.81	1.21	2.99	1.30
2. จำนวนเชิงซ้อน	2.79	1.13	2.49	1.06	2.80	1.22
3. เรขาคณิตวิเคราะห์	2.73	1.17	2.48	1.05	2.98	1.24
4. ภาคตัดกรวย	2.57	1.15	2.29	1.03	2.80	1.21
5. ลิมิตและความต่อเนื่อง	2.58	1.19	2.29	1.06	2.72	1.24
6. อนุพันธ์	2.64	1.17	2.34	1.06	2.82	1.25
7. ปริพันธ์	2.62	1.28	2.20	1.11	3.14	1.37

ตาราง 30 รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
 ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2548

รูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์	$\bar{X}$	S.D.
แบบแข่งขัน (Competitive)	44.25	8.86
แบบร่วมมือ (Collaborative)	57.17	7.74
แบบหลีกเลี่ยง (Avoidance)	42.75	8.54
แบบมีส่วนร่วม (Participant)	53.03	6.56
แบบพึ่งพา (Dependent)	52.89	6.17
แบบอิสระ (Independent)	49.88	7.97

ผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมของอาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลโดยการสัมภาษณ์อาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรมในปีการศึกษา 2546 จำนวน 18 คน โดยมีประเด็นคำถาม 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ให้สัมภาษณ์ (ประกอบด้วย ชื่อ - สกุล วุฒิการศึกษา ตำแหน่ง ประสบการณ์การสอน และวิชาที่สอน) และตอนที่ 2 ประเด็นการสัมภาษณ์ (ประกอบด้วย เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อครูคณิตศาสตร์ที่สอน และที่เป็นเพื่อนร่วมงาน ความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม และแนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม) สรุปประเด็นได้ดังนี้

2.1.1 ทศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

การเข้าเรียนในสายช่างเมื่อจบ ม.3 อาจารย์ช่างอุตสาหกรรมบางคนต้องการหลบวิชาคำนวณ โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ กลัวการ Entrance คิดว่ายาก เมื่อจบ ปวช. จะสามารถหางานทำได้เลย แต่ถ้าเรียนสายสามัญก็ต้องจบปริญญาก่อนจึงจะมีโอกาสในการทำงาน การเลือกเรียนสาขาช่าง บางคนจะเลือกเองโดยเรียนตามคนข้างบ้าน คนใกล้ชิด บางคนพ่อแม่จะช่วยตัดสินใจในการเลือกเรียนสาขาช่าง แต่บางคนก็เรียนเพราะชอบทางช่างและชอบการคำนวณอยู่แล้ว อาจารย์ช่างอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ไม่ทราบว่าเรียนในสายช่างอุตสาหกรรมต้องใช้วิชาคณิตศาสตร์ค่อนข้างเยอะ บางแผนกช่างต้องใช้คณิตศาสตร์ขั้นสูง เช่น คณะวิชาช่างไฟฟ้าใช้ปริพันธ์หลายตัวแปร เป็นต้น แต่เมื่อเข้ามาแล้วก็ยอมรับและสามารถเรียนผ่านมาได้ หลายคนได้รับทุนเรียนดีเมื่อสำเร็จการศึกษาก็กลับมาเป็นครูในแต่ละแผนกช่าง ทุกคนกล่าวถึงวิชาคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่มีความสำคัญในการเรียนสายช่างอุตสาหกรรมมาก กล่าวคือ ผู้เรียนต้องนำไปใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของแต่ละช่าง การมีพื้นฐานคณิตศาสตร์ที่ดีจะทำให้การเรียนรู้นี้ในวิชาคำนวณของช่างเป็นไปด้วยดี

2.1.2 ทศนคติต่อครูคณิตศาสตร์

ครูคณิตศาสตร์มักเป็นคนเจ้าระเบียบ ขรึม ใส่แว่น สูงอายุ แต่เป็นมีเหตุผล และครูจะมีผลต่อการตั้งใจเรียนของเด็ก ผู้เรียนจะชอบครูที่มีรูปแบบการสอนที่ดีและไม่ให้เนื้อหาที่มากเกินไป ครูต้องใช้เวลาในการตรวจการบ้าน เพื่อผู้เรียนได้เข้าใจ แก้ไขข้อผิดพลาด ส่งผลให้เรียนดีขึ้น ในการสอนคำนวณควรมีการนำสื่อมาใช้บ้าง แต่อย่างไรก็ตามมีความคิดว่าวิธีที่ดีที่สุดในการสอนคือการทำโจทย์ตัวอย่างไปพร้อมๆ กับนักศึกษา ถ้าผิดก็แก้ไขตรงนั้นเลย ส่วนใหญ่จะมีครูที่ประทับใจและสำหรับครูคณิตศาสตร์ถึงแม้อาจจะดูในสายตาคนทั่วไป แต่ยังมีมุมมองที่ว่าเป็นความจำเป็น

ของครูที่ต้องเข้มงวดเพื่อให้ผู้เรียนตั้งใจเรียน และครูคณิตศาสตร์บางคนก็มีเทคนิคในการสอนที่ทำให้เข้าใจได้โดยไม่เน้นเนื้อหามากเกินไป สำหรับครูคณิตศาสตร์ที่เป็นเพื่อนร่วมงานไม่ค่อยได้สัมผัสกันมากนักแต่ก็มีมุมมองว่าเหมือนกับเป็นเพื่อนร่วมงานทั่วไป มีบางคนที่มีบุคลิกชัดเจนว่าสอนวิชาคณิตศาสตร์

2.1.3 รูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์

การสอนคณิตศาสตร์ยังไม่เหมาะสม นักศึกษายังไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในวิชาคำนวณของช่าง บางแผนช่างได้ปรับหลักสูตรใหม่ นักศึกษาจะเรียนคณิตศาสตร์เพียง 1 วิชา คือ วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ทำให้เกิดปัญหาในการเรียนวิชาคำนวณของช่างและการศึกษาต่อ นักศึกษาส่วนใหญ่จึงนิยมไปเรียนพิเศษในช่วงปี 2 ที่เน้นการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ วิชาคำนวณช่าง และวิชาภาษาอังกฤษ โดยจะเน้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นอันดับแรกเนื่องจากมีความคิดว่าถ้าหากเข้าใจคณิตศาสตร์จะสามารถเรียนรู้เนื้อหาในวิชาคำนวณของช่างได้ไม่ยาก ในปัจจุบันนักศึกษาเมื่อจบ ปวส. แล้ว จะเน้นการศึกษาต่อมากกว่าการเข้าสู่ตลาดแรงงาน จึงไปติววิชาคณิตศาสตร์ในเนื้อหาแคลคูลัสขั้นสูง เนื่องจากต้องนำไปใช้ในการสอบเข้า แต่ในสถาบันเองยังไม่มี การเปิดสอนในเนื้อหาวิชาระดับนี้ การกลับมาติวให้นักศึกษารุ่นน้อง แต่เดิมเป็นแบบพี่สอนน้องโดยตรง แต่ปัจจุบันจะเป็นลักษณะระบบติวเตอร์ คือ รุ่นพี่ที่สอบได้มาแนะนำน้องให้ไปติวกับสถาบันนั้นๆ ซึ่งการไปเรียนกับติวเตอร์ผู้เรียนต้องมีพื้นฐานความรู้พอสมควร เพราะรูปแบบในการสอนจะเป็นแบบเน้นเทคนิคในการทำข้อสอบมากกว่าการอธิบายให้เข้าใจเนื้อหาอย่างแท้จริง ครูคณิตศาสตร์ต้องกล้าที่จะสอนเกินหลักสูตร สอนให้สอดคล้องกับการนำไปใช้ของนักศึกษา

การพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ควรดำเนินการในลักษณะ Team Teaching เพื่อให้เกิดความยุติธรรมในการประเมินผล การสอนวิชาคณิตศาสตร์ควรสอนให้สนุกและใกล้เคียงกับชีวิตจริงโดยควรมีการปรับพื้นฐานนักศึกษาใหม่ เนื่องจากเด็กค่อนข้างอ่อน การคัดเลือกนักศึกษาเข้ามาบางแผนช่างมีตัวเล็กลดน้อย นักศึกษาที่เข้ามาเรียนไม่ได้ผ่านการแข่งขันในอัตราส่วนที่สูงนัก เมื่อเข้ามาแล้วก็ยังอยู่ในบรรยากาศไม่มีคู่แข่ง ทำให้เกิดความกระตือรือร้น เป็นคนเก่งในกลุ่มคนไม่เก่ง เมื่อสอบเข้าเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้นบางคนจะมีปัญหาในเรื่องการเรียน แต่อย่างไรก็ตามมีความคิดว่าตัวของนักศึกษาเองเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ถ้าสนใจเรียนก็จะรู้เรื่อง เวลาเรียนวิชาคณิตศาสตร์ถ้าไม่เข้าใจก็ไม่มีโอกาสถาม ส่วนใหญ่จะถามเพื่อน และที่เข้าใจเนื่องจากกลัวที่จะถามเพื่อนในทุกๆ คำถาม แต่การไปถามครูในบางคำถามก็กลัวว่าครูอาจจะมองว่าไม่รู้เรื่องเลย

2.1.4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์ และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมเป็นไปในแนวทางเดียวกัน กล่าวคือ ส่วนใหญ่เด็กที่เก่งวิชาคณิตศาสตร์จะมีความสามารถในวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมด้วย เนื้อหาคณิตศาสตร์ในหลักสูตรปัจจุบันยังไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม กล่าวคือ ทุกช่างต้องเรียนวิชาวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานที่นักศึกษาจากทุกแผนกช่าง และบางแผนกช่างก็มีความต่อเนื่อง ผู้เรียนสามารถนำความรู้จากคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ แต่บางแผนกช่างต้องการความรู้ในเนื้อหาส่วนอื่น ทั้งที่เป็นคณิตศาสตร์พื้นฐานและคณิตศาสตร์ขั้นสูง และการวัดผลวิชาคำนวณทั้งวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณช่างอุตสาหกรรมควรใช้ข้อสอบแบบอัตนัย จากการสังเกตผู้เรียนถ้าเรียนไม่เข้าใจจะเริ่มจากการถามเพื่อนๆ ในกลุ่มก่อน ไม่ค่อยไปถามครู ในปัจจุบันจะสังเกตการสอนของตัวเองจะพบว่าเด็กที่สามารถสอนคณิตศาสตร์ให้เพื่อนก็มักจะเป็นตัวหลักในการเรียนวิชาคำนวณของช่างด้วย

2.1.5 แนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมก็เป็นเรื่องที่น่าสนใจ และการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างน่าจะเป็นผลดีหลายประการ สำหรับครูคณิตศาสตร์จะได้รู้จัก ใช้ค เพื่อง คาน ล้อสายพาน เป็นต้น แต่อาจจะมีปัญหาในเรื่องเวลา บางแผนกช่างจะเรียนวิชาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างไปพร้อมกันเลย ถ้ามารวมกันสอนอาจมีปัญหาในเรื่องการยอมรับซึ่งกันและกัน เนื่องจากครูคณิตศาสตร์จะมีความชำนาญในเรื่องการคำนวณในขณะที่ครูที่สอนคำนวณช่างอาจจะลืมนิยามคณิตศาสตร์บางส่วนไปแล้ว การทำความเข้าใจที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญ เพราะถ้าเข้ามาดำเนินการนี้ ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างบางคนอาจจะมองได้ว่าการสอนของเขามีปัญหา สอนไม่ดี เป็นต้น บางคนไม่ต้องการผู้อื่นมาเกี่ยวข้องในเนื้อหาที่ตัวเองสอนอยู่ ในการสอนวิชาคำนวณของช่างบางครั้งก็จะเลี่ยงเนื้อหาเรื่องอนุพันธ์และปริพันธ์ เนื่องจากนักศึกษาจะให้ความสนใจในการใช้สูตรสำเร็จมากกว่า ผู้สอนคำนวณวิชาช่างเองพยายามบอกนักศึกษาถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะแคลคูลัส แต่ก็ยอมรับว่าตอนที่ตัวเองเป็นเด็กก็เรียนแคลคูลัสมาด้วยความไม่เข้าใจเช่นกันว่าจะเอามาใช้ทำอะไร เรียนแล้วจะเอาไปใช้อะไร จะรู้ตอนที่เรียนต่อในระดับปริญญาตรีและระดับที่สูงขึ้น หรือมาสอนในเนื้อหาวิชาคำนวณของช่าง ปัจจุบันเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่นักศึกษาเรียนอยู่มีลักษณะหลากหลายเกินไป ไม่ได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของบางแผนกช่าง เรียนแล้วก็ไม่ได้เอามาใช้ในโรงงานซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์บางเรื่องเท่านั้น และในการสอนวิชาคำนวณของช่างต้องเสียเวลาในการย้อนกลับไปทบทวนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากความรู้พื้นฐานเดิมของนักศึกษา

ค่อนข้างต่ำ และหลายคนยังย้ายข้างสมการไม่ได้ ไม่รู้สูตรง่าย ๆ เช่น การหาพื้นที่ ปริมาตร ทำให้การเรียนการสอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ต้องต่อเนื่องไปมีปัญหามาก

ตาราง 31 ความสัมพันธ์ของวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม	เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้
ช่างยนต์	
กลศาสตร์วิศวกรรม กลศาสตร์ของแข็ง	สมการ ตรรกโกณมิติ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
กลศาสตร์ยานยนต์ เทอร์โมไดนามิกส์	เวกเตอร์ อนุพันธ์ ปริพันธ์
ช่างกลโรงงาน	
กลศาสตร์วิศวกรรม กลศาสตร์ของแข็ง	สมการ ตรรกโกณมิติ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
กลศาสตร์ของไหล	ภาคตัดกรวย อนุพันธ์ ปริพันธ์
ช่างโลหะ	
กลศาสตร์วิศวกรรม กลศาสตร์ของแข็ง	สมการ ตรรกโกณมิติ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
กลศาสตร์ของไหล	ภาคตัดกรวย อนุพันธ์ ปริพันธ์
ช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์	
กลศาสตร์วิศวกรรม กลศาสตร์ของแข็ง	สมการ ตรรกโกณมิติ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
กลศาสตร์ของไหล	ภาคตัดกรวย อนุพันธ์ ปริพันธ์
ช่างไฟฟ้า	
วงจรไฟฟ้า เครื่องกลไฟฟ้า	สมการ ตรรกโกณมิติ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
สนามแม่เหล็กไฟฟ้า	จำนวนเชิงซ้อน อนุพันธ์ ปริพันธ์
ช่างอิเล็กทรอนิกส์	
วงจรไฟฟ้า วงจรอิเล็กทรอนิกส์	สมการ ตรรกโกณมิติ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
การออกแบบวงจรดิจิทัล	จำนวนเชิงซ้อน อนุพันธ์ ปริพันธ์
เทคนิคคอมพิวเตอร์	
วงจรไฟฟ้า วงจรอิเล็กทรอนิกส์	สมการ ตรรกโกณมิติ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
การออกแบบวงจรดิจิทัล	จำนวนเชิงซ้อน อนุพันธ์ ปริพันธ์
ช่างก่อสร้าง	
กลศาสตร์วิศวกรรม กลศาสตร์ของแข็ง	สมการ ตรรกโกณมิติ เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
กลศาสตร์ของไหล ปรุพีกลศาสตร์	จำนวนเชิงซ้อน อนุพันธ์ ปริพันธ์

ผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของอาจารย์ แผนกวิชาคณิตศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากแบบสอบถามอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2546 จำนวน 5 คน แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม (ประกอบด้วย ชื่อ – สกุล วุฒิศึกษา ตำแหน่ง และประสบการณ์การสอน) ตอนที่ 2 มุมมองเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ (ประกอบด้วย ความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์สายช่าง อุตสาหกรรมที่ผ่านมา และแนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์)

2.3.1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในสาย ช่างอุตสาหกรรมของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สอนเกี่ยวกับการฝึกทักษะการคิดคำนวณ และสอน ทฤษฎีทั้งหมด เป็นวิชาที่มีความสำคัญสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน และยังเป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์และวิชาชีพในระดับสูงต่อไป ซึ่งการเรียนการสอนในปัจจุบันเน้น ผู้เรียนเป็นสำคัญ การเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในวิชาคณิตศาสตร์จะใช้วิธีการให้นักศึกษาอ่าน ใบความรู้ ทำใบงานทุกหน่วยเรียนเองคงไม่ได้ เพราะวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยความคิดและ เหตุผล การให้นักศึกษาอ่านเนื้อหาแล้วทำความเข้าใจได้เองนั้นคงยากมากเพราะเนื้อหาวิชามี ลักษณะเป็นนามธรรม การสอนส่วนใหญ่จึงใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย ให้ออกสารแนะแนวทางบ้าง ในส่วนที่ไม่ซับซ้อนมากนัก และนอกจากการบรรยายแล้ว จะเน้นหนักด้านการถามตอบ เพื่อให้ นักศึกษารู้จักคิดวิเคราะห์หาเหตุผล ดังนั้นการสอนวิชาคณิตศาสตร์สายช่างอุตสาหกรรมจึงต้อง เรียนรู้เกี่ยวกับศิลปะการตั้งคำถามในแต่ละหน่วยซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญยิ่ง การตั้งคำถามจะ ช่วยกระตุ้นความคิดของนักศึกษาให้มีความคิดอยากตอบคำถามนั้น นักศึกษาต้องให้การสังเกต การ วิเคราะห์และการเปรียบเทียบ ซึ่งช่วยทำให้เข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น

การสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น ผู้สอนต้องสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม เน้นให้ผู้เรียนมีความละเอียดรอบคอบ ขยัน ซื่อสัตย์ มีความรับผิดชอบ ให้ช่วยเหลือเพื่อน ซึ่งกันและกัน ใครเรียนอ่อนอาจให้เพื่อนที่เรียนเก่งช่วยเหลือได้ นอกจากนี้ควรกระตุ้นให้นักศึกษา เห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ทำให้มีความรักอยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้นเป็นการ ช่วยให้นักศึกษาประสบความสำเร็จในการเรียนมากขึ้น

2.3.2 แนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์

ควรพัฒนาหลักสูตรวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 และวิชาแคลคูลัสและ เรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) โดยจัดให้เรียนสัปดาห์ละ 4 คาบ เนื่องจากนักศึกษาที่จบจากระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เรียนวิชาคณิตศาสตร์มาน้อยมาก เมื่อเทียบกับนักศึกษาที่มาจากสายสามัญสายวิทย์ – คณิต ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ที่เรียนวิชา

คณิตศาสตร์ 5 คาบต่อสัปดาห์ และเรียนทุกภาคเรียนรวม 6 ภาคเรียน ในขณะที่นักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรมซึ่งรับจากนักศึกษาที่จบจากระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เรียนวิชาคณิตศาสตร์มาเพียง 2 คาบต่อสัปดาห์ และเรียนเพียงแค่ 4 ภาคเรียนเท่านั้น ดังนั้นพื้นฐานการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ของนักศึกษาที่จบจากระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) กับนักศึกษาที่มาจากสายสามัญ คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ในสายวิทย์ – คณิต จึงต่างกันมาก

ควรพัฒนากระบวนการเรียนการสอน โดยผู้สอนควรพิจารณากระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยเน้นนักศึกษาเป็นสำคัญของการเรียนรู้ด้วยรูปแบบและวิธีการจัดเนื้อหาให้เหมาะสมกับนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม ครูต้องเอาใจใส่ดูแลรับผิดชอบการสอนอย่างเต็มที่เสริมให้ในส่วนที่นักศึกษายังไม่เข้าใจด้วยการช่วยเหลือนอกเวลาเรียน หรือจัดกลุ่มให้นักศึกษาที่เรียนเก่งช่วยสอนนักศึกษาที่เรียนคณิตศาสตร์อ่อน เพื่อให้นักศึกษาทุกคนได้บรรลุวัตถุประสงค์ตามหลักสูตร

พัฒนาสื่อการสอนในรูปแบบต่างๆ เช่น แบบฝึกปฏิบัติให้นักศึกษาที่เรียนอ่อนได้ทำซ้ำจากข้อที่ง่ายถึงข้อที่ยาก หรือพัฒนาเป็นรูปแบบสื่อ CAI CD – ROM พร้อมเสียง ซึ่งมีบรรยายทั้งเนื้อหาและอธิบายตัวอย่างการแก้ปัญหา เพื่อให้นักศึกษาสามารถทบทวนบทเรียนที่ยังไม่เข้าใจจากสื่อเหล่านี้ได้

ควรพัฒนาผู้สอนให้ได้รับการอบรมเกี่ยวกับวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ ตลอดจนพัฒนาการจัดทำสื่อการสอน วิทยาเขตควรสนับสนุนให้ผู้สอนคณิตศาสตร์มีเวลาสำหรับการเตรียมการสอน จัดทำสื่อการสอนหรือเอกสารประกอบการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนสายช่างอุตสาหกรรม

ควรพัฒนากระบวนการวัดและประเมินผล ควรผสมผสานกับกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการสังเกตพฤติกรรมการทำงานและผลงานที่นักศึกษาสร้างขึ้น ไม่ใช่การทำตามต้นแบบที่ครูกำหนดให้เพียงอย่างเดียว นักศึกษาจะต้องเรียนรู้ด้วยการถาม การหาข้อมูลและลงมือกระทำเพื่อสร้างสรรค์สิ่งที่แสดงแนวความคิดของตนเอง

ภาคผนวก ข

1. ความคิดเห็นเกี่ยวกับการร่างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์ (แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์) กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วงจรไฟฟ้า) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ในด้านเนื้อหาและเวลา

2. ความเหมาะสมของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 2)

3. ความสอดคล้องของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 2)

ตาราง 32 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการร่างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์ (แคลคูลัส และเรขาคณิตวิเคราะห์) กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (วงจรไฟฟ้า) ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ในด้านเนื้อหาและเวลา

รายการ	ผลการพิจารณา					
	เนื้อหา			เวลา		
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย	ไม่ตอบ	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย	ไม่ตอบ
1.1 นิยาม ประเภท และเมตริกซ์ในรูปแบบต่างๆ (150 นาที)	29	–	–	25	2	2
1.1.1 นิยามของเมตริกซ์	(100.00)	(0.00)	(0.00)	(86.21)	(6.90)	(6.90)
1.1.2 ชนิดของเมตริกซ์						
1.1.3 เมตริกซ์ในรูปของตรีโกณมิติ						
1.1.4 เมตริกซ์ในรูปของตัวแปรทางวงจรไฟฟ้า						
1.2 พีชคณิตของเมตริกซ์ (150 นาที)	27	2	–	20	7	2
1.2.1 การบวกเมตริกซ์	(93.10)	(6.90)	(0.00)	(68.97)	(24.14)	(6.90)
1.2.2 การคูณเมตริกซ์						
1.3 ดีเทอร์มิแนนต์ (150 นาที)	29	–	–	22	5	2
1.3.1 การหาค่าดีเทอร์มิแนนต์	(100.00)	(0.00)	(0.00)	(75.86)	(17.24)	(6.90)
1.3.2 ดีเทอร์มิแนนต์กับตรีโกณมิติ						
1.4 เมตริกซ์ผกผัน (150 นาที)	27	2	–	22(75.	4	3
1.4.1 ไมเนอร์	(93.10)	(6.90)	(0.00)	86)	(13.79)	(10.34)
1.4.2 โคเฟกเตอร์						
1.4.3 เมตริกซ์ผกผัน						
1.4.4 การหาค่าของเมตริกซ์ผกผัน						
1.5 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการเชิงเส้น (150 นาที)	29	–	–	21	5	3
	(100.00)	(0.00)	(0.00)	(72.41)	(17.24)	(10.34)

ตาราง 32 (ต่อ)

รายการ	ผลการพิจารณา					
	เนื้อหา			เวลา		
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย	ไม่ตอบ	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย	ไม่ตอบ
1.5.1 ระบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร 1.5.2 ระบบสมการเชิงเส้น 3 ตัวแปร						
1.6 การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า (150 นาที) 1.6.1 วิธีของเกาส์ 1.6.2 วิธีของคราเมอร์ 1.6.3 วิธีเมตริกซ์ผกผัน	27 (93.10)	2 (6.90)	– (0.00)	21 (72.41)	6 (20.69)	2 (6.90)
7.1 อนุพันธ์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน (300 นาที) 7.1.1 ความหมายของอนุพันธ์ 7.1.2 การหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต 7.1.3 การหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	28 (96.55)	– (0.00)	1 (3.45)	24 (82.76)	2 (6.90)	3 (10.34)
7.2 ปริพันธ์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน (300 นาที) 7.2.1 ความหมายของปริพันธ์ 7.2.2 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต 7.2.3 การหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	28 (96.55)	– (0.00)	1 (3.45)	23 (79.31)	3 (10.34)	3 (10.34)
7.3 การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า (300 นาที)	26 (89.66)	2 (6.90)	1 (3.45)	21 (72.41)	5 (17.24)	3 (10.34)

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ควรมีการนำหลักสูตรและเนื้อหาของวิชาวงจรไฟฟ้ามาเปรียบเทียบกับวิชาของคณิตศาสตร์
2. ควรปรับเวลาในบทประยุกต์ทั้งหน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)
3. ควรมีการวิเคราะห์จุดประสงค์การสอนและทดลองสอนเพื่อปรับปรุงเนื้อหาและเวลา เนื่องจากเป็นการบูรณาการเนื้อหาวิชาใหม่ที่รวมวิชาคณิตศาสตร์และวงจรไฟฟ้าเข้าด้วยกัน
4. ควรคำนึงถึงการแก้ปัญหาในวิชาวงจรไฟฟ้าที่นำความรู้จากวิชาคณิตศาสตร์ไปใช้ในลักษณะที่แตกต่างกันตามระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และปริญญาตรี
5. ควรระบุหัวข้อให้ชัดเจนในหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) เช่น วงจรควบคุมเฟสเพื่อหาค่าแรงดันเฉลี่ย การวิเคราะห์อนุพันธ์ของวงจรไฟฟ้าแบบขนานแบบอันดับ เป็นต้น
6. ควรเพิ่มเติมเนื้อหาแคลคูลัสในหน่วยที่ 7 (ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) เรื่องปริพันธ์ในการหาพื้นที่และปริมาณ ปริพันธ์ของรูปทรงต่างๆ ของสัญญาณไฟฟ้า เรื่องการแก้สมการอนุพันธ์อันดับ 1 และ 2
7. ควรเพิ่มเวลาในการคำนวณ มีเวลาในการทำแบบฝึกหัดมากๆ
8. ควรนำคณิตศาสตร์ไปใช้กับงานจริง เช่น ก่อนการสอนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์หน่วยที่ 1 (ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) ผู้สอนควรยกตัวอย่างการนำเมตริกซ์ไปใช้ในวิชาวงจรไฟฟ้า ตลอดจนการยกตัวอย่างในการวิเคราะห์ให้มากและหลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนได้มองเห็นภาพการนำทฤษฎีต่างๆ ไปใช้ ได้เห็นตัวอย่างของงานจริง

ตาราง 33 ความเหมาะสมของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่วง
อุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 1)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
1. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตร	4.60	0.53	มากที่สุด
1.1 ปัญหาสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง	4.71	0.55	มากที่สุด
1.2 ความสมเหตุสมผลของความจำเป็นของหลักสูตร	4.50	0.59	มากที่สุด
2. หลักการ	4.40	0.61	มาก
2.1 ความเหมาะสมของหลักการ	4.46	0.78	มาก
2.2 ความเป็นไปได้ของหลักการ	4.30	0.70	มาก
3. วัตถุประสงค์	4.45	0.62	มาก
3.1 ความชัดเจนของวัตถุประสงค์	4.54	0.78	มากที่สุด
3.2 ความครอบคลุมของวัตถุประสงค์	4.38	0.82	มาก
3.3 ความเป็นไปได้ของวัตถุประสงค์	4.54	0.66	มากที่สุด
3.4 ความสอดคล้องกับหลักการ	4.33	0.76	มาก
4. โครงสร้าง	4.36	0.56	มาก
4.1 แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ครั้งที่ 1 คาบที่ 1 – 3)	4.33	0.62	มาก
4.1.1 ความชัดเจนของจุดมุ่งหมาย	4.62	0.65	มากที่สุด
4.1.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย	4.42	0.88	มาก
4.1.3 ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.13	0.68	มาก
4.1.4 ความเหมาะสมของการประเมินผล	4.17	0.82	มาก
4.2 แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ครั้งที่ 2 คาบที่ 4 – 6)	4.43	0.59	มาก
4.2.1 ความชัดเจนของจุดมุ่งหมาย	4.71	0.62	มากที่สุด
4.2.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย	4.50	0.72	มากที่สุด
4.2.3 ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.04	0.91	มาก
4.2.4 ความเหมาะสมของการประเมินผล	4.46	0.66	มาก
4.3 แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ครั้งที่ 3 คาบที่ 7 – 9)	4.34	0.55	มาก
4.3.1 ความชัดเจนของจุดมุ่งหมาย	4.58	0.58	มากที่สุด
4.3.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย	4.46	0.66	มาก
4.3.3 ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.13	0.80	มาก
4.3.4 ความเหมาะสมของการประเมินผล	4.21	0.83	มาก

ตาราง 33 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
4.4 แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ครั้งที่ 4 คาบที่ 10 – 12)	4.33	0.56	มาก
4.4.1 ความชัดเจนของจุดมุ่งหมาย	4.50	0.59	มากที่สุด
4.4.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย	4.42	0.65	มาก
4.4.3 ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.17	0.76	มาก
4.4.4 ความเหมาะสมของการประเมินผล	4.25	0.61	มาก
4.5 แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 (ครั้งที่ 5 – 6 และคาบที่ 13 – 18)	4.39	0.65	มาก
4.5.1 ความชัดเจนของจุดมุ่งหมาย	4.58	0.65	มากที่สุด
4.5.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย	4.54	0.78	มาก
4.5.3 ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.21	0.83	มาก
4.5.4 ความเหมาะสมของการประเมินผล	4.21	0.72	มาก
4.6 แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 2 (ครั้งที่ 7– 8 และคาบที่ 19 – 24)	4.39	0.62	มาก
4.6.1 ความชัดเจนของจุดมุ่งหมาย	4.63	0.58	มากที่สุด
4.6.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย	4.46	0.78	มาก
4.6.3 ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.17	0.76	มาก
4.6.4 ความเหมาะสมของการประเมินผล	4.29	0.75	มาก
4.7 แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 2 (ครั้งที่ 9 – 10 และคาบที่ 25 – 30)	4.36	0.61	มาก
4.7.1 ความชัดเจนของจุดมุ่งหมาย	4.63	0.58	มากที่สุด
4.7.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย	4.42	0.78	มาก
4.7.3 ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.17	0.70	มาก
4.7.4 ความเหมาะสมของการประเมินผล	4.25	0.74	มาก
4.8 แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 2 (ครั้งที่ 11 – 12 และคาบที่ 31 – 36)	4.29	0.85	มาก
4.8.1 ความชัดเจนของจุดมุ่งหมาย	4.42	0.97	มาก
4.8.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย	4.46	0.83	มาก
4.8.3 ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.17	0.87	มาก
4.8.4 ความเหมาะสมของการประเมินผล	4.13	0.90	มาก
รวม	4.45	0.50	มาก

ตาราง 34 ความสอดคล้องของหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่าง
อุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ฉบับร่าง 1)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับหลักการ	1.00	0.00	มีความสอดคล้อง
2. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับวัตถุประสงค์	0.92	0.41	มีความสอดคล้อง
3. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 1 คาบที่ 1 – 3)	0.83	0.48	มีความสอดคล้อง
4. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 2 คาบที่ 4 – 6)	0.92	0.41	มีความสอดคล้อง
5. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 3 คาบที่ 7 – 9)	0.92	0.41	มีความสอดคล้อง
6. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 4 คาบที่ 10 – 12)	0.92	0.28	มีความสอดคล้อง
7. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 5 – 6 คาบที่ 13 – 18)	0.87	0.45	มีความสอดคล้อง
8. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 7 – 8 คาบที่ 19 – 24)	0.92	0.28	มีความสอดคล้อง
9. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 9 – 10 คาบที่ 25 – 30)	0.87	0.34	มีความสอดคล้อง
10. ปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 11 – 12 คาบที่ 31 – 36)	0.83	0.48	มีความสอดคล้อง
11. หลักการกับวัตถุประสงค์	0.92	0.28	มีความสอดคล้อง
12. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 1 คาบที่ 1 – 3)	0.79	0.59	มีความสอดคล้อง
13. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 2 คาบที่ 4 – 6)	0.79	0.59	มีความสอดคล้อง
14. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 3 คาบที่ 7 – 9)	0.67	0.70	มีความสอดคล้อง
15. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 4 คาบที่ 10 – 12)	0.83	0.48	มีความสอดคล้อง
16. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 5 – 6 คาบที่ 13 – 18)	0.96	0.20	มีความสอดคล้อง

ตาราง 34 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
17. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 7 – 8 คาบที่ 19 – 24)	0.87	0.34	มีความสอดคล้อง
18. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 9 – 10 คาบที่ 25 – 30)	0.87	0.34	มีความสอดคล้อง
18. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 9 – 10 คาบที่ 25 – 30)	0.87	0.34	มีความสอดคล้อง
19. หลักการกับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 11 – 12 คาบที่ 31 – 36)	0.87	0.34	มีความสอดคล้อง
20. วัตถุประสงค์กับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 1 คาบที่ 1 – 3)	0.92	0.28	มีความสอดคล้อง
21. วัตถุประสงค์กับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 2 คาบที่ 4 – 6)	0.96	0.20	มีความสอดคล้อง
22. วัตถุประสงค์กับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 3 คาบที่ 7 – 9)	0.92	0.28	มีความสอดคล้อง
23. วัตถุประสงค์กับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 4 คาบที่ 10 – 12)	0.92	0.28	มีความสอดคล้อง
24. วัตถุประสงค์กับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 1 ครั้งที่ 5 – 6 คาบที่ 13 – 18)	0.96	0.20	มีความสอดคล้อง
25. วัตถุประสงค์กับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 7 – 8 คาบที่ 19 – 24)	0.92	0.28	มีความสอดคล้อง
26. วัตถุประสงค์กับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 9 – 10 คาบที่ 25 – 30)	0.87	0.34	มีความสอดคล้อง
27. วัตถุประสงค์กับโครงสร้าง (แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หน่วยที่ 7 ครั้งที่ 11 – 12 คาบที่ 31 – 36)	0.92	0.28	มีความสอดคล้อง
ภาพรวม	0.89	0.26	มีความสอดคล้อง

ภาคผนวก ค

1. รายงานอาจารย์ช่างอุตสาหกรรมที่ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน เทคโนโลยีราชมงคลนนทบุรี ปีการศึกษา 2546
2. รายงานอาจารย์คณิตศาสตร์ที่ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชา คณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน เทคโนโลยีราชมงคลนนทบุรี ปีการศึกษา 2546
3. รายงานอาจารย์ผู้ประเมินร่างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ด้านเนื้อหาและเวลา)
4. รายงานผู้เชี่ยวชาญประเมินหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา คำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ตาราง 35 รายนามอาจารย์ช่างอุตสาหกรรมที่ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชา
คณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน
เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

ชื่อ – สกุล	ตำแหน่ง/แผนกวิชา	วันเวลาสัมภาษณ์
1. อ.ทวีศักดิ์ ศรีทองอินทร์	ช่างก่อสร้าง	4 กรกฎาคม 2546 (14.45 – 15.30 น.)
2. อ.ณัฐญา อาจงค์	ช่างก่อสร้าง	4 กรกฎาคม 2546 (15.40 – 16.30 น.)
3. อ.ยุทธนา หริรักษาพิทักษ์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ	30 กรกฎาคม 2546 (14.30 – 15.40 น.)
4. อ.อนันตชัย ศศิธร	ช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์	6 สิงหาคม 2546 (09.45 – 10.25 น.)
5. อ.เฉลิมพล เรืองพัฒน์วิพัฒน์	ช่างไฟฟ้า	18 สิงหาคม 2546 (10.00 – 11.35 น.)
6. อ.วีระพงษ์ พจนพิมล	หัวหน้าคณะวิชาช่างโยธา	18 สิงหาคม 2546 (13.30 – 14.40 น.)
7. อ.นิกร สุขชาติ	ช่างโลหะ	18 สิงหาคม 2546 (15.20 – 16.10 น.)
8. อ.วันชัย ศศิสกุลพร	หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้า	22 สิงหาคม 2546 (09.00 – 10.00 น.)
9. อ.ชัยขรรค์ ขวัญสอน	หัวหน้าคณะวิชาเครื่องกล	26 สิงหาคม 2546 (11.00 – 12.10 น.)
10. อ.ร่าฟิง เจริญยศ	หัวหน้าแผนกวิชาช่างโลหะ	26 สิงหาคม 2546 (14.00 – 15.10 น.)
11. อ.อำนาจ อุดมศรี	หัวหน้าแผนกวิชาช่างกลโรงงาน	26 สิงหาคม 2546 (17.30 – 18.50 น.)
12. อ.วัชรชัย สอนกิมั่น	ช่างยนต์	1 กันยายน 2546 (14.45 – 15.20 น.)
13. อ.เตือนใจ อาชีวะพนิช	ช่างอิเล็กทรอนิกส์	2 กันยายน 2546 (09.30 – 10.10 น.)
14. อ.ชูศักดิ์ ขำพิมพ์	หัวหน้าคณะวิชาช่างไฟฟ้า	2 กันยายน 2546 (10.45 – 12.00 น.)
15. อ.สุทธิสาร อนันตรัตนชัย	ช่างกลโรงงาน	5 กันยายน 2546 (09.50 – 10.40 น.)
16. อ.สุวิทย์ วงษ์เย็น	หัวหน้าแผนกวิชาช่างยนต์	6 พฤศจิกายน 2546 (14.30 – 15.50 น.)
17. อ.เกษม เจนวิไลศิลป์	ช่างยนต์	13 พฤศจิกายน 2546 (08.45 – 09.50 น.)
18. อ.ชด คูหาเรือง	ผู้อำนวยการ	14 พฤศจิกายน 2546 (15.30 – 16.40 น.)

ตาราง 36 รายนามอาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ที่ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน
 วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบัน
 เทคโนโลยีอาชีววมงคลนนทบุรี ปีการศึกษา 2546

ชื่อ – สกุล	วุฒิการศึกษา	ประสบการณ์การสอน
1. อ.กิติมา หนูสง	คป. (คณิตศาสตร์)	32 ปี
2. อ.ดร.โกมล เกิดลาภี	กศ.บ. (คณิตศาสตร์) M.Ed. (Adm.) Ph.D.	34 ปี
3. อ.สุณี วัฒนพิมล	กศ.บ. (คณิตศาสตร์) วท.ม. (สถิติประยุกต์)	26 ปี
4. ผศ.ดร.ดารณี คำแหง	วท.บ. (ศึกษาศาสตร์-คณิตศาสตร์) คม. (การศึกษาคณิตศาสตร์) ศษ.ด. (ประชากรศึกษา)	21 ปี
5. อ.รุจิรา คงนุ้ย	วท.บ. (ศึกษาศาสตร์-คณิตศาสตร์) วท.ม. (คณิตศาสตร์)	3 ปี
6. อ.ทักษิณา เครือหงส์*	วท.บ. (สถิติ) ค.อ.ม. (เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา)	15 ปี

* ผู้วิจัย

ตารางที่ 37 รายนามอาจารย์ผู้ประเมินร่างหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชา
คำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคล (ด้านเนื้อหาและเวลา)

ชื่อ – สกุล	แผนกวิชา	ประสบการณ์การสอน (ปี)
1. อ.ดร.โกมล เกิดลามี	คณิตศาสตร์	33
2. อ.สุณี วัฒนพิมล	คณิตศาสตร์	26
3. อ.รุจิรา คงนุ้ย	คณิตศาสตร์	5
4. ผศ.ดร.ดารณี คำแหง	คณิตศาสตร์	24
5. อ.วารุณี กรุดพันธ์	อิเล็กทรอนิกส์	10
6. อ.บรรจบ แสนเจริญ	อิเล็กทรอนิกส์	5
7. อ.กิตติพงศ์ ศรีเพชร	อิเล็กทรอนิกส์	1
8. อ.จิรพันธ์ อรรถพร	อิเล็กทรอนิกส์	13
9. อ.อรอนงค์ วิริยานุรักษ์นคร	อิเล็กทรอนิกส์	6
10. อ.กัลยกร ขุนเอียด	อิเล็กทรอนิกส์	10
11. อ.ภาคภูมิ คันทวีวรรณ	อิเล็กทรอนิกส์	10
12. อ.นิรันดร์ ชุมสาย ณ อยุธยา	อิเล็กทรอนิกส์	10
13. ผศ.ชิดเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์	อิเล็กทรอนิกส์	20
14. ผศ.อนันท์ คัมภีรานนท์	เทคนิคคอมพิวเตอร์	21
15. อ.อภิชาติ โชคเหรียญสุขชัย	เทคนิคคอมพิวเตอร์	6
16. อ.เฉลิมพล เรืองพัฒนวิวัฒน์	ไฟฟ้า	10
17. อ.ชูศักดิ์ ขำพิมพ์	ไฟฟ้า	20
18. อ.ยุทธนา กันทะพะเยา	ไฟฟ้า	7
19. อ.ตะวัน ขุนอาสา	ไฟฟ้า	ไม่ระบุ
20. อ.วนิดา ภูสา	ไฟฟ้า	1.5
21. อ.พัฒนพงษ์ สิ้นไพฑูรย์	ไฟฟ้า	21
22. อ.ปกรณ์ สมบูรณ์กิจ	ไฟฟ้า	7
23. อ.รุ่งโรจน์ สุริโยภาสุไร	ไฟฟ้า	3
24. อ.สรายุทธ ทองกอบเหมือน	ไฟฟ้า	7
25. อ.พัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร	ไฟฟ้า	1
26. ผศ.นภัทร วัจนเทพินทร์	ไฟฟ้า	21
27. อ.วิระพันธ์ ดิยัพเสน	ไฟฟ้า	25
28. อ.จิรวัฒน์ ใจอ่อนน้อม	ไฟฟ้า	20
29. อ.วารุณี ศรีสงคราม	ไฟฟ้า	9

ตาราง 38 รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณ
ของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ชื่อ – สกุล	ตำแหน่ง/หน่วยงาน
1. ผศ. จัตรชัย เขียวหิรัญ	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. ผศ.ดร. อองอาจ นัยพัฒน์	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผศ.ดร. อุษาพร เสวกวิ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. อ.ไมตรี วรอุทัยกร	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา กรมอาชีวศึกษา
5. อ.ดร.โกมล เกิดลาภี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
6. อ.กิติมา หนูสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
7. อ.สุณี วัฒนพิมล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
8. อ.รุจิรา คงนุ้ย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
9. อ.วารุณี กรุดพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
10. อ.ธานี สมวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
11. อ.เฉลิมพล เรืองพัฒน์วิวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
12. อ.ชูศักดิ์ ขำพิมพ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
13. อ.ยุทธนา กันทะพะเยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
14. ผศ.นภัทร วัจนเทพินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
15. อ.วีระพันธ์ ดิยพเสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
16. อ.สราวุธ ทองกอบเหมือน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
17. ผศ.มนัส ประสงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
18. ผศ.วรรณภา ไชยวิโน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
19. ผศ.สันต์ชัย เปี้ยมุขดา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
20. อ.เอื้อมฟ้า นาคโต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
21. อ.จิราภรณ์ สัพทานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
22. อ.กัลยา วรรณโสภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
23. อ.ทง ลานธารทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
24. อ.ศรีศักดิ์ น้อยไร่ภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และ
วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

1. แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
ชั้นปีที่ 1

2. แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2

3. แบบทดสอบวัดรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์

4. แบบสอบถามอาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรม (การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาคำนวณ
ของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง)

5. แบบสัมภาษณ์อาจารย์แผนกวิชาช่างอุตสาหกรรม

6. แบบสอบถามอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์

เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษา ปวส. ชั้นปีที่ 1

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

แผนกวิชา เกรดเฉลี่ยปัจจุบัน (ณ ภาคเรียนที่ 1/2546)
 เกรดวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1

ตอนที่ 2 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เกณฑ์ที่ใช้ ➤ 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

คำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. คณิตศาสตร์ฝึกให้คนคิดอย่างมีระบบ					
2. การเรียนรู้คณิตศาสตร์จะสามารถเข้าใจได้ง่ายเพราะมีขั้นตอน					
3. ข้าพเจ้าสนุกกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
4. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ก่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ					
5. ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าวิชาอื่นๆ					
6. การหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ยากและท้าทายความคิดเป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าชอบ					
7. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อ					
8. ข้าพเจ้าสามารถเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ได้รวดเร็วกว่าวิชาอื่นๆ					
9. ข้าพเจ้าสามารถตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าวิชาอื่นๆ					
10. คณิตศาสตร์ช่วยให้การทำงานของข้าพเจ้ามีขั้นตอนดีขึ้น					
11. ข้าพเจ้าไม่มีความสุขกับการคิดคำนวณที่ซับซ้อน					
12. ข้าพเจ้าขยันทำแบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์เสมอ					
13. ข้าพเจ้าไม่ชอบทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์					
14. ข้าพเจ้ารู้สึกสบายใจเมื่อได้ทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์					
15. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนสนุก					
16. ข้าพเจ้าชอบทำแบบฝึกหัดวิชาอื่นมากกว่าคณิตศาสตร์					
17. ข้าพเจ้ารู้สึกมั่นใจในการทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์เสมอ					
18. ข้าพเจ้าชอบเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์อยู่เสมอ					
19. คณิตศาสตร์ฝึกให้คนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล					
20. ข้าพเจ้ามีความมั่นใจมากเมื่อมีการคิดคำนวณในวิชาต่างๆ ที่ต้องอาศัยคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน					
21. ข้าพเจ้าชอบคิดถึงสิ่งที่ยู่อรอบตัวให้เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์อยู่เสมอ					
22. การช่วยเหลือเพื่อนให้สามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ได้นั้นเป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าปฏิบัติอยู่เสมอ					
23. เมื่อเข้าสอบวิชาคณิตศาสตร์ ข้าพเจ้าจะรู้สึกเป็นกังวลเสมอ					
24. ข้าพเจ้าคิดว่าควรลดชั่วโมงเรียนวิชาคณิตศาสตร์แล้วไปเพิ่มชั่วโมงเรียนวิชาอื่นแทน					
25. เมื่อผู้สอนให้ออกไปทำกิจกรรมคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน ข้าพเจ้าจะรู้สึกกลัว					
26. ข้าพเจ้าชอบตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์					
27. ถ้าได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้แล้วจะพบว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก					
28. ข้าพเจ้าไม่ชอบเมื่อถูกถามปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์จากคนรอบข้าง					
29. คนเรียนคณิตศาสตร์เก่งชอบถือความเห็นของตนเองเป็นใหญ่โดยไม่มีเหตุผล					
30. ข้าพเจ้าชอบนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเสมอ					

แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษา ปวส. ชั้นปีที่ 2

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

แผนกวิชา เกเรตเฉลี่ยปัจจุบัน (ณ ภาคเรียนที่ 1/2546)
 เกเรตวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 เกเรตวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

- 2.1 เกเรตที่ใช้ ➤ ➤ 5 = ดีมาก 4 = ดี 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด
 2.2 กรณีเนื้อหาวิชาที่นักศึกษาไม่เคยเรียน กรุณาแจ้งว่าไม่เคยเรียนในช่องเนื้อหาวิชา เช่น 0. การประยุกต์ ไม่เคยเรียน

เนื้อหาวิชา	ความชอบ					ความเข้าใจ					ประโยชน์ที่ได้นำมาใช้ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
เนื้อหาพื้นฐานก่อนเรียนระดับ ปวส.															
1. การแก้สมการ															
2. ความสัมพันธ์															
3. ทฤษฎีบทพีทาโกรัส															
4. ความน่าจะเป็น															
5. ฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียล															
6. ฟังก์ชันลอการิทึม															
7. ฟังก์ชันตรีโกณมิติ															
เนื้อหาที่เรียนในระดับ ปวส.															
1. เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์															
2. จำนวนเชิงซ้อน															
3. เรขาคณิตวิเคราะห์															
4. ภาคตัดกรวย															
5. ลิมิตและความต่อเนื่อง															
6. อนุพันธ์															
7. ปริพันธ์															

เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์อื่นๆ ที่คิดว่ามีความจำเป็นในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมในระดับ ปวส.

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบวัดรูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรมข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมกับวิชาคณิตศาสตร์

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 ความรู้สึก ความคิดเห็น และลักษณะการปฏิบัติที่นักศึกษามีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 30 ข้อ คำตอบที่ปรากฏอยู่อาจจะตรงหรือใกล้เคียงกับความรู้สึกและความคิดเห็นหรือการปฏิบัติจริงของนักศึกษา

ขอให้นักศึกษาตอบตามความเป็นจริง คำตอบในแต่ละข้อไม่มีการตัดสินว่าถูกหรือผิด เนื่องจากเป็นความแตกต่างระหว่างบุคคล และข้อมูลที่รวบรวมได้นี้จะนำเสนอในภาพรวม

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ทักษิณา เครือหงส์

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย 3 ลงใน [] หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงตามความเป็นจริง

1. ชื่อ-สกุล

2. เพศ [] ชาย

[] หญิง

3. แผนกวิชา

4. ระดับการศึกษา [] ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

[]ปริญญาตรี

5. ระดับชั้นที่เรียน [] ปีที่ 1

[] ปีที่ 2

ตอนที่ 2 ความรู้สึก ความคิดเห็น และลักษณะการปฏิบัติที่นักศึกษามีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

คำชี้แจง ขอให้นักศึกษา อ่านข้อคำถามและคำตอบให้ครบทุกคำตอบเสียก่อน แล้วให้ระดับคะแนนคำตอบที่เห็นด้วยหรือตรงกับการปฏิบัติจริงของนักศึกษามากที่สุดลงใน [] ให้ครบทุกคำตอบตามข้อตกลง ดังนี้

- 4 คะแนน สำหรับคำตอบที่เห็นด้วยสำหรับคำตอบที่ปฏิบัติ มากที่สุด
 3 คะแนน สำหรับคำตอบที่เห็นด้วยสำหรับคำตอบที่ปฏิบัติ มาก
 2 คะแนน สำหรับคำตอบที่เห็นด้วยสำหรับคำตอบที่ปฏิบัติ น้อย
 1 คะแนน สำหรับคำตอบที่เห็นด้วยสำหรับคำตอบที่ปฏิบัติ น้อยที่สุด

ตัวอย่าง

รูปแบบการเรียนรู้	แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	แบบ 6
ข้อความ						
0. เมื่อไม่เข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์บางตอน ท่านหาอย่างไร						
ก. ลืมเรื่องนั้นเสียก่อน เพื่อเรียนเรื่องใหม่ต่อไป			ก [1]			
ข. ขอให้เพื่อนหรืออาจารย์อธิบายให้ฟัง					ข [3]	
ค. หาหนังสืออ่านเพิ่มเติมด้วยตนเอง						ค [2]
ง. นำปัญหานั้นไปอภิปรายซักถามกับเพื่อนๆ		ง [4]				
00. ท่านชอบทำงานดังต่อไปนี้เพียงใด						
ก. ทำงานแข่งกับเพื่อนๆ	ก [3]					
ข. ทำงานรวมกับเพื่อนๆ		ข [2]				
ค. ทำงานเท่าที่อาจารย์สั่ง					ค [4]	
ง. ทำงานเพียงคนเดียว						ง [1]

แสดงว่าผู้ตอบเห็นด้วยกับการปฏิบัติต่อ

คำถามข้อที่ 0. คือ	คำถามข้อที่ 00. คือ
ข้อ ง. มากที่สุด	ข้อ ค. มากที่สุด
ข้อ ข. มาก	ข้อ ก. มาก
ข้อ ค. น้อย	ข้อ ข. น้อย
ข้อ ก. น้อยที่สุด	ข้อ ง. น้อยที่สุด

รูปแบบการเรียนรู้ ข้อความ	แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	แบบ 6
1. ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ท่านปฏิบัติอย่างไร						
ก. อ่านหนังสือคณิตศาสตร์เมื่อใกล้ถึงวันสอบเท่านั้น			ก []			
ข. อ่านเฉพาะหนังสือคณิตศาสตร์เล่มที่ใช้เรียนอย่างสม่ำเสมอ				ข []		
ค. อ่านหนังสือคณิตศาสตร์เมื่ออาจารย์แนะนำเท่านั้น					ค []	
ง. อ่านหนังสือคณิตศาสตร์ทุกเล่มที่เห็นว่าสำคัญ						ง []
2. ท่านชอบการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้เพียงใด						
ก. แข่งขันกับคนอื่น ๆ เพื่อให้ได้คะแนนดี ๆ	ก []					
ข. ทำงานเป็นกลุ่มมากกว่าทำตามลำพัง		ข []				
ค. ลงมือทำงานที่ได้รับมอบหมายทันทีทุกครั้ง				ค []		
ง. ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองเสมอ						ง []
3. ท่านเห็นด้วยกับข้อความต่อไปนี้เพียงใด						
ก. ท่านอยากให้อาจารย์สนใจตนเองมากกว่าคนอื่น	ก []					
ข. ความคิดของเพื่อน ๆ มีค่าต่อกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มาก		ข []				
ค. ท่านคิดว่าอาจารย์มอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดมากเกินไป			ค []			
ง. อ่านหนังสือคณิตศาสตร์ตามที่อาจารย์บอกเท่านั้น					ง []	
4. ท่านชอบกิจกรรมคณิตศาสตร์ประเภทใด						
ก. กิจกรรมที่ต้องมีการแข่งขันกันเพื่อชัยชนะ	ก []					
ข. กิจกรรมที่ต้องอาศัยความร่วมมือซึ่งกันและกัน		ข []				
ค. กิจกรรมที่ต้องมีอาจารย์คอยเป็นผู้แนะนำ					ค []	
ง. กิจกรรมที่ต่างคนต่างทำด้วยความคิดตนเอง						ง []
5. ท่านชอบเพื่อนที่มีลักษณะดังต่อไปนี้เพียงใด						
ก. มีผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดีมาตลอด	ก []					
ข. ชอบช่วยเหลือเพื่อน ๆ ที่มีปัญหาในการเรียน		ข []				
ค. ร่วมทำกิจกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ในห้องเสมอ				ค []		
ง. อ่านหนังสือเรียนล่วงหน้าโดยที่อาจารย์ไม่ต้องบอก						ง []
6. ข้อต่อไปนี้ตรงกับความคิดของท่านเพียงใด						
ก. ชั้นเรียนเปรียบเสมือนสถานที่แข่งขันความรู้	ก []					
ข. ชั้นเรียนเป็นที่แลกเปลี่ยนความรู้และความคิด		ข []				
ค. การเรียนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนเป็นเรื่องที่น่าเบื่อ			ค []			
ง. ชั้นเรียนคือสถานที่สำหรับรับฟังอาจารย์สอน				ง []		

รูปแบบการเรียนรู้	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ
ข้อความ	1	2	3	4	5	6
7. ท่านปฏิบัติต่อการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์อย่างไร						
ก. เข้าร่วมกิจกรรมเมื่อได้รับหน้าที่ที่สำคัญ	ก []					
ข. เข้าร่วมกิจกรรมทุกครั้งเท่าที่จะทำได้		ข []				
ค. เข้าร่วมกิจกรรมเมื่อถูกบังคับเท่านั้น			ค []			
ง. เข้าร่วมเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน				ง []		
8. เมื่อมีการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ ท่านปฏิบัติอย่างไร						
ก. เสนอความคิดเห็นแข่งกับเพื่อนๆ	ก []					
ข. ให้ความร่วมมือต่อกลุ่มอย่างเต็มที่		ข []				
ค. หลีกเลี่ยงเพราะเป็นกิจกรรมที่น่าเบื่อ			ค []			
ง. ขอคำอธิบายจากเพื่อนก่อนการทำงานเสมอ					ง []	
9. ท่านชอบทำกิจกรรมคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้เพียงใด						
ก. กิจกรรมที่ทำเป็นกลุ่มทั้งในและนอกห้องเรียน		ก []				
ข. กิจกรรมที่มีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น				ข []		
ค. กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาที่อาจารย์สอน					ค []	
ง. กิจกรรมที่ตัวเองเห็นว่าสำคัญ						ง []
10. ท่านเลือกที่นั่งเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างไร						
ก. นั่งหน้าห้อง อาจารย์จะได้สนใจมากกว่าเพื่อนๆ	ก []					
ข. นั่งหลังห้อง อาจารย์จะได้ไม่ถามปัญหามากนัก			ข []			
ค. นั่งใกล้เพื่อนที่เรียนคณิตศาสตร์เก่งๆ					ค []	
ง. ไม่คำนึงถึงเรื่องที่นั่ง						ง []
11. เมื่อต้องอธิบายการบ้านวิชาคณิตศาสตร์ให้เพื่อนๆ ท่านมีความรู้สึกอย่างไร						
ก. ภูมิใจที่เพื่อนยอมรับในความสามารถ	ก []					
ข. ยินดีที่ได้แลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนๆ		ข []				
ค. ยินดีที่มีส่วนทำให้เพื่อนเข้าใจ				ค []		
ง. น่าจะให้อาจารย์เป็นผู้อธิบายจะดีกว่า					ง []	
12. ท่านใช้วิธีเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้เพียงใด						
ก. แข่งขันตอบปัญหาคณิตศาสตร์	ก []					
ข. อภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนๆ		ข []				
ค. จดจำคำแนะนำสั่งสอนของอาจารย์เท่านั้น					ค []	
ง. ศึกษาหาค้นคว้าด้วยตนเองให้มากที่สุด						ง []

รูปแบบการเรียนรู้	แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	แบบ 6
ข้อความ						
13. เมื่อไม่เข้าใจวิชาคณิตศาสตร์บางเรื่อง ท่านมักจะทำอย่างไร						
ก. นำปัญหานั้นไปอภิปรายพูดคุยกับเพื่อนๆ		ก []				
ข. ไม่สนใจเรื่องนั้นอีกเลย			ข []			
ค. ขอให้เพื่อนหรืออาจารย์อธิบายให้ฟัง					ค []	
ง. อ่านหนังสือคณิตศาสตร์เพิ่มเติมเอง						ง []
14. ถ้าท่านได้รับมอบหมายให้ทำกิจกรรมประกอบการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในชั้น ท่านจะทำอย่างไร						
ก. ทำงานที่ตนได้รับมอบหมายให้เสร็จก่อนคนอื่น	ก []					
ข. ขอมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในการทำกิจกรรม				ข []		
ค. ทำงานตามวิธีการที่อาจารย์แนะนำเท่านั้น					ค []	
ง. เลือกวิธีการทำด้วยตนเอง						ง []
15. ท่านชอบวิธีการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบใด						
ก. แข่งขันแสดงความรู้ ให้อาจารย์ยกย่องชมเชย	ก []					
ข. ยามว่าง สนทนาแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนๆ		ข []				
ค. มีส่วนร่วมทำกิจกรรมในชั้นเรียนทุกครั้งที่มีโอกาส				ค []		
ง. อาจารย์เป็นผู้แนะนำสั่งสอนทุกอย่าง					ง []	
16. เมื่ออาจารย์มอบหมายให้ทำงานเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ ท่านปฏิบัติอย่างไร						
ก. พยายามทำงานดีกว่าเพื่อนๆ	ก []					
ข. แลกเปลี่ยนความคิดในการทำงานกับเพื่อนๆ		ข []				
ค. รีบๆ ทำให้เสร็จ จะได้มีเวลาเล่นมากๆ			ค []			
ง. ศึกษาค้นคว้าวิธีการทำด้วยตนเอง						ง []
17. ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ท่านเห็นด้วยกับข้อใด						
ก. ท่านมักไม่สบายใจ ถ้าเพื่อนทำคะแนนได้ดีกว่า	ก []					
ข. อาจารย์และนักศึกษาดำเนินการร่วมกันจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์				ข []		
ค. คำสั่งสอนของอาจารย์เป็นสิ่งที่ถูกต้องเสมอ					ค []	
ง. ผลการเรียนดีขึ้น ถ้ารู้จักหาความรู้ด้วยตนเอง						ง []
18. ในการทำการบ้านคณิตศาสตร์ ท่านมักทำอย่างไร						
ก. ปรึกษาวีรากับเพื่อนๆ หลังเลิกเรียน		ก []				
ข. ขอลอกจากเพื่อนเมื่อถึงกำหนดส่ง			ข []			
ค. ชักถามวิธีทำจากอาจารย์ ก่อนทำเอง				ค []		
ง. ทำตามวิธีที่ตนเองเข้าใจและคิดว่าถูกต้อง						ง []

รูปแบบการเรียนรู้	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ
ข้อความ	1	2	3	4	5	6
19. ขณะที่อยู่ในโรงเรียนท่านชอบปฏิบัติตนอย่างไร						
ก. พุดคุยกับเพื่อนๆ เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์		ก []				
ข. ตั้งใจเรียนทุกวิชา ยกเว้นวิชาคณิตศาสตร์			ข []			
ค. พยายามมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ให้มากที่สุด				ค []		
ง. ค้นคว้าหาความรู้วิชาคณิตศาสตร์จากห้องสมุด						ง []
20. ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ท่านชอบปฏิบัติอย่างไร						
ก. หลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากการเรียนคณิตศาสตร์			ก []			
ข. ชักถามปัญหาที่สงสัยในชั่วโมงเรียนทุกครั้ง				ข []		
ค. คอยทำตามคำแนะนำสั่งสอนของอาจารย์					ค []	
ง. พยายามศึกษาเรื่องที่เห็นว่าสำคัญด้วยตนเอง						ง []
21. ข้อต่อไปนี้ ตรงหรือใกล้เคียง กับจุดมุ่งหมายในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของท่านเพียงใด						
ก. อยากรับเป็นคนเก่งในสายตาของเพื่อนๆ	ก []					
ข. ถ้าวิชาคณิตศาสตร์ไม่เป็นวิชาบังคับก็จะไม่เรียน			ข []			
ค. อยากรู้อาชีพที่ก้าวหน้าเหมือนคนอื่นๆ					ค []	
ง. ต้องการมีความรู้ในการคิดคำนวณมากๆ						ง []
22. ในวิชาคณิตศาสตร์ ท่านชอบทำงานที่มีลักษณะใด						
ก. งานที่มีผู้ร่วมกันรับผิดชอบหลายๆ คน		ก []				
ข. งานที่ตนเองไม่ต้องรับผิดชอบมากนัก			ข []			
ค. งานที่มีอาจารย์เป็นผู้คอยให้คำแนะนำ					ค []	
ง. งานที่วางแผนทำด้วยความคิดของตนเอง						ง []
23. เมื่อเพื่อนชวนไปเรียนพิเศษวิชาคณิตศาสตร์ท่านทำอย่างไร						
ก. ไปเรียน เพื่อจะได้แลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนๆ		ก []				
ข. ไม่ไปเรียน เพราะไม่อยากพบกับคนที่ไม่รู้จัก			ข []			
ค. ไปเรียน เพราะจะได้ซักถามปัญหาที่ยังสงสัย				ค []		
ง. ไปเรียน เพราะเกรงใจที่เพื่อนตั้งใจชวน					ง []	
24. ท่านต้องการให้เพื่อนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยกัน มีลักษณะเช่นใด						
ก. ช่วยกันแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความรู้กัน		ก []				
ข. ตั้งใจเรียนในห้องเรียนอย่างสม่ำเสมอ				ข []		
ค. มีความรู้ดีและชอบช่วยเหลือเพื่อนๆ					ค []	
ง. มีความคิดเป็นของตนเอง แต่ก็รับฟังความคิดเห็นของคนอื่น						ง []

รูปแบบการเรียนรู้	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ	แบบ

ข้อความ	1	2	3	4	5	6
25. ท่านชอบสภาพการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบใด						
ก. ยกย่องชมเชยและให้รางวัลกับผู้เรียนเก่ง	ก []					
ข. ไม่บังคับให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดข้อที่ยากๆ			ข []			
ค. นักศึกษามีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากที่สุด				ค []		
ง. นักศึกษามีอิสระในการหาความรู้ด้วยตนเอง						ง []
26. ข้อต่อไปนี้ ตรงหรือใกล้เคียง กับการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของท่านเพียงใด						
ก. แข่งขันกับเพื่อนๆ ในการตอบคำถามของอาจารย์	ก []					
ข. ไม่ค่อยสนใจตอบคำถามของอาจารย์			ข []			
ค. พยายามมีส่วนร่วมในการตอบคำถามของอาจารย์เสมอ				ค []		
ง. หาคำตอบตามคำแนะนำของอาจารย์เท่านั้น					ง []	
27. เมื่ออาจารย์มอบหมายให้ทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์ ท่านทำอย่างไร						
ก. พยายามทำให้ดีกว่าของคนอื่น	ก []					
ข. เร่งมือทำมาก เมื่อใกล้ถึงกำหนดส่ง			ข []			
ค. ทำให้ครบและถูกต้องตามที่อาจารย์กำหนด				ค []		
ง. ทำให้เสร็จตามวิธีที่ตนเองเห็นว่าดีและถูกต้อง						ง []
28. ในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ท่านปฏิบัติตนดังต่อไปนี้ มากน้อยเพียงใด						
ก. ใช้ทุกวิธีที่จะทำให้ผลการเรียนของตนดีกว่าเพื่อน	ก []					
ข. ชวนเพื่อนคุยแก้งว่ง ขณะที่อาจารย์กำลังสอน			ข []			
ค. พยายามทำงานที่อาจารย์มอบหมายให้ถูกต้องเรียบร้อยที่สุด				ค []		
ง. ไม่ทำสิ่งที่ยื่นนอกเหนือคำแนะนำสั่งสอนของอาจารย์					ง []	
29. ท่านชอบที่จะเข้าร่วมกิจกรรมต่อไปนี้เพียงใด						
ก. กิจกรรมที่อาศัยความสามารถทางคณิตศาสตร์แข่งขันกัน	ก []					
ข. กิจกรรมที่ต้องอาศัยความร่วมมือต่อกัน		ข []				
ค. กิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์			ค []			
ง. กิจกรรมที่คิดว่าสำคัญและเป็นประโยชน์						ง []
30. ข้อต่อไปนี้ ตรงหรือใกล้เคียง กับลักษณะของท่านเพียงใด						
ก. ชอบทำงานเป็นกลุ่มมากกว่าทำคนเดียว		ก []				
ข. ไม่ชอบจดบันทึกสิ่งที่อาจารย์อธิบายเลย			ข []			
ค. ชอบมีส่วนร่วมในกิจกรรมการต่างๆ ทุกครั้ง				ค []		
ง. ชอบทำตามคำแนะนำของอาจารย์มากกว่าคิดทำเอง					ง []	

แบบสอบถามอาจารย์ช่างอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

เรียน อาจารย์ช่างอุตสาหกรรม

แบบสอบถามชุดนี้ใช้ในการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น เพื่อทราบความสอดคล้องในการเรียนการสอน ซึ่งจะ
เป็นประโยชน์ในการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมกับวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จึงใคร่ขอความกรุณาท่านให้ข้อมูลเพื่อดำเนินการต่อไป

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมกับวิชาคณิตศาสตร์

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ทักษิณา เครือหงส์

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ชื่อ – สกุล แผนก

วิชา

2. วุฒิการศึกษา

ปริญญาตรี

ปริญญาโท

ปริญญาเอก..... อื่นๆ

3. ประสบการณ์การสอน ปี

4. วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมที่ท่านสอนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คือ

(1)

(2)

(3).....

(4)

(5)

(6)

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมกับวิชาคณิตศาสตร์

1. ในฐานะที่เป็นผู้สอนหรือมีประสบการณ์จากการเรียนสายช่างอุตสาหกรรม กรุณาวิเคราะห์
ความเชื่อมโยงของวิชาคำนวณหลักของช่างอุตสาหกรรมกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (ตอบได้มากกว่า 1
วิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม และกาเครื่องหมาย 3 ในความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่
อาจจะมีเพียงเนื้อหาเดียวหรือหลายเนื้อหาก็ได้)

1. วิชา

- () เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
 () จำนวนเชิงซ้อน
 () ภาคตัดกรวย
 () ระบบพิกัดเชิงขั้ว
 () ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง
 () อนุพันธ์
 () ปริพันธ์
 () อื่นๆ (โปรดระบุ)

3. วิชา

- () เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
 () จำนวนเชิงซ้อน
 () ภาคตัดกรวย
 () ระบบพิกัดเชิงขั้ว
 () ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง
 () อนุพันธ์
 () ปริพันธ์
 () อื่นๆ (โปรดระบุ)

5. วิชา

- () เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
 () จำนวนเชิงซ้อน
 () ภาคตัดกรวย
 () ระบบพิกัดเชิงขั้ว
 () ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง
 () อนุพันธ์
 () ปริพันธ์
 () อื่นๆ (โปรดระบุ)

2. วิชา

- () เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
 () จำนวนเชิงซ้อน
 () ภาคตัดกรวย
 () ระบบพิกัดเชิงขั้ว
 () ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง
 () อนุพันธ์
 () ปริพันธ์
 () อื่นๆ (โปรดระบุ)

4. วิชา

- () เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
 () จำนวนเชิงซ้อน
 () ภาคตัดกรวย
 () ระบบพิกัดเชิงขั้ว
 () ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง
 () อนุพันธ์
 () ปริพันธ์
 () อื่นๆ (โปรดระบุ)

6. วิชา

- () เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์
 () จำนวนเชิงซ้อน
 () ภาคตัดกรวย
 () ระบบพิกัดเชิงขั้ว
 () ฟังก์ชัน ลิมิตและความต่อเนื่อง
 () อนุพันธ์
 () ปริพันธ์
 () อื่นๆ (โปรดระบุ)

2. หากจะมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมกับวิชาคณิตศาสตร์โดยเป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างท่านกับอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องใช้เวลาดำเนินการระยะยาวอย่างต่อเนื่องตามขั้นตอนตามกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตร ท่านจะมีความคิดเห็นอย่างไร

แบบสัมภาษณ์อาจารย์ช่างอุตสาหกรรม

สัมภาษณ์วันที่ เดือน พ.ศ. เวลา ถึง น.
 ชื่อผู้สัมภาษณ์ สถานที่สัมภาษณ์

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อ – สกุล วุฒิการศึกษา
 ตำแหน่ง ประสบการณ์ในการสอน ปี
 วิชาที่สอน

ประเด็นการสัมภาษณ์

1. ท่านมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างไร
2. ท่านมีเจตคติต่อครูคณิตศาสตร์อย่างไร (ครูคณิตศาสตร์ที่สอนท่านในอดีต และครูคณิตศาสตร์ที่เป็นเพื่อนร่วมงานในปัจจุบัน)
3. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร
4. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมอย่างไร
5. ท่านมีแนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมอย่างไร

แบบสอบถามอาจารย์แผนกวิชาคณิตศาสตร์

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อ-สกุล วุฒิการศึกษา

ตำแหน่ง ประสบการณ์ในการสอน ปี

มุมมองเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์

1. ความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในสายช่าง
อุตสาหกรรมของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
2. แนวคิดในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์

ภาคผนวก จ

1. คะแนนใบงาน 1 – 13 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน และการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)
2. คะแนนใบงาน 14 – 21 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐาน และการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)
3. คะแนนแบบทดสอบ 1 – 5 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐาน และการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และแบบทดสอบ 6 – 10 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการ แก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)
4. คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมโดยอาจารย์ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม
5. คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมโดยอาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์

ตาราง 39 คะแนนใบงาน 1 – 13 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์
พื้นฐาน และการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)

เลขที่	ใบงาน												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	(30)	(30)	(30)	(60)	(30)	(50)	(40)	(40)	(50)	(30)	(30)	(50)	(40)
1	30	21	30	41	24	47	25	35	46	29	16	41	33
2	30	20	30	38	22	47	23	40	41	30	22	44	30
3	30	20	28	31	21	31	24	40	40	28	20	39	29
4	30	21	30	59	29	49	38	38	46	30	30	49	37
5	30	29	29	57	28	36	37	38	46	30	30	49	35
6	30	20	30	44	27	49	38	40	46	22	28	45	36
7	30	19	30	49	28	47	37	38	47	30	30	45	35
8	30	20	30	41	21	30	27	32	41	26	30	44	30
9	30	18	30	52	24	48	25	39	36	29	30	46	33
10	30	15	30	37	21	31	27	33	40	21	28	49	32
11	30	29	30	41	22	48	25	38	38	30	28	42	33
12	30	15	28	45	22	43	27	37	40	27	25	28	29
13	30	19	30	39	25	30	21	30	38	29	28	45	30
14	30	20	29	40	29	31	22	27	39	27	28	49	30
15	29	18	30	37	22	35	23	29	41	29	22	48	31
16	27	29	30	35	24	47	20	27	29	21	23	–	–
17	25	15	15	32	25	48	22	39	43	25	28	45	34
18	29	20	29	40	21	47	25	25	42	29	26	47	35
19	30	21	30	33	20	49	24	40	43	25	22	47	22
20	30	20	30	57	25	48	37	38	47	30	30	42	34
21	30	15	29	39	21	46	20	36	38	20	23	48	25
22	29	16	29	32	21	48	20	38	44	29	27	44	32
23	30	21	30	30	25	47	21	35	43	29	27	28	20
24	24	15	23	30	20	39	21	–	–	20	18	36	34
25	–	–	–	31	19	42	20	25	32	21	19	–	–
26	28	17	30	48	25	48	20	39	43	24	25	46	32
27	30	15	28	32	15	40	20	30	42	25	19	29	23
28	–	–	–	30	17	43	22	35	35	20	17	–	–
29	29	22	30	47	29	46	24	40	39	21	29	41	28
30	30	20	29	33	20	42	23	37	38	28	15	–	–
31	27	15	29	37	19	37	20	37	33	20	15	38	23
32	30	29	30	38	23	39	22	36	44	30	26	27	35
33	15	15	24	31	16	36	21	–	–	20	16	–	–

ตาราง 40 คะแนนใบงาน 14 – 21 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)

เลขที่	ใบงาน							
	14	15	16	17	18	19	20	21
	(50)	(50)	(50)	(50)	(50)	(50)	(60)	(40)
1	48	41	35	48	40	49	36	31
2	28	44	25	39	40	49	36	33
3	30	44	26	30	27	44	34	32
4	45	47	35	48	40	48	37	34
5	44	48	35	48	39	47	38	33
6	47	46	35	46	40	44	37	33
7	47	50	35	48	40	41	35	32
8	35	40	25	30	35	32	32	30
9	41	46	26	49	36	48	35	29
10	38	46	26	33	34	32	33	28
11	37	44	25	37	38	43	36	33
12	32	41	27	32	31	36	30	30
13	41	41	30	31	32	33	32	34
14	37	44	29	29	36	39	37	35
15	42	42	25	31	31	36	34	28
16	–	–	–	–	–	–	–	–
17	42	44	35	50	29	39	36	29
18	33	44	29	39	32	37	37	30
19	47	47	30	49	36	44	36	31
20	45	45	35	38	40	47	35	32
21	47	43	35	33	32	40	39	25
22	39	44	27	41	29	43	35	29
23	33	45	35	49	35	44	34	29
24	34	45	28	40	30	31	33	21
25	–	–	–	–	–	–	–	–
26	43	44	25	37	35	44	32	30
27	30	44	32	35	31	36	36	30
28	–	–	–	–	–	–	–	–
29	37	47	30	32	27	46	37	33
30	–	–	–	–	–	–	–	–
31	32	40	27	31	29	43	36	29
32	35	42	25	50	34	40	36	29
33	–	–	–	–	–	–	–	–

ตาราง 41 คะแนนแบบทดสอบ 1 – 5 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์

พื้นฐาน และการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า) และแบบทดสอบ 6 – 10 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัส
กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการ แก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)

เลขที่	แบบทดสอบ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)
1	30	16	21	30	20	19	21	17	25	22
2	28	23	24	28	18	18	17	21	25	23
3	28	24	21	21	17	21	15	20	25	21
4	30	28	28	29	29	26	28	25	24	25
5	30	22	27	29	29	27	25	24	24	24
6	28	23	27	29	20	25	27	25	21	25
7	29	28	28	29	29	18	27	26	25	25
8	30	19	20	26	27	17	19	16	21	18
9	28	19	29	27	28	24	27	28	23	25
10	28	20	19	23	22	24	24	18	21	17
11	29	24	27	25	26	22	21	20	25	20
12	28	29	28	22	20	17	18	22	19	18
13	28	20	19	17	21	16	24	23	20	18
14	28	19	21	24	20	22	23	22	19	19
15	28	23	17	24	25	21	20	19	19	20
16	28	17	18	14	16	21	–	–	–	–
17	24	22	27	28	27	17	15	21	22	20
18	30	18	29	22	26	23	20	22	20	19
19	30	18	29	22	24	16	19	27	18	21
20	30	28	28	29	27	25	23	24	24	23
21	30	19	27	23	21	18	20	21	21	20
22	28	16	27	25	28	17	20	21	22	22
23	30	22	28	21	24	19	22	22	22	24
24	27	22	21	24	20	15	21	19	17	19
25	19	18	–	–	–	–	–	–	–	–
26	28	20	28	25	25	22	24	26	19	23
27	27	22	25	23	24	17	20	21	20	19
28	26	–	28	–	–	–	–	–	–	–
29	29	28	27	22	24	28	21	26	18	20
30	28	18	28	23	25	–	–	–	–	–
31	28	19	28	21	16	19	18	21	19	21
32	30	28	28	27	27	22	20	22	20	24
33	–	–	25	–	–	–	–	–	–	–

ตาราง 42 คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมโดยอาจารย์ผู้สอนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม

เลขที่	ครั้งที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)
1	18	18	18	24	26	27	27	27
2	17	17	18	19	27	27	27	–
3	17	17	18	18	27	27	27	27
4	24	26	27	27	27	27	27	27
5	25	26	27	27	27	27	27	18
6	17	18	19	26	27	27	27	27
7	17	18	18	26	27	27	27	27
8	27	28	27	27	27	27	–	–
9	18	18	18	24	27	27	27	27
10	16	17	–	19	25	27	27	–
11	18	18	19	19	27	27	–	27
12	18	18	18	18	27	–	–	27
13	13	18	18	18	27	27	27	18
14	13	18	18	18	27	–	27	27
15	13	18	18	18	27	27	27	18
16	24	–	19	26	–	27	–	27
17	24	27	27	27	27	27	27	27
18	–	27	–	27	27	–	27	27
19	23	27	27	27	27	–	27	27
20	24	26	26	27	27	27	27	27
21	13	18	18	18	20	27	27	18
22	18	26	26	26	27	27	27	27
23	19	26	26	26	27	27	27	27
24	19	26	18	17	–	–	–	27
25	–	–	–	11	–	–	–	–
26	18	22	21	26	–	27	27	27
27	18	–	19	19	18	27	27	27
28	–	–	–	–	18	–	–	–
29	18	27	27	27	32	27	27	18
30	–	18	–	–	–	27	–	27
31	17	18	18	18	19	27	27	–
32	17	18	26	19	17	27	27	27
33	–	–	–	–	–	–	–	–

ตาราง 43 คะแนนรวมจากการสังเกตพฤติกรรมโดยอาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์

เลขที่	ครั้งที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)
1	22	23	25	25	24	27	25	22	27	27	27	27
2	22	22	26	25	24	27	25	22	27	27	27	27
3	22	26	26	25	24	27	25	22	27	27	27	27
4	22	27	31	28	25	30	27	22	30	30	30	30
5	22	25	29	27	24	29	26	22	30	30	30	30
6	22	27	29	27	24	29	26	22	30	30	30	30
7	22	25	27	27	25	30	26	22	30	30	30	30
8	22	23	25	25	24	–	25	21	27	27	27	27
9	22	23	27	28	25	30	27	22	30	30	30	30
10	22	19	24	17	20	–	25	22	28	28	28	28
11	22	23	25	25	24	27	25	22	27	27	27	27
12	22	23	25	25	20	27	25	21	–	–	–	–
13	22	19	25	15	24	–	25	22	27	27	27	27
14	22	19	24	15	24	–	25	21	27	27	27	27
15	22	19	25	15	24	–	25	22	27	27	27	27
16	22	19	24	25	24	27	17	22	–	–	–	–
17	–	23	26	25	24	27	25	22	27	27	27	27
18	22	23	25	25	24	27	25	22	27	27	27	27
19	22	23	26	25	20	29	25	22	27	27	27	27
20	22	27	28	27	24	29	25	22	28	28	28	28
21	22	19	25	15	20	26	25	22	27	27	27	27
22	22	23	26	26	24	29	26	22	30	30	30	30
23	22	23	26	25	24	26	25	22	27	27	27	27
24	18	23	21	–	20	–	24	22	27	27	27	27
25	–	19	21	25	17	26	–	–	–	–	–	–
26	22	26	28	27	24	29	27	22	28	28	28	28
27	21	24	25	25	24	27	25	22	27	27	27	27
28	–	24	21	15	17	27	25	22	–	–	–	–
29	22	24	26	15	20	27	25	22	27	27	27	27
30	22	23	24	25	24	27	–	22	27	27	27	27
31	22	23	24	25	15	14	27	22	27	27	27	27
32	22	26	27	30	27	29	24	22	32	32	32	32
33	–	19	19	–	15	14	–	–	–	–	–	–

ภาคผนวก จ

1. แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ครั้งที่ 5 – 6 (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)
2. แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ครั้งที่ 11 – 12 (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)
3. แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน (หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)
4. แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน (หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า)

(หากสนใจหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ฉบับสมบูรณ์
กรุณาติดต่อผู้วิจัย)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของสมการได้
 2. คำนวณหาค่าตัวแปรทางวงจรไฟฟ้าโดยการประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์
- ในลักษณะการแก้ระบบสมการด้วยวิธีของเกาส์ วิธีของคราเมอร์ และวิธีเมตริกซ์ผกผันได้

4. สาระการเรียนรู้

1. ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและตัวแปรในวงจรไฟฟ้า
 - 1.5 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการเชิงเส้น
 - 1.5.1 ระบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร
 - 1.5.2 ระบบสมการเชิงเส้น 3 ตัวแปร
 - 1.6 การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ กระแสแมชและแรงดันโนด
 - 1.6.1 วิธีของเกาส์
 - 1.6.2 วิธีของคราเมอร์
 - 1.6.3 วิธีเมตริกซ์ผกผัน

5. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม 1 เวลา 30 นาที

- 1.5 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการเชิงเส้น
 - 1.5.1 ระบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร
 - 1.5.2 ระบบสมการเชิงเส้น 3 ตัวแปร

ขั้นที่ 1 ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน

ผู้สอนแจกใบงาน 10 ให้กับผู้เรียนสร้างเมตริกซ์จากสมการต่อไปนี้

$$1. \quad 60X_1 - 50X_2 = 80 \quad \text{-----} (1)$$

$$-50X_1 + 75X_2 = 0 \quad \text{-----} (2)$$

$$2. \quad 22.5X - 21Y = 120 \quad \text{-----} (1)$$

$$-21X + 30Y - 6Z = 0 \quad \text{-----} (2)$$

$$-6Y + 7.5Z = -105 \quad \text{-----} (3)$$

$$3. \quad 2 \, \Omega \times I_1 - 3 \, \Omega \times I_2 = 8 \, \text{V} \quad \text{-----} (1)$$

$$3 \, \Omega \times I_1 + 7 \, \Omega \times I_2 = -11 \, \text{V} \quad \text{-----} (2)$$

$$4. \quad 1 \text{mA} \times R_1 + 2 \text{mA} \times R_2 + 4 \text{mA} \times R_3 = 4 \, \text{V} \quad \text{-----} (1)$$

$$1 \text{mA} \times R_2 + 2 \text{mA} \times R_3 = 2 \, \text{V} \quad \text{-----} (2)$$

$$1 \text{mA} \times R_1 + 1 \text{mA} \times R_2 + 2 \text{mA} \times R_3 = 1 \, \text{V} \quad \text{-----} (3)$$

$$5. \quad 2 \, \text{k}\Omega \times I_1 + 4 \, \text{k}\Omega \times I_2 + 6 \, \text{k}\Omega \times I_3 = 2 \, \text{V} \quad \text{-----} (1)$$

$$1 \, \text{k}\Omega \times I_1 + 2 \, \text{k}\Omega \times I_3 = 0 \, \text{V} \quad \text{-----} (2)$$

$$2 \, \text{k}\Omega \times I_1 + 3 \, \text{k}\Omega \times I_2 - 1 \, \text{k}\Omega \times I_3 = -5 \, \text{V} \quad \text{-----} (3)$$

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ฝึกฝนด้วยตัวเอง

ขั้นที่ 3 ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้

จากระบบสมการเชิงเส้น n สมการ n ตัวแปร

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n = b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n = b_2$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + \dots + a_{3n}X_n = b_3$$

$$\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots$$

$$a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + a_{n3}X_3 + \dots + a_{nn}X_n = b_n$$

จะนำมาเปลี่ยนเป็นสมการเมทริกซ์ $AX = B$ ได้ดังนี้

$$\begin{array}{c} \begin{matrix} & A & & X & & B \end{matrix} \\ \left[\begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{array} \right] \end{array}$$

ขั้นที่ 4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ผู้เรียนนำเสนอคำตอบ ร่วมกันหาข้อผิดพลาดและตรวจสอบคำตอบจากเอกสารเฉลยใบงาน 10 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

สร้างเมตริกซ์จากสมการต่อไปนี้

$$1. \quad 60X_1 - 50X_2 = 80 \quad \text{-----} (1)$$

$$-50X_1 + 75X_2 = 0 \quad \text{-----} (2)$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 60 & -50 \\ -50 & 75 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 80 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$2. \quad 22.5X - 21Y = 120 \quad \text{-----} (1)$$

$$-21X + 30Y - 6Z = 0 \quad \text{-----} (2)$$

$$-6Y + 7.5Z = -105 \quad \text{-----} (3)$$

$$\text{จากโจทย์จะได้} \quad 22.5X - 21Y + 0Z = 120 \quad \text{-----} (1)$$

$$-21X + 30Y - 6Z = 0 \quad \text{-----} (2)$$

$$0X - 6Y + 7.5Z = -105 \quad \text{-----} (3)$$

$$\text{นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้} \quad \begin{bmatrix} 22.5 & -21 & 0 \\ -21 & 30 & -6 \\ 0 & -6 & 7.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 120 \\ 0 \\ -105 \end{bmatrix}$$

$$3. \quad 2\Omega \times I_1 - 3\Omega \times I_2 = 8\text{ V} \quad \text{-----} (1)$$

$$3\Omega \times I_1 + 7\Omega \times I_2 = -11\text{ V} \quad \text{-----} (2)$$

$$\text{นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้} \quad \begin{bmatrix} 2\Omega & -3\Omega \\ 3\Omega & 7\Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8\text{ V} \\ -11\text{ V} \end{bmatrix} \quad \text{หรือ} \quad \begin{bmatrix} 2 & -3 \\ 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ -11 \end{bmatrix}$$

$$4. \quad 1\text{mA} \times R_1 + 2\text{mA} \times R_2 + 4\text{mA} \times R_3 = 4\text{ V} \quad \text{-----} (1)$$

$$1\text{mA} \times R_2 + 2\text{mA} \times R_3 = 2\text{ V} \quad \text{-----} (2)$$

$$1\text{mA} \times R_1 + 1\text{mA} \times R_2 + 2\text{mA} \times R_3 = 1\text{ V} \quad \text{-----} (3)$$

$$\text{จากโจทย์จะได้} \quad 1\text{mA} \times R_1 + 2\text{mA} \times R_2 + 4\text{mA} \times R_3 = 4\text{ V} \quad \text{-----} (1)$$

$$0\text{mA} \times R_1 + 1\text{mA} \times R_2 + 2\text{mA} \times R_3 = 2\text{ V} \quad \text{-----} (2)$$

$$1\text{mA} \times R_1 + 1\text{mA} \times R_2 + 2\text{mA} \times R_3 = 1\text{V} \text{ ----- (3)}$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้
$$\begin{bmatrix} 1\text{mA} & 2\text{mA} & 4\text{mA} \\ 0\text{mA} & 1\text{mA} & 2\text{mA} \\ 1\text{mA} & 1\text{mA} & 2\text{mA} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4\text{V} \\ 2\text{V} \\ 1\text{V} \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 0 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$5. \quad 2\text{k}\Omega \times I_1 + 4\text{k}\Omega \times I_2 + 6\text{k}\Omega \times I_3 = 2\text{V} \text{ ----- (1)}$$

$$1\text{k}\Omega \times I_1 + 2\text{k}\Omega \times I_3 = 0\text{V} \text{ ----- (2)}$$

$$2\text{k}\Omega \times I_1 + 3\text{k}\Omega \times I_2 - 1\text{k}\Omega \times I_3 = -5\text{V} \text{ ----- (3)}$$

จากโจทย์จะได้ $2\text{k}\Omega \times I_1 + 4\text{k}\Omega \times I_2 + 6\text{k}\Omega \times I_3 = 2\text{V} \text{ ----- (1)}$

$$1\text{k}\Omega \times I_1 + 0\text{k}\Omega \times I_2 + 2\text{k}\Omega \times I_3 = 0\text{V} \text{ ----- (2)}$$

$$2\text{k}\Omega \times I_1 + 3\text{k}\Omega \times I_2 - 1\text{k}\Omega \times I_3 = -5\text{V} \text{ ----- (3)}$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้
$$\begin{bmatrix} 2\text{k}\Omega & 4\text{k}\Omega & 6\text{k}\Omega \\ 1\text{k}\Omega & 0\text{k}\Omega & 2\text{k}\Omega \\ 2\text{k}\Omega & 3\text{k}\Omega & -1\text{k}\Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\text{V} \\ 0\text{V} \\ -5\text{V} \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 1 & 0 & 2 \\ 2 & 3 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ -5 \end{bmatrix}$$

ขั้นที่ 5 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปทฤษฎีที่ได้จากการเรียนรู้

จากระบบสมการสามารถเปลี่ยนเป็นสมการเมตริกซ์ $AX = B$ ได้โดย

A เป็นเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ซึ่งสมาชิกประกอบด้วยสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_1 ถึง X_n

เรียงลำดับจากหลักที่ 1 ถึงหลักที่ n

X เป็นเมตริกซ์หลัก มีสมาชิกประกอบด้วยตัวแปรของระบบสมการ

B เป็นเมตริกซ์หลัก มีสมาชิกประกอบด้วยค่าคงที่ของระบบสมการเชิงเส้น

ขั้นที่ 6 ประเมินผลตามสภาพจริง

ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนจากการตอบคำถามในใบงาน 10 และการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน

1. ใบงาน 10 ผู้เรียนจะผ่านการเรียนรู้ถ้าสามารถสร้างเมตริกซ์จากสมการที่กำหนดได้

2. การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลจากการทำงานที่มอบหมาย/ผลสำเร็จของงาน จากเกณฑ์

4 หมายถึง ดีมาก

3 หมายถึง ดี

2 หมายถึง พอใช้

1 หมายถึง ปรับปรุง

กิจกรรม 2 เวลา 100 นาที

1.5 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการเชิงเส้น

1.5.1 ระบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร

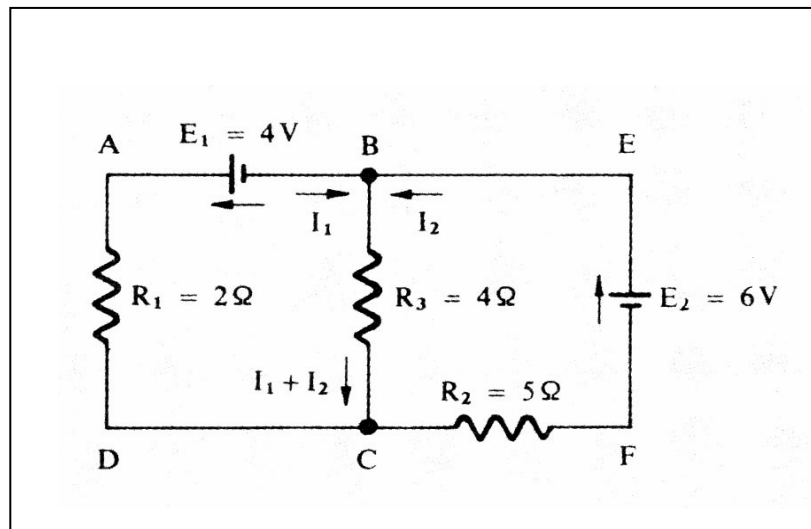
1.5.2 ระบบสมการเชิงเส้น 3 ตัวแปร

ขั้นที่ 1 ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน

ผู้สอนแจกใบงาน 11 ให้กับผู้เรียนเพื่อดำเนินการ 5 ข้อ

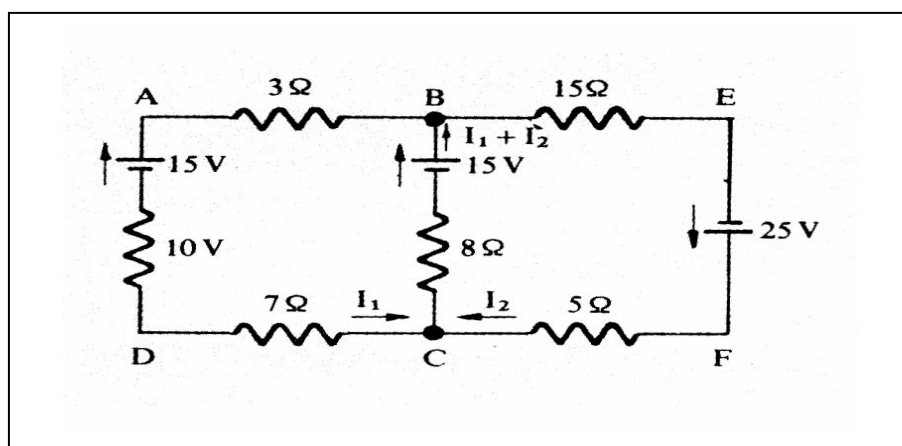
ใบงาน 11 เป็นโจทย์ให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปรและ 3 ตัวแปร โดยนำมาสร้างเป็นเมตริกซ์ จำนวน 5 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1



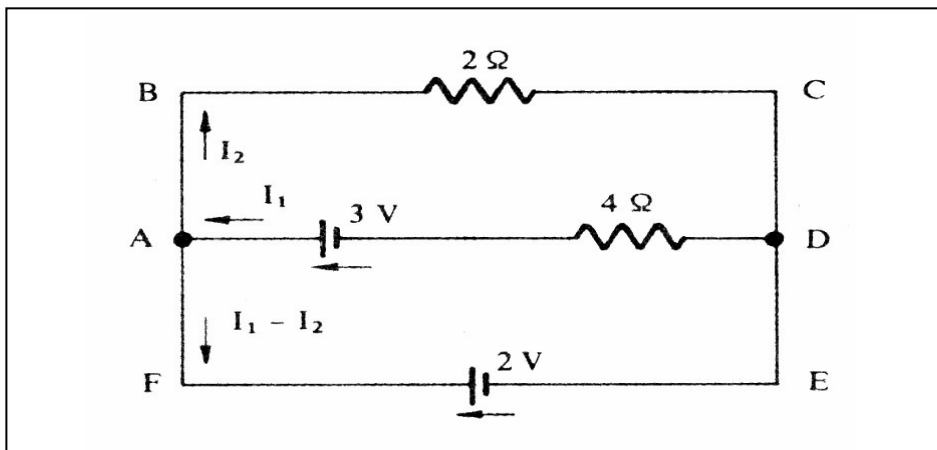
ที่มา : ไมตรี วรวิมลจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 14.

ข้อที่ 2



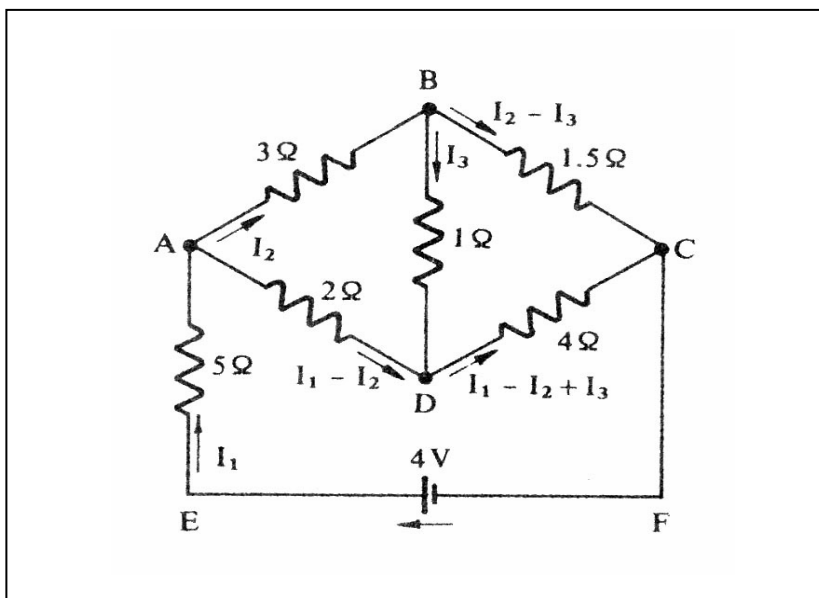
ที่มา : ไมตรี วรวิมลจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 15.

ข้อที่ 3



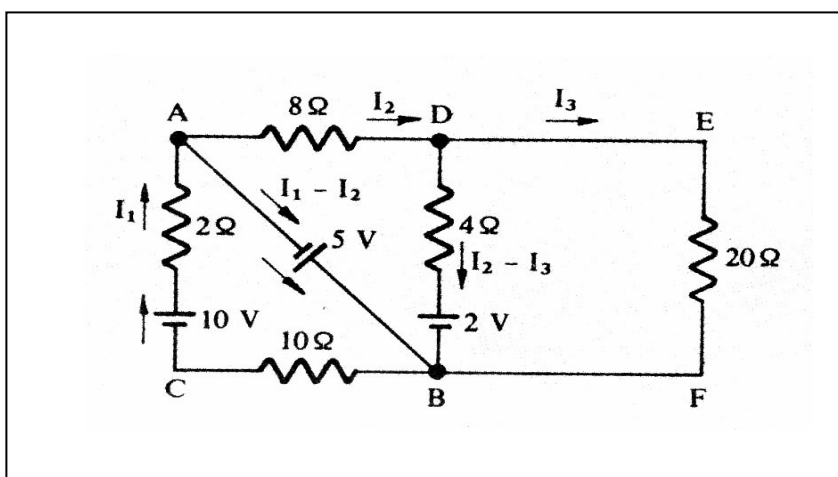
ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 19.

ข้อที่ 4



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 18.

ข้อที่ 5



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 31.

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผักผ่อนด้วยตัวเอง

ขั้นที่ 3 ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้

ผู้สอนสอบถามผู้เรียนเรื่องกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์และการนำระบบสมการ n สมการ

n ตัวแปร มาเขียนในรูปเมตริกซ์

กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก

การนำระบบ n สมการ n ตัวแปรแล้วจะนำมาเขียนในรูปเมตริกซ์ได้

$$r_{11}I_1 + r_{12}I_2 + r_{13}I_3 + \dots + r_{1n}I_n = v_1$$

$$r_{21}I_1 + r_{22}I_2 + r_{23}I_3 + \dots + r_{2n}I_n = v_2$$

$$r_{31}I_1 + r_{32}I_2 + r_{33}I_3 + \dots + r_{3n}I_n = v_3$$

$$\vdots$$

$$r_{n1}I_1 + r_{n2}I_2 + r_{n3}I_3 + \dots + r_{nn}I_n = v_n$$

จะนำมาเขียนเป็นสมการเมตริกซ์ $RI = V$ ได้ดังนี้

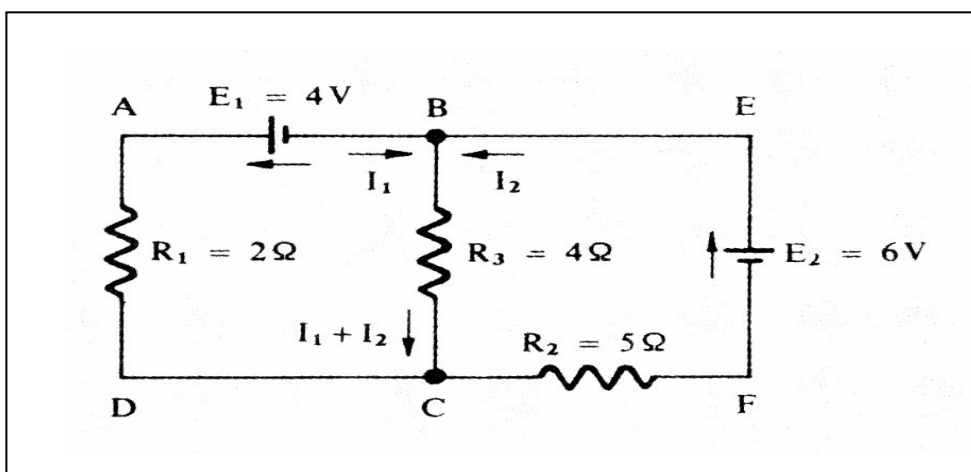
$$\begin{matrix} R & I & V \\ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \dots & r_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} & = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ขั้นที่ 4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ผู้เรียนนำเสนอคำตอบ ร่วมกันหาข้อผิดพลาดและตรวจสอบคำตอบจากเอกสารเฉลยใบงาน

11 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ข้อที่ 1



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรชากุล. (2545). วิทยุวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 14.

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก
ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ในวงจร ABCD } (2 \, \Omega)I_1 + (4 \, \Omega)(I_1 + I_2) = -4 \, \text{V}$$

$$\text{หรือ } (6 \, \Omega)I_1 + (4 \, \Omega)I_2 = -4 \, \text{V} \text{ ----- (1)}$$

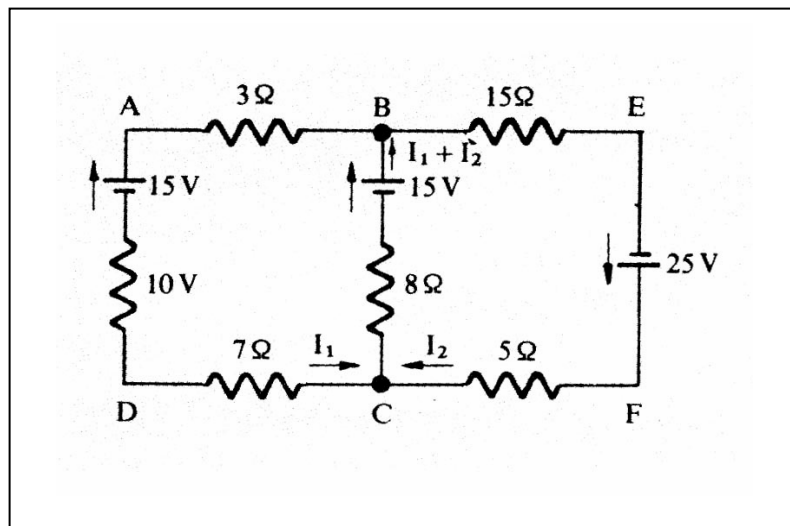
$$\text{ในวงจร BCDE } (5 \, \Omega)I_2 + (4 \, \Omega)(I_1 + I_2) = 6 \, \text{V}$$

$$\text{หรือ } (4 \, \Omega)I_1 + (9 \, \Omega)I_2 = 6 \, \text{V} \text{ ----- (2)}$$

$$\text{นำ (1), (2) มาเขียนในรูปเมทริกซ์จะได้ } \begin{bmatrix} 6 \, \Omega & 4 \, \Omega \\ 4 \, \Omega & 9 \, \Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4 \, \text{V} \\ 6 \, \text{V} \end{bmatrix}$$

$$\text{หรือ } \begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4 \\ 6 \end{bmatrix}$$

ข้อที่ 2



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรชากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 15.

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก
ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ในวงจร ABCD } (3 \, \Omega + 7 \, \Omega + 10 \, \Omega)I_1 + (8 \, \Omega)(I_1 + I_2) = 15 \, \text{V} - 15 \, \text{V}$$

$$\text{หรือ } (28 \, \Omega)I_1 + (8 \, \Omega)I_2 = 0 \, \text{V} \text{ ----- (1)}$$

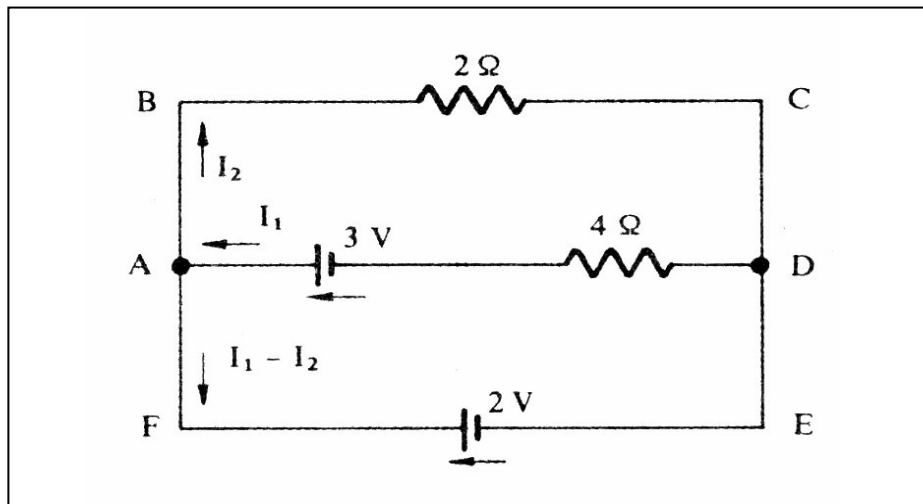
$$\text{ในวงจร BEFC } (5 \, \Omega + 15 \, \Omega)I_2 + 8 \, \Omega (I_1 + I_2) = 25 \, \text{V} + 15 \, \text{V}$$

$$\text{หรือ } (8 \, \Omega)I_1 + (28 \, \Omega)I_2 = 40 \, \text{V} \text{ ----- (2)}$$

นำ (1), (2) มาเขียนในรูปเมตริกซ์จะได้
$$\begin{bmatrix} 28\Omega & 8\Omega \\ 8\Omega & 28\Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0\text{ V} \\ 40\text{ V} \end{bmatrix}$$

หรือ
$$\begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 40 \end{bmatrix}$$

ข้อที่ 3



ที่มา : ไมตรี วรุดิศจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเล่ม 2. หน้า 19.

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก
ดังนั้นจะได้ว่า

ในวงจร ABCD จะได้ $(4\Omega)I_1 + (2\Omega)I_2 = 3\text{ V}$ ----- (1)

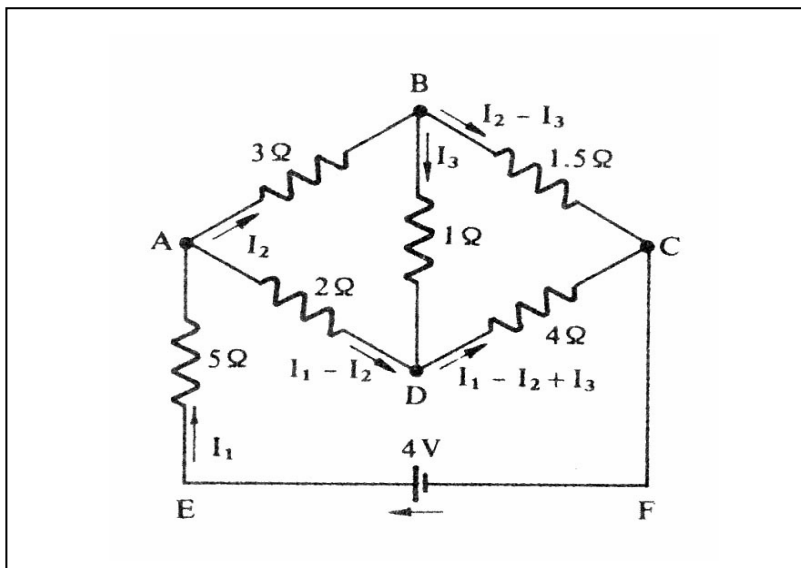
ในวงจร AFED จะได้ $(4\Omega)I_1 = 3\text{ V} - 2\text{ V}$

หรือ $(4\Omega)I_1 = 1\text{ V}$ ----- (2)

นำ (1), (2) มาเขียนในรูปเมตริกซ์จะได้
$$\begin{bmatrix} 4\Omega & 2\Omega \\ 4\Omega & 0\Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3\text{ V} \\ 1\text{ V} \end{bmatrix}$$

หรือ
$$\begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 4 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix}$$

ข้อที่ 4



ที่มา : ไมตรี วรวิทย์กรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 18.

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก
ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ในวงจร ABCFE} \quad (5 \, \Omega) I_1 + (3 \, \Omega) I_2 + (1.5 \, \Omega) (I_2 - I_3) = 4 \, \text{V}$$

$$\text{หรือ } (5 \, \Omega) I_1 + (4.5 \, \Omega) I_2 - (1.5 \, \Omega) I_3 = 4 \, \text{V} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{ในวงจร ABD} \quad (3 \, \Omega) I_2 + (1 \, \Omega) I_3 - (2 \, \Omega) (I_1 - I_3) = 0 \, \text{V}$$

$$\text{หรือ } (-2 \, \Omega) I_1 + (5 \, \Omega) I_2 + (1 \, \Omega) I_3 = 0 \, \text{V} \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{ในวงจร BDC} \quad (1 \, \Omega) I_3 + (4 \, \Omega) (I_1 - I_2 + I_3) - (1.5 \, \Omega) (I_2 - I_3) = 0 \, \text{V}$$

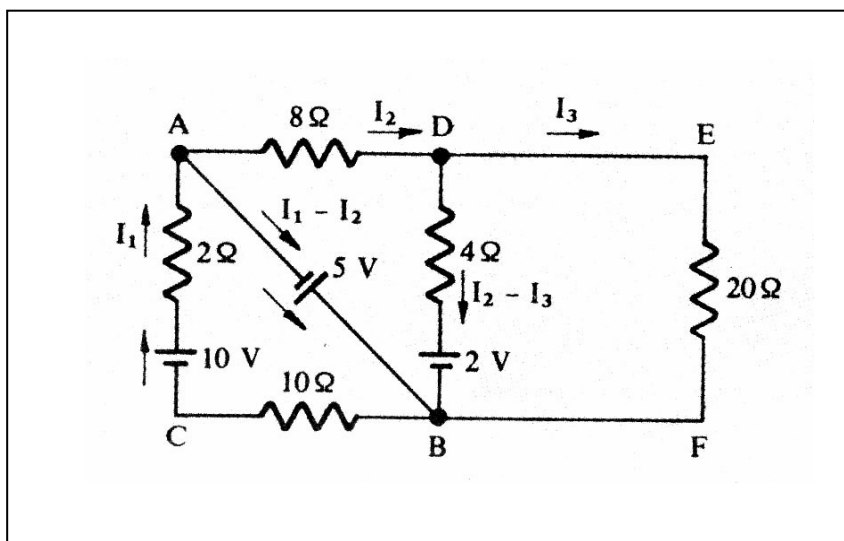
$$\text{หรือ } (4 \, \Omega) I_1 - (5.5 \, \Omega) I_2 + (6.5 \, \Omega) I_3 = 0 \, \text{V} \quad \text{----- (3)}$$

นำ (1), (2), (3) มาเขียนในรูปเมทริกซ์จะได้

$$\begin{bmatrix} 5 \, \Omega & 4.5 \, \Omega & -1.5 \, \Omega \\ -2 \, \Omega & 5 \, \Omega & 1 \, \Omega \\ 4 \, \Omega & -5.5 \, \Omega & 6.5 \, \Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \, \text{V} \\ 0 \, \text{V} \\ 0 \, \text{V} \end{bmatrix}$$

$$\text{หรือ } \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

ข้อที่ 5



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). วิทยุวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 31.

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก
ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ในวงจร ABC จะได้ } (2\ \Omega + 10\ \Omega) I_1 = 10\ \text{V} + 5\ \text{V}$$

$$\text{หรือ } (12\ \Omega) I_1 = 15\ \text{V} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{ในวงจร ABD จะได้ } (-4\ \Omega)(I_2 - I_3) - (8\ \Omega) I_2 = 5\ \text{V} + 2\ \text{V}$$

$$\text{หรือ } (-12\ \Omega) I_2 + (4\ \Omega)(I_3) = 7\ \text{V} \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{ในวงจร BDEF จะได้ } (-4\ \Omega)(I_2 - I_3) + (20\ \Omega) I_3 = 2\ \text{V}$$

$$\text{หรือ } (-4\ \Omega) I_2 + (24\ \Omega)(I_3) = 2\ \text{V} \quad \text{----- (3)}$$

นำ (1), (2) และ (3) มาเขียนในรูปเมตริกซ์จะได้

$$\begin{bmatrix} 12\ \Omega & 0\ \Omega & 0\ \Omega \\ 0\ \Omega & -12\ \Omega & 4\ \Omega \\ 0\ \Omega & -4\ \Omega & 24\ \Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15\ \text{V} \\ 7\ \text{V} \\ 2\ \text{V} \end{bmatrix}$$

หรือ

$$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & -12 & 4 \\ 0 & -4 & 24 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15\ \text{V} \\ 7\ \text{V} \\ 2\ \text{V} \end{bmatrix}$$

ขั้นที่ 5 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปยุทธวิธีที่ได้จากการเรียนรู้

จากระบบสมการเชิงเส้น n สมการ n ตัวแปร

$$\begin{array}{rcl} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n & = & b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n & = & b_2 \\ a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + \dots + a_{3n}X_n & = & b_3 \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + a_{n3}X_3 + \dots + a_{nn}X_n & = & b_n \end{array}$$

จะนำมาเปลี่ยนเป็นสมการเมทริกซ์ $AX = B$ ได้ดังนี้

$$\begin{array}{c} A \qquad \qquad \qquad X \qquad \qquad \qquad B \\ \left[\begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{array} \right] \end{array}$$

เมื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้าสามารถดำเนินการได้โดย

1. กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก
การนำระบบ n สมการ n ตัวแปรแล้วจะนำมาเขียนในรูปเมทริกซ์ได้

$$\begin{array}{rcl} r_{11}I_1 + r_{12}I_2 + r_{13}I_3 + \dots + r_{1n}I_n & = & v_1 \\ r_{21}I_1 + r_{22}I_2 + r_{23}I_3 + \dots + r_{2n}I_n & = & v_2 \\ r_{31}I_1 + r_{32}I_2 + r_{33}I_3 + \dots + r_{3n}I_n & = & v_3 \\ \vdots & & \vdots \\ r_{n1}I_1 + r_{n2}I_2 + r_{n3}I_3 + \dots + r_{nn}I_n & = & v_n \end{array}$$

จะนำมาเปลี่ยนเป็นสมการเมตริกซ์ $RI = V$ ได้ดังนี้

$$\begin{array}{c} R \\ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \cdots & r_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \cdots & r_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} I \\ \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} V \\ \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \end{array}$$

2. ระบบสมการเมตริกซ์ในรูปของ $RI = V$

เมื่อ V คือ แรงดันตกคร่อม (Voltage Drop) หรือ ความต่างศักย์ (Potential Difference) หมายถึง ความแตกต่างของระดับแรงดันไฟฟ้าในระหว่างจุด 2 จุด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

I คือ กระแส (Current) หมายถึง อัตราการเคลื่อนที่ของประจุ หรือค่าเฉลี่ยของจำนวน ประจุที่เคลื่อนที่ผ่านไปมาในจุดที่กำหนดไว้ในวงจรแต่ละวินาที มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

R คือ ความต้านทาน (Resistance) คือ ความสามารถของวงจรที่เป็นตัวจำกัดการไหล ของกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

เมตริกซ์ที่ได้จะมีลักษณะคือ $R_{n \times n}$ $I_{n \times 1}$ และ $V_{n \times 1}$

$$\begin{array}{c} R \\ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \cdots & r_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \cdots & r_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} I \\ \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} V \\ \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \end{array}$$

ขั้นที่ 6 ประเมินผลตามสภาพจริง

ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนจากการตอบคำถามในใบงาน 11 และการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน

1. ใบงาน 11 ผู้เรียนจะผ่านการเรียนรู้ถ้าสามารถวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบ สมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร และ 3 ตัวแปร และนำมาสร้างเป็นเมตริกซ์ในรูป $RI = V$ ได้

2. การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลจากการทำงานที่มอบหมาย/ผลสำเร็จของงาน จากเกณฑ์

- 4 หมายถึง ดีมาก
- 3 หมายถึง ดี
- 2 หมายถึง พอใช้
- 1 หมายถึง ปรับปรุง

กิจกรรม 3 เวลา 80 นาที

1.6 การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ กระแสแมชและแรงดันโนด

- 1.6.1 วิธีของเกาส์
- 1.6.2 วิธีของคราเมอร์
- 1.6.3 วิธีเมตริกซ์ผกผัน

ขั้นที่ 1 ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน

ผู้สอนแจกใบงาน 12 ให้กับผู้เรียน ใบงาน 12 เป็นโจทย์เพื่อหาคำตอบของระบบสมการโดยใช้วิธีการ 4 วิธี คือ การแก้ระบบสมการแบบเดิม การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล การใช้ดีเทอร์มิแนนต์ และการใช้เมตริกซ์ผกผันคำนวณหาค่าตัวแปรจากระบบสมการเชิงเส้น จำนวน 2 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 $p - q = 2$ ----- (1)

$2p + q = 1$ ----- (2)

ข้อที่ 2 $p + q + 2r = 1$ ----- (1)

$2p + q = 4$ ----- (2)

$p + 2q + 2r = 3$ ----- (3)

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผักผ่อนด้วยตัวเอง

ขั้นที่ 3 ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้

ผู้สอนสอบถามผู้เรียนในการหาคำตอบของระบบสมการ ซึ่งสามารถใช้วิธีการได้ 4 วิธี คือ

1. การแก้ระบบสมการแบบเดิม

2. การใช้เมตริกซ์ (การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล การใช้ดีเทอร์มิแนนต์ และการใช้

เมตริกซ์ผกผัน) โดยให้ผู้เรียนอธิบายและแสดงวิธีการหาคำตอบจากแต่ละวิธี

ขั้นที่ 4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ผู้เรียนนำเสนอคำตอบ ร่วมกันหาข้อผิดพลาดและตรวจสอบคำตอบจากเอกสารเฉลยใบงาน 12 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การหาคำตอบของระบบสมการต่อไปนี้อยู่โดยใช้วิธีการ 4 วิธี คือ

1. การแก้ระบบสมการแบบเดิม
2. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล
3. การใช้ดีเทอร์มิแนนท์
4. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

ข้อที่ 1 $p - q = 2$ ----- (1)

$2p + q = 1$ ----- (2)

1. การแก้ระบบสมการแบบเดิม

$$\text{จากโจทย์จะได้} \quad p - q = 2 \quad \text{-----} (1)$$

$$2p + q = 1 \quad \text{-----} (2)$$

$(1) + (2); \quad 3p = 3$ ดังนั้น $p = 1$ แทนค่า p ใน (1); $1 - q = 2$ $-q = 2 - 1$ จะได้ $q = -(2 - 1) = -1$ หรือแทนค่า p ใน (2); $2(1) + q = 1$ จะได้ $q = 1 - 2 = -1$	$(1) \times 2; \quad 2p - 2q = 4 \quad \text{-----} (3)$ $(3) - (2); \quad -3q = 3$ ดังนั้น $q = -1$ แทนค่า q ใน (1); $p - (-1) = 2$ $p + 1 = 2$ จะได้ $p = 2 - 1 = 1$ หรือแทนค่า q ใน (2); $2p + (-1) = 1$ $2p = 1 + 1$ จะได้ $p = 1$

2. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล

$$\text{จากโจทย์จะได้} \quad p - q = 2 \quad \text{-----} (1)$$

$$2p + q = 1 \quad \text{-----} (2)$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$[A \mid B] = \left[\begin{array}{cc|c} 1 & -1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 \end{array} \right]$$

$$\sim \left[\begin{array}{cc|c} 3 & 0 & 3 \\ 2 & 1 & 1 \end{array} \right] \quad R_1 \leftarrow R_1 + R_2$$

$$\sim \left[\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{array} \right] \quad R_1 \leftarrow \frac{1}{3}R_1$$

$$\sim \left[\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \end{array} \right] \quad R_2 \leftarrow 2R_1 - R_2$$

$$\sim \left[\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{array} \right] \quad R_2 \leftarrow 1R_2$$

เปลี่ยนกลับในรูปสมการเชิงเส้นจะได้ว่า $(1)p + (0)q = 1$ หรือ $p = 1$
 $(0)p + (1)q = -1$ หรือ $q = -1$

3. การใช้ดีเทอร์มิแนนต์

จากโจทย์จะได้ $p - q = 2$ ----- (1)

$$2p + q = 1 \text{ ----- (2)}$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

กำหนดให้ $A = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$, $X = \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix}$ และ $B = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$

สร้างเมตริกซ์ D โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 1 ของเมตริกซ์ A

จะได้ $D = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

สร้างเมตริกซ์ E โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 2 ของเมตริกซ์ A

จะได้ $E = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$

สามารถหาค่าไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์ A, D และ E ดังนี้

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์ A

กำหนดให้ $A = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$ มีสมาชิกคือ $a_{11} = 1$ $a_{12} = -1$

$$a_{21} = 2 \quad a_{22} = 1$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = |1| = 1$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = |2| = 2$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = |-1| = -1$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = |1| = 1$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(1) = 1$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(-1) = 1$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(1) = 1$$

ดีเทอร์มิแนนท์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 1$, $a_{12} = -1$

$$\det(A) = a_{11} c_{11} + a_{12} c_{12} = (1)(1) + (-1)(-2) = 1 + 2 = 3$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{21} = 2$, $a_{22} = 1$

$$\det(A) = a_{21} c_{21} + a_{22} c_{22} = (2)(1) + (1)(1) = 2 + 1 = 3$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 1$, $a_{21} = 2$

$$\det(A) = a_{11} c_{11} + a_{21} c_{21} = (1)(1) + (2)(1) = 1 + 2 = 3$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{12} = -1$, $a_{22} = 1$

$$\det(A) = a_{12} c_{12} + a_{22} c_{22} = (-1)(-2) + (1)(1) = 2 + 1 = 3$$

5. ใช้หลักการคูณขึ้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

$- [2 \times (-$

จะได้ $\det(A) = \begin{vmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = 1 - (-2) = 3$

$+ (1 \times$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ D

กำหนดให้ $D = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ มีสมาชิกคือ $d_{11} = 2$ $d_{12} = -1$

$$d_{21} = 1 \quad d_{22} = 1$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = |1| = 1$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = |1| = 1$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = |-1| = -1$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = |2| = 2$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(1) = 1$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(1) = -1$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(-1) = 1$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(2) = 2$$

ดีเทอร์มิแนนท์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 2$, $d_{12} = -1$

$$\det(D) = d_{11} c_{11} + d_{12} c_{12} = (2)(1) + (-1)(-1) = 2 + 1 = 3$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{21} = 1$, $d_{22} = 1$

$$\det(D) = d_{21} c_{21} + d_{22} c_{22} = (1)(1) + (1)(2) = 1 + 2 = 3$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 2$, $d_{21} = 1$

$$\det(D) = d_{11} c_{11} + d_{21} c_{21} = (2)(1) + (1)(1) = 2 + 1 = 3$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{12} = -1$, $d_{22} = 1$

$$\det(D) = d_{12} c_{12} + d_{22} c_{22} = (-1)(-1) + (1)(2) = 1 + 2 = 3$$

5. ใช้หลักการคูณขึ้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

$$- [1 \times (-$$

จะได้ $\det(D) = \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = 2 - (-1) = 3$

$$+ (2 \times$$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ E

$$\text{กำหนดให้ } E = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \text{ มีสมาชิกคือ } e_{11} = 1 \quad e_{12} = 2$$

$$e_{21} = 2 \quad e_{22} = 1$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{2} \\ \cancel{2} & \cancel{1} \end{vmatrix} = |1| = 1$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{2} \\ 2 & \cancel{1} \end{vmatrix} = |2| = 2$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & 2 \\ \cancel{2} & \cancel{1} \end{vmatrix} = |2| = 2$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 1 & \cancel{2} \\ \cancel{2} & \cancel{1} \end{vmatrix} = |1| = 1$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(1) = 1$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(1) = 1$$

ดีเทอร์มิแนนท์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 1, e_{12} = 2$

$$\det(E) = e_{11} c_{11} + e_{12} c_{12} = (1)(1) + (2)(-2) = 1 + (-4) = -3$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{21} = 2, e_{22} = 1$

$$\det(E) = e_{21} c_{21} + e_{22} c_{22} = (2)(-2) + (1)(1) = -4 + 1 = -3$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 1, e_{21} = 2$

$$\det(E) = e_{11} c_{11} + e_{21} c_{21} = (1)(1) + (2)(-2) = 1 + (-4) = -3$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{12} = 2, e_{22} = 1$

$$\det(E) = e_{12} c_{12} + e_{22} c_{22} = (2)(-2) + (1)(1) = -4 + 1 = -3$$

5. ใช้หลักการคูณชั้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

$$\boxed{-}$$

จะได้ $\det(E) = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 1 \cdot 4 - 2 \cdot 2 = 4 - 4 = 0$

$$\boxed{+(1 \times 2)}$$

ดังนั้นจะได้ค่า p และ q ดังนี้ $p = \frac{|D|}{|A|} = \frac{3}{3} = 1$ และ $q = \frac{|E|}{|A|} = \frac{-3}{3} = -1$

4. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

จากโจทย์จะได้ $p - q = 2$ ----- (1)

$$2p + q = 1$$
 ----- (2)

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้ $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$

หาเมตริกซ์ผกผัน $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{adj}(A)]$ หรือ $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{cof}(A)]^T$

ดีเทอร์มิแนนท์

$$\det(A) = 3$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(1) = 1$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(-1) = 1$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(1) = 1$$

$$\text{เมตริกซ์ผกผัน } \text{adj}(A) = [\text{cof}(A)]^T = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{เมตริกซ์ผกผัน } A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{2}{3} & \frac{1}{3} \end{bmatrix}$$

$$\text{ตรวจคำตอบ } AA^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{2}{3} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1 \times \frac{1}{3}) + [-1 \times (-\frac{2}{3})] & (1 \times \frac{1}{3}) + (-1 \times \frac{1}{3}) \\ (2 \times \frac{1}{3}) + [1 \times (-\frac{2}{3})] & (2 \times \frac{1}{3}) + (1 \times \frac{1}{3}) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (\frac{1}{3}) + (\frac{2}{3}) & (\frac{1}{3}) - (\frac{1}{3}) \\ (\frac{2}{3}) + (-\frac{2}{3}) & (\frac{2}{3}) + (\frac{1}{3}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

จะหาค่าสมาชิกของเมตริกซ์ X ได้โดยการหาเมตริกซ์ผกผันของ A แล้วนำไปคูณกับเมตริกซ์ B

$$\text{จาก } AX = B \quad \text{จะได้ว่า} \quad A^{-1}AX = A^{-1}B$$

$$IX = A^{-1}B$$

$$X = A^{-1}B$$

$$\text{ดังนั้น } X = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{2}{3} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\frac{1}{3} \times 2) + (\frac{1}{3} \times 1) \\ (-\frac{2}{3} \times 2) + (\frac{1}{3} \times 1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$\text{จะได้ว่า} \quad p = 1 \text{ และ } q = -1$$

$$\text{ข้อที่ 2} \quad p + q + 2r = 1 \quad \text{----- (1)}$$

$$2p + q = 4 \quad \text{-----} (2)$$

$$p + 2q + 2r = 3 \quad \text{-----} (3)$$

1. การแก้ระบบสมการแบบเดิม

จากโจทย์จะได้ $p + q + 2r = 1 \quad \text{-----} (1)$

$$2p + q = 4 \quad \text{-----} (2)$$

$$p + 2q + 2r = 3 \quad \text{-----} (3)$$

จาก (2); $q = 4 - 2p \quad \text{-----} (4)$

แทน (4) ใน (1); $p + (4 - 2p) + 2r = 1$

$$-p + 2r = -3$$

$$2r = -3 + p \quad \text{-----} (5)$$

แทน (4) และ (5) ใน (3); $p + 2(4 - 2p) + (-3 + p) = 3$

$$p + 8 - 4p - 3 + p = 3$$

$$-2p = -2 \quad \text{ดังนั้นจะได้ } p = 1$$

แทน $p = 1$ ใน (2); $2(1) + q = 4$ ดังนั้นจะได้ $q = 2$

แทน $p = 1$ และ $q = 2$ ใน (1); $(1) + (2) + 2r = 1$ ดังนั้นจะได้ $r = -1$

2. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล

จากโจทย์จะได้ $p + q + 2r = 1 \quad \text{-----} (1)$

$$2p + q = 4 \quad \text{-----} (2)$$

$$p + 2q + 2r = 3 \quad \text{-----} (3)$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$[A | B] = \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & 4 \\ 1 & 2 & 2 & 3 \end{array} \right]$$

$$\sim \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & -4 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \end{array} \right] \begin{array}{l} R_2 \leftarrow -2R_1 + R_2 \\ R_3 \leftarrow -1R_1 + R_3 \end{array}$$

$$\sim \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & -4 & -2 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \end{array} \right] R_2 \leftarrow -1R_2$$

$$\sim \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -2 & 3 \\ 0 & 1 & 4 & -2 \\ 0 & 0 & -4 & 4 \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \leftarrow -1R_2 + R_1 \\ R_3 \leftarrow -1R_2 + R_3 \end{array}$$

$$\sim \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -2 & 3 \\ 0 & 1 & 4 & -2 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{array} \right] R_3 \leftarrow -\frac{1}{4}R_3$$

$$\sim \left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \leftarrow 2R_3 + R_1 \\ R_2 \leftarrow -4R_3 + R_2 \end{array}$$

เปลี่ยนกลับในรูปสมการเชิงเส้นจะได้ว่า $(1)p + (0)q + (0)r = 1$ หรือ $p = 1$

$(0)p + (1)q + (0)r = 2$ หรือ $q = 2$

$(0)p + (0)q + (1)r = -1$ หรือ $r = -1$

3. การใช้ดีเทอร์มิแนนต์

จากโจทย์จะได้ $p + q + 2r = 1$ ----- (1)

$2p + q = 4$ ----- (2)

$p + 2q + 2r = 3$ ----- (3)

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$\text{กำหนดให้ } A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ D โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 1 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ E โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 2 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } E = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 0 \\ 1 & 3 & 2 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ E โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 3 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

สามารถหาค่าไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ A, D, E และ F ได้ดังนี้

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ A

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{มีสมาชิกคือ } a_{11} = 1 \quad a_{12} = 1 \quad a_{13} = 2 \\ a_{21} = 2 \quad a_{22} = 1 \quad a_{23} = 0 \\ a_{31} = 1 \quad a_{32} = 2 \quad a_{33} = 2 \end{array}$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{1} & \cancel{2} \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (2 \times 0) = 2 - 0 = 2$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} 1 & \cancel{1} & \cancel{2} \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = (2 \times 2) - (1 \times 0) = 4 - 0 = 4$$

$$M_{13} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \cancel{2} \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = (2 \times 2) - (1 \times 1) = 4 - 1 = 3$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & 1 & 2 \\ 2 & \cancel{1} & 0 \\ \cancel{1} & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (2 \times 2) = 2 - 4 = -2$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 1 & \cancel{1} & 2 \\ 2 & 1 & \cancel{0} \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (1 \times 2) = 2 - 2 = 0$$

$$M_{23} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (1 \times 1) = 2 - 1 = 1$$

$$M_{31} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} = (1 \times 0) - (1 \times 2) = 0 - 2 = -2$$

$$M_{32} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 0 \end{vmatrix} = (1 \times 0) - (2 \times 2) = 0 - 4 = -4$$

$$M_{33} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = (1 \times 1) - (2 \times 1) = 1 - 2 = -1$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(2) = 2$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(3) = 3$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(-2) = 2$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(0) = 0$$

$$c_{23} = (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(1) = -1$$

$$c_{31} = (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(-2) = -2$$

$$c_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(-4) = 4$$

$$c_{33} = (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(-1) = -1$$

ดีเทอร์มิแนนท์

$$\text{จากโจทย์กำหนดให้ } A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \text{ ดังนั้นจะได้ } \det(A) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix}$$

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 3x3 สามารถดำเนินการได้ 7 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 1$, $a_{12} = 1$, $a_{13} = 2$

$$\det(A) = a_{11}c_{11} + a_{12}c_{12} + a_{13}c_{13} = (1)(2) + (1)(-4) + (2)(3) = 2 + (-4) + 6 = 4$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{21} = 2$, $a_{22} = 1$, $a_{23} = 0$

$$\det(A) = a_{21}c_{21} + a_{22}c_{22} + a_{23}c_{23} = (2)(2) + (1)(0) + (0)(-1) = 4 + 0 + 0 = 4$$

3. ใช้แถวที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{31} = 1, a_{32} = 2, a_{33} = 2$

$$\det(A) = a_{31}c_{31} + a_{32}c_{32} + a_{33}c_{33} = (1)(-2) + (2)(4) + (2)(-1) = -2 + 8 - 2 = 4$$

4. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 1, a_{21} = 2, a_{31} = 1$

$$\det(A) = a_{11}c_{11} + a_{21}c_{21} + a_{31}c_{31} = (1)(2) + (2)(2) + (1)(-2) = 2 + 4 + (-2) = 4$$

5. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{12} = 1, a_{22} = 1, a_{32} = 2$

$$\det(A) = a_{12}c_{12} + a_{22}c_{22} + a_{32}c_{32} = (1)(-4) + (1)(0) + (2)(4) = -4 + 0 + 8 = 4$$

6. ใช้หลักที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{13} = 2, a_{23} = 0, a_{33} = 2$

$$\det(A) = a_{13}c_{13} + a_{23}c_{23} + a_{33}c_{33} = (2)(3) + (0)(-1) + (2)(-1) = 6 + 0 + (-2) = 4$$

7. ใช้การขยายหลักที่ 1 และ หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 1, a_{21} = 2, a_{31} = 1,$

$$a_{12} = 1, a_{22} = 1, a_{32} = 2$$

จะได้ $\det(A) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = 2 + 0 + 8 - 2 - 0 - 4 = 4$

$-(1 \times 1 \times 2)$ $-(2 \times 0 \times 1)$ $-(2 \times 2 \times 1)$
 $+(1 \times 1 \times 2)$ $+(1 \times 0 \times 1)$ $+(-2 \times 2 \times 2)$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ D

$D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{bmatrix}$	มีสมาชิกคือ $d_{11} = 1$ $d_{12} = 1$ $d_{13} = 2$ $d_{21} = 4$ $d_{22} = 1$ $d_{23} = 0$ $d_{31} = 3$ $d_{32} = 2$ $d_{33} = 2$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{1} & \cancel{2} \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (2 \times 0) = 2 - 0 = 2$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{1} & \cancel{2} \\ 4 & \cancel{1} & 0 \\ 3 & \cancel{2} & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 0 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = (4 \times 2) - (3 \times 0) = 8 - 0 = 8$$

$$M_{13} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{1} & \cancel{2} \\ 4 & 1 & \cancel{0} \\ 3 & 2 & \cancel{2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 1 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = (4 \times 2) - (3 \times 1) = 8 - 3 = 5$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & 1 & 2 \\ \cancel{4} & \cancel{1} & \cancel{0} \\ 3 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (2 \times 2) = 2 - 4 = -2$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (3 \times 2) = 2 - 6 = -4$$

$$M_{23} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (3 \times 1) = 2 - 3 = -1$$

$$M_{31} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} = (1 \times 0) - (1 \times 2) = 0 - 2 = -2$$

$$M_{32} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 0 \end{vmatrix} = (1 \times 0) - (4 \times 2) = 0 - 8 = -8$$

$$M_{33} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 1 \end{vmatrix} = (1 \times 1) - (4 \times 1) = 1 - 4 = -3$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(2) = 2$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(8) = -8$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(5) = 5$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(-2) = 2$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(-4) = -4$$

$$c_{23} = (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(-1) = 1$$

$$c_{31} = (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(-2) = -2$$

$$c_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(-8) = 8$$

$$c_{33} = (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(-3) = -3$$

ดีเทอร์มิแนนท์

จากโจทย์กำหนดให้ $D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{bmatrix}$ ดังนั้นจะได้ $\det(D) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{vmatrix}$

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 3×3 สามารถดำเนินการได้ 7 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 1, d_{12} = 1, d_{13} = 2$

$$\det(A) = d_{11}c_{11} + d_{12}c_{12} + d_{13}c_{13} = (1)(2) + (1)(-8) + (2)(5) = 2 + (-8) + 10 = 4$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{21} = 4, d_{22} = 1, d_{23} = 0$

$$\det(A) = d_{21}c_{21} + d_{22}c_{22} + d_{23}c_{23} = (4)(2) + (1)(-4) + (0)(1) = 8 + (-4) + 0 = 4$$

3. ใช้แถวที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{31} = 3, d_{32} = 2, d_{33} = 2$

$$\det(A) = d_{31}c_{31} + d_{32}c_{32} + d_{33}c_{33} = (3)(-2) + (2)(8) + (2)(-3) = -6 + 16 - 6 = 4$$

4. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 1, d_{21} = 4, d_{31} = 3$

$$\det(A) = d_{11}c_{11} + d_{21}c_{21} + d_{31}c_{31} = (1)(2) + (4)(2) + (3)(-2) = 2 + 8 + (-6) = 4$$

5. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{12} = 1, d_{22} = 1, d_{32} = 2$

$$\det(A) = d_{12}c_{12} + d_{22}c_{22} + d_{32}c_{32} = (1)(-8) + (1)(-4) + (2)(8) = -8 - 4 + 16 = 4$$

6. ใช้หลักที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{13} = 2, d_{23} = 0, d_{33} = 2$

$$\det(A) = d_{13}c_{13} + d_{23}c_{23} + d_{33}c_{33} = (2)(5) + (0)(1) + (2)(-3) = 10 + 0 + (-6) = 4$$

7. ใช้การขยายหลักที่ 1 และ หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 1, d_{21} = 4,$

$$d_{31} = 3, d_{12} = 1, d_{22} = 1, d_{32} = 2$$

จะได้ $\det(D) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 3 \end{vmatrix} = 2 + 0 + 16 - 6 - 0 - 8 = 4$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ E

$$E = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 0 \\ 1 & 3 & 2 \end{bmatrix} \quad \text{มีสมาชิกคือ } \begin{matrix} e_{11} = 1 & e_{12} = 1 & e_{13} = 2 \\ e_{21} = 2 & e_{22} = 4 & e_{23} = 0 \\ e_{31} = 1 & e_{32} = 3 & e_{33} = 2 \end{matrix}$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{1} & \cancel{2} \\ 2 & 4 & 0 \\ \cancel{1} & 3 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 0 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = (4 \times 2) - (3 \times 0) = 8 - 0 = 8$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{1} & \cancel{2} \\ 2 & \cancel{4} & 0 \\ 1 & \cancel{3} & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = (2 \times 2) - (1 \times 0) = 4 - 0 = 4$$

$$M_{13} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cancel{1} & \cancel{2} \\ 2 & 4 & \cancel{0} \\ 1 & 3 & \cancel{2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = (2 \times 3) - (1 \times 4) = 6 - 4 = 2$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & 1 & 2 \\ \cancel{2} & \cancel{4} & \cancel{0} \\ \cancel{1} & 3 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (3 \times 2) = 2 - 6 = -4$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 1 & \cancel{1} & 2 \\ 2 & \cancel{4} & \cancel{0} \\ 1 & \cancel{3} & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (1 \times 2) = 2 - 2 = 0$$

$$M_{23} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \cancel{2} \\ 2 & 4 & \cancel{0} \\ 1 & 3 & \cancel{2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = (1 \times 3) - (1 \times 1) = 3 - 1 = 2$$

$$M_{31} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 0 \\ \cancel{1} & \cancel{3} & \cancel{2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 0 \end{vmatrix} = (1 \times 0) - (4 \times 2) = 0 - 8 = -8$$

$$M_{32} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 0 \\ 1 & 3 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 0 \end{vmatrix} = (1 \times 0) - (2 \times 2) = 0 - 4 = -4$$

$$M_{33} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 0 \\ 1 & 3 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = (1 \times 4) - (2 \times 1) = 4 - 2 = 2$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(8) = 8$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(2) = 2$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(-4) = 4$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(0) = 0$$

$$c_{23} = (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{31} = (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(-8) = -8$$

$$c_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(-4) = 4$$

$$c_{33} = (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(2) = 2$$

ดีเทอร์มิแนนท์

$$\text{จากโจทย์กำหนดให้ } E = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 0 \\ 1 & 3 & 2 \end{bmatrix} \text{ ดังนั้นจะได้ } \det(A) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 0 \\ 1 & 3 & 2 \end{vmatrix}$$

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 3x3 สามารถดำเนินการได้ 7 วิธีดังนี้

$$1. \text{ ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย } e_{11} = 1, e_{12} = 1, e_{13} = 2$$

$$\det(E) = e_{11} c_{11} + e_{12} c_{12} + e_{13} c_{13} = (1)(8) + (1)(-4) + (2)(2) = 8 + (-4) + 4 = 8$$

$$2. \text{ ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย } e_{21} = 2, e_{22} = 4, e_{23} = 0$$

$$\det(E) = e_{21} c_{21} + e_{22} c_{22} + e_{23} c_{23} = (2)(4) + (4)(0) + (0)(-2) = 8 + 0 + 0 = 8$$

$$3. \text{ ใช้แถวที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย } e_{31} = 1, e_{32} = 3, e_{33} = 2$$

$$\det(E) = e_{31} c_{31} + e_{32} c_{32} + e_{33} c_{33} = (1)(-8) + (3)(4) + (2)(2) = -8 + 12 + 4 = 8$$

4. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 1, e_{21} = 2, e_{31} = 1$

$$\det(E) = e_{11}c_{11} + e_{21}c_{21} + e_{31}c_{31} = (1)(8) + (2)(4) + (1)(-8) = 8 + 8 + (-8) = 8$$

5. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{12} = 1, e_{22} = 4, e_{32} = 3$

$$\det(E) = e_{12}c_{12} + e_{22}c_{22} + e_{32}c_{32} = (1)(-4) + (4)(0) + (3)(4) = -4 + 0 + 12 = 8$$

6. ใช้หลักที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{13} = 2, e_{23} = 0, e_{33} = 2$

$$\det(E) = e_{13}c_{13} + e_{23}c_{23} + e_{33}c_{33} = (2)(2) + (0)(-2) + (2)(2) = 4 + 0 + 4 = 8$$

7. ใช้การขยายหลักที่ 1 และ หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 1, e_{21} = 2,$

$$e_{31} = 1, e_{12} = 1, e_{22} = 4, e_{32} = 3$$

จะได้ $\det(E) =$

$$= 8 + 0 + 12 - 8 - 0 - 4 = 8$$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมทริกซ์ F

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix} \quad \text{มีสมาชิกคือ} \quad \begin{array}{lll} f_{11} = 1 & f_{12} = 1 & f_{13} = 1 \\ f_{21} = 2 & f_{22} = 1 & f_{23} = 4 \\ f_{31} = 1 & f_{32} = 2 & f_{33} = 3 \end{array}$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \overset{\text{---}}{\underset{\text{---}}{1}} & \overset{\text{---}}{\underset{\text{---}}{1}} & \overset{\text{---}}{\underset{\text{---}}{1}} \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 3 \end{vmatrix} = (1 \times 3) - (2 \times 4) = 3 - 8 = -5$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cdots & \cancel{1} & \cdots & \cancel{1} \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & \cancel{2} & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = (2 \times 3) - (1 \times 4) = 6 - 4 = 2$$

$$M_{13} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & \cdots & \cancel{1} & \cdots & \cancel{1} \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & \cancel{3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = (2 \times 2) - (1 \times 1) = 4 - 1 = 3$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cancel{1} & 1 & 1 \\ \cancel{2} & \cdots & \cancel{4} \\ \cancel{1} & 2 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 3 \end{vmatrix} = (1 \times 3) - (2 \times 1) = 3 - 2 = 1$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = (2 \times 3) - (1 \times 4) = 6 - 4 = 2$$

$$M_{23} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = (1 \times 2) - (1 \times 1) = 2 - 1 = 1$$

$$M_{31} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} = (1 \times 4) - (1 \times 1) = 4 - 1 = 3$$

$$M_{32} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = (1 \times 4) - (2 \times 1) = 4 - 2 = 2$$

$$M_{33} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = (1 \times 1) - (2 \times 1) = 1 - 2 = -1$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(-5) = -5$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(3) = 3$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(1) = -1$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(2) = 2$$

$$c_{23} = (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(1) = -1$$

$$c_{31} = (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(3) = 3$$

$$c_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{33} = (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(-1) = -1$$

ดีเทอร์มิแนนต์

จากโจทย์กำหนดให้ $F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$ ดังนั้นจะได้ $\det(F) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix}$

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 3x3 สามารถดำเนินการได้ 7 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{11} = 1, f_{12} = 1, f_{13} = 1$

$$\det(E) = f_{11}c_{11} + f_{12}c_{12} + f_{13}c_{13} = (1)(-5) + (1)(-2) + (1)(3) = -5 + (-2) + 3 = -4$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{21} = 2, f_{22} = 1, f_{23} = 4$

$$\det(F) = f_{21}c_{21} + f_{22}c_{22} + f_{23}c_{23} = (2)(-1) + (1)(2) + (4)(-1) = -2 + 2 + (-4) = -4$$

3. ใช้แถวที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{31} = 1, f_{32} = 2, f_{33} = 3$

$$\det(F) = f_{31}c_{31} + f_{32}c_{32} + f_{33}c_{33} = (1)(3) + (2)(-2) + (3)(-1) = 3 + (-4) - 3 = -4$$

4. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{11} = 1, f_{21} = 2, f_{31} = 1$

$$\det(F) = f_{11}c_{11} + f_{21}c_{21} + f_{31}c_{31} = (1)(-5) + (2)(-1) + (1)(3) = -5 + (-2) + 3 = -4$$

5. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{12} = 1, f_{22} = 1, f_{32} = 2$

$$\det(F) = f_{12}c_{12} + f_{22}c_{22} + f_{32}c_{32} = (1)(-2) + (1)(2) + (2)(-2) = -2 + 2 + (-4) = -4$$

6. ใช้หลักที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{13} = 1, f_{23} = 4, f_{33} = 3$

$$\det(F) = f_{13}c_{13} + f_{23}c_{23} + f_{33}c_{33} = (1)(3) + (4)(-1) + (3)(-1) = 3 + (-4) + (-3) = -4$$

7. ใช้การขยายหลักที่ 1 และ หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{11} = 1, f_{21} = 2, f_{31} = 1,$

$$f_{12} = 1, f_{22} = 1, f_{32} = 2$$

จะได้ $\det(F) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} = 3 + 4 + 4 - 1 - 8 - 6 = -4$

ดังนั้นจะได้ค่า p, q และ r ดังนี้

$$p = \frac{|D|}{|A|} = \frac{4}{4} = 1, \quad q = \frac{|E|}{|A|} = \frac{8}{4} = 2 \quad \text{และ} \quad r = \frac{|F|}{|A|} = \frac{-4}{4} = -1$$

4. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

$$\text{จากโจทย์จะได้ } p + q + 2r = 1 \quad \text{----- (1)}$$

$$2p + q = 4 \quad \text{----- (2)}$$

$$p + 2q + 2r = 3 \quad \text{----- (3)}$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$\text{หาเมตริกซ์ผกผัน } A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{adj}(A)] \quad \text{หรือ} \quad A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{cof}(A)]^T$$

ดีเทอร์มิแนนท์

$$\det(A) = 4$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(2) = 2$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(3) = 3$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(-2) = 2$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(0) = 0$$

$$c_{23} = (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(1) = -1$$

$$c_{31} = (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(-2) = -2$$

$$c_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(-4) = 4$$

$$c_{33} = (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(-1) = -1$$

เมตริกซ์ผกผัน

$$\text{adj}(A) = [\text{cof}(A)]^T = \begin{bmatrix} 2 & -4 & 3 \\ 2 & 0 & -1 \\ -2 & 4 & -1 \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} 2 & 2 & -2 \\ -4 & 0 & 4 \\ 3 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

เมตริกซ์ผกผัน

$$A^{-1} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 2 & 2 & -2 \\ -4 & 0 & 4 \\ 3 & -1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -1 & 0 & 1 \\ \frac{3}{4} & -\frac{1}{4} & -\frac{1}{4} \end{bmatrix}$$

ตรวจคำตอบ

$$\begin{aligned} AA^{-1} &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -1 & 0 & 1 \\ \frac{3}{4} & -\frac{1}{4} & -\frac{1}{4} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (1 \times \frac{1}{2}) + [1 \times (-1)] + (2 \times \frac{3}{4}) & (1 \times \frac{1}{2}) + (1 \times 0) + [2 \times (-\frac{1}{4})] & [1 \times (-\frac{1}{2})] + (1 \times 1) + [2 \times (-\frac{1}{4})] \\ (2 \times \frac{1}{2}) + [1 \times (-1)] + (0 \times \frac{3}{4}) & (2 \times \frac{1}{2}) + (1 \times 0) + [0 \times (-\frac{1}{4})] & [2 \times (-\frac{1}{2})] + (1 \times 1) + [0 \times (-\frac{1}{4})] \\ (1 \times \frac{1}{2}) + [2 \times (-1)] + (2 \times \frac{3}{4}) & (1 \times \frac{1}{2}) + (2 \times 0) + [2 \times (-\frac{1}{4})] & [1 \times (-\frac{1}{2})] + (2 \times 1) + [2 \times (-\frac{1}{4})] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \frac{1}{2} + (-1) + \frac{3}{2} & \frac{1}{2} + 0 + (-\frac{1}{2}) & -\frac{1}{2} + 1 + (-\frac{1}{2}) \\ 1 + (-1) + 0 & 1 + 0 + 0 & -1 + 1 + 0 \\ \frac{1}{2} + (-2) + \frac{3}{2} & \frac{1}{2} + 0 + (-\frac{1}{2}) & -\frac{1}{2} + 2 + (-\frac{1}{2}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

จาก $AX = B$ จะได้ว่า $A^{-1}AX = A^{-1}B$

$$IX = A^{-1}B$$

$$X = A^{-1}B$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น } X &= \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -1 & 0 & 1 \\ \frac{3}{4} & -\frac{1}{4} & -\frac{1}{4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\frac{1}{2} \times 1) + (\frac{1}{2} \times 4) + (-\frac{1}{2} \times 3) \\ (-1 \times 1) + (0 \times 4) + (1 \times 3) \\ (\frac{3}{4} \times 1) + (-\frac{1}{4} \times 4) + (-\frac{1}{4} \times 3) \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \frac{1}{2} + 2 - \frac{3}{2} \\ -1 + 0 + 3 \\ \frac{3}{4} - 1 - \frac{3}{4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

จะได้ว่า $p = 1, q = 2$ และ $r = -1$

ขั้นที่ 5 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปทฤษฎีที่ได้จากการเรียนรู้

จากระบบสมการเชิงเส้น n สมการ n ตัวแปร

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n = b_1 \quad \text{----- (1)}$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n = b_2 \quad \text{----- (2)}$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + \dots + a_{3n}X_n = b_3 \quad \text{----- (3)}$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + a_{n3}X_3 + \dots + a_{nn}X_n = b_n \quad \text{----- (n)}$$

การหาคำตอบของระบบสมการต่อไปนี้จะใช้วิธีการ 4 วิธี คือ

1. การแก้ระบบสมการแบบเดิม จะดำเนินการเพื่อกำจัดตัวแปรให้เหลือตัวแปรเพียงตัวเดียว โดยการทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรบางตัวเท่ากัน แล้วใช้วิธีการบวกลบระหว่างสมการ และเมื่อได้ค่าของตัวแปรบางตัวแล้วก็นำไปแทนค่าเพื่อหาค่าของตัวแปรอื่นๆ สามารถตรวจสอบคำตอบโดยการแทนค่าตัวแปรทุกตัวในสมการใดสมการหนึ่ง

2. การใช้เมทริกซ์ สามารถดำเนินการได้ 3 ลักษณะ คือ การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุคูณ การใช้ดีเทอร์มิแนนท์ และการใช้เมทริกซ์ผกผัน ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

จากระบบสมการเชิงเส้น n สมการ n ตัวแปร สามารถนำมาเปลี่ยนเป็นสมการเมทริกซ์ $AX = B$ ได้ดังนี้

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & A & & X & & B \\
 \left[\begin{array}{cccc}
 a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\
 a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\
 a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
 a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn}
 \end{array} \right] & \left[\begin{array}{c}
 x_1 \\
 x_2 \\
 x_3 \\
 \vdots \\
 x_n
 \end{array} \right] & = & \left[\begin{array}{c}
 b_1 \\
 b_2 \\
 b_3 \\
 \vdots \\
 b_n
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

1. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล

นำเมตริกซ์ A มาสร้างเมตริกซ์ใหม่ โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปไว้ในหลักสุดท้ายของเมตริกซ์ A ดำเนินการให้เมตริกซ์ใหม่มีลักษณะเป็นเมตริกซ์เอกลักษณะโดยการคูณแถวใดแถวหนึ่งด้วยค่าคงที่ หรือการสลับแถวใดๆ

$$[A | B] = \left[\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots a_{2n} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots a_{3n} & b_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots a_{nn} & b_n \end{array} \right] \sim \left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & \dots 0 & c_1 \\ 0 & 1 & 0 & \dots 0 & c_2 \\ 0 & 0 & 1 & \dots 0 & c_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots 0 & c_n \end{array} \right]$$

จะได้ค่า $x_1 = c_1, x_2 = c_2, x_3 = c_3, \dots, x_n = c_n$

2. การใช้ดีเทอร์มิแนนท์

หาค่า Δ (Delta) หรือค่าดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ต่างๆ คือ

2.1 ΔA หรือ ดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์

$$\text{จะได้ } \Delta A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots a_{nn} \end{vmatrix}$$

2.2 นำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปไว้ในหลักต่างๆ ของเมตริกซ์ A เพื่อหาค่าดีเทอร์มิแนนท์แต่ละครั้งที่มีการเปลี่ยนหลัก จะได้

$$\Delta A_1 = \begin{vmatrix} b_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots a_{1n} \\ b_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots a_{2n} \\ b_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots a_{nn} \end{vmatrix} \quad \Delta A_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_{12} & a_{13} & \dots a_{1n} \\ a_{21} & b_{22} & a_{23} & \dots a_{2n} \\ a_{31} & b_{32} & a_{33} & \dots a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & b_{n2} & a_{n3} & \dots a_{nn} \end{vmatrix}$$

$$\Delta A_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & b_{12} & \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & b_{22} & \dots a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & b_{32} & \dots a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & b_{n2} & \dots a_{nn} \end{vmatrix}, \dots, \Delta A_n = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots b_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots b_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots b_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots b_{nn} \end{vmatrix}$$

2.3 นำค่า ΔA ไปหาร $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta A_3, \dots, \Delta A_n$ จะได้ค่าของสมาชิกในเมตริกซ์ X คือ

$$x_1 = \frac{\Delta A_1}{\Delta A}, x_2 = \frac{\Delta A_2}{\Delta A}, x_3 = \frac{\Delta A_3}{\Delta A}, \dots, x_n = \frac{\Delta A_n}{\Delta A} \text{ หรือ } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

3. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

3.1 จากระบบสมการนำมาสร้างในรูปเมตริกซ์ คือ $AX = B$

3.2 หาค่าเมตริกซ์ผกผันของ A จาก $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \text{adj}(A)$

3.3 นำ A^{-1} ไปคูณทั้ง 2 ข้าง จะได้ว่า $A^{-1}AX = A^{-1}B$

$$IX = A^{-1}B$$

$$X = A^{-1}B$$

ขั้นที่ 6 ประเมินผลตามสภาพจริง

ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนจากการตอบคำถามในใบงาน 12 และการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน

1. ใบงาน 12 ผู้เรียนจะผ่านการเรียนรู้ถ้าสามารถหาคำตอบของระบบสมการได้ โดยใช้วิธีการ 4 วิธี คือ การแก้ระบบสมการแบบเดิม การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล การใช้ดีเทอร์มิแนนต์ และการใช้เมตริกซ์ผกผัน

2. การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลจากการทำงานที่มอบหมาย/ผลสำเร็จของงาน จากเกณฑ์

4 หมายถึง ดีมาก

3 หมายถึง ดี

2 หมายถึง พอใช้

1 หมายถึง ปรับปรุง

กิจกรรม 4 เวลา 100 นาที

1.6 การประยุกต์ใช้เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ กระแสแมชและแรงดันโนด

1.6.1 วิธีของเกาส์

1.6.2 วิธีของคราเมอร์

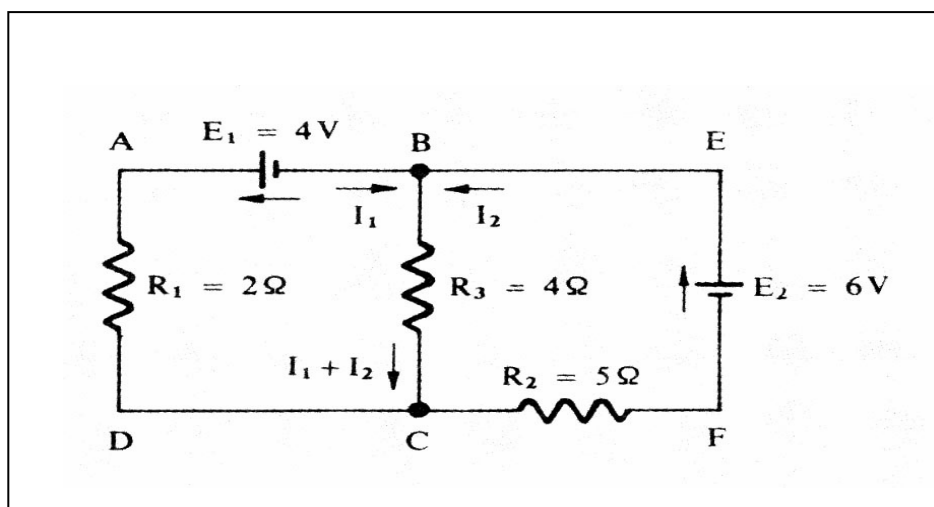
1.6.3 วิธีเมตริกซ์ผกผัน

ขั้นที่ 1 ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน

ผู้สอนแจกใบงาน 13 ให้กับผู้เรียน

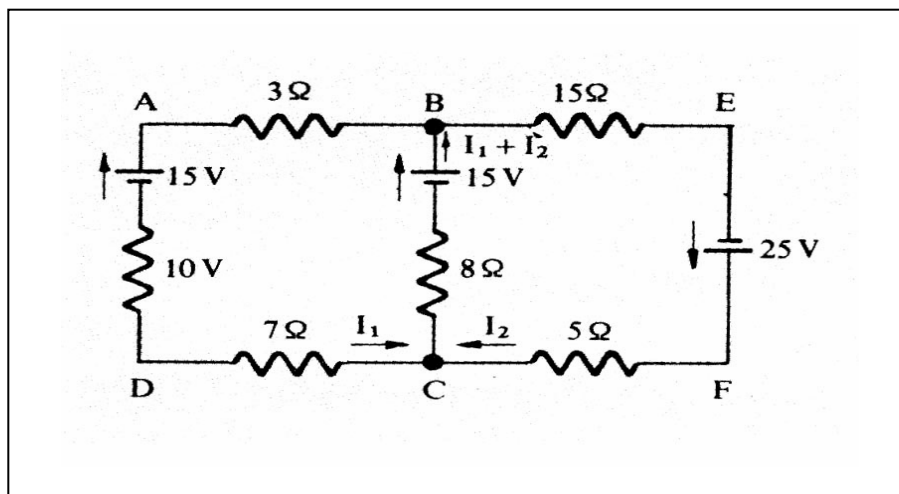
ใบงาน 13 กำหนดให้ผู้เรียนนำโจทย์ที่ได้รับมาเขียนรูปวงจรไฟฟ้าและหาค่ากระแสไฟที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัวโดยเลือกใช้วิธีการ 1 วิธีจากวิธีการ 3 วิธี คือ การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุ มूल การใช้เมตริกซ์ผกผัน และการใช้ดีเทอร์มิแนนต์

ข้อที่ 1



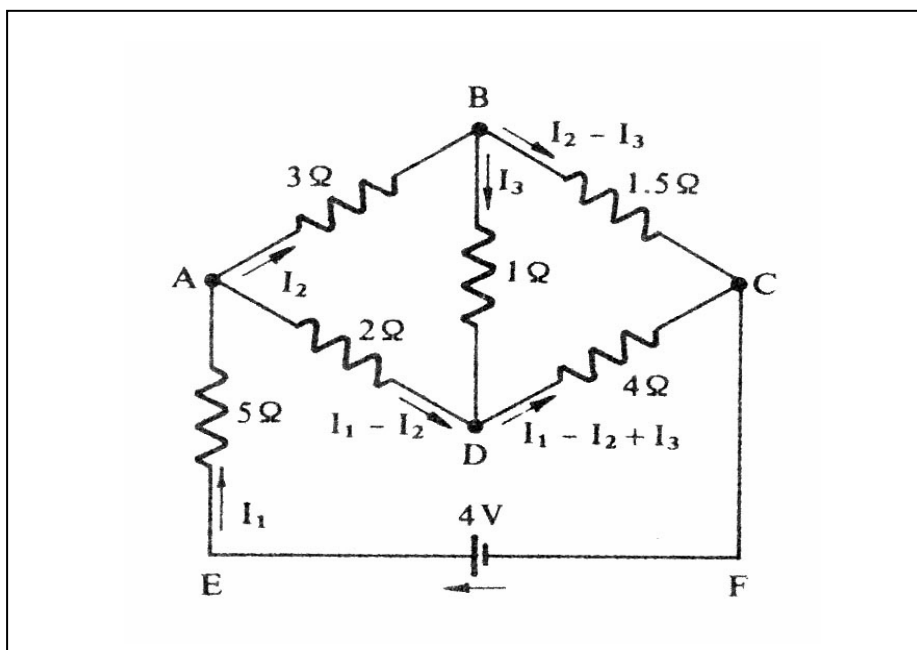
ที่มา : ไมตรี วรภูมิจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 14.

ข้อที่ 2



ที่มา : ไมตรี วรวิมลจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 15.

ข้อที่ 3



ที่มา : ไมตรี วรวิมลจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 18.

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผักผ่อนด้วยตัวเอง

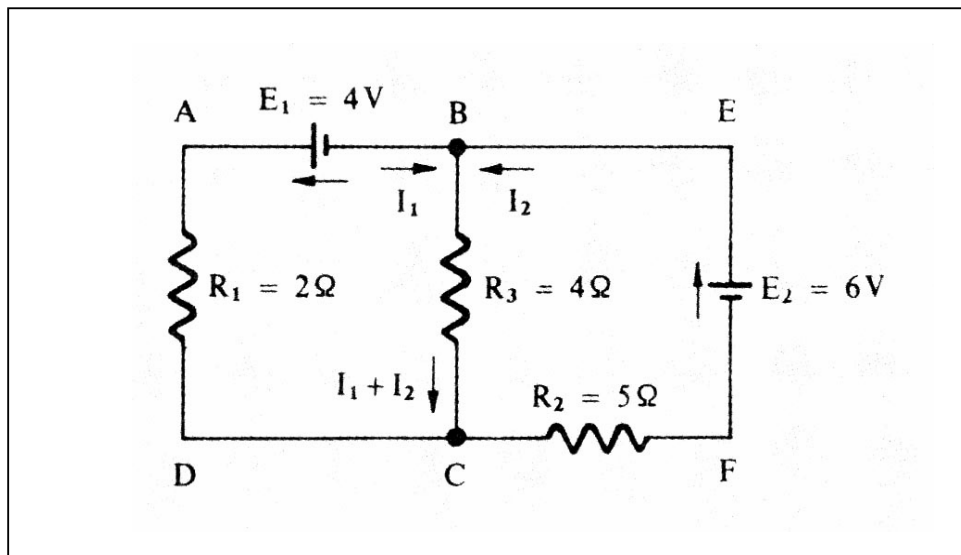
ขั้นที่ 3 ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้

ผู้สอนทบทวนความรู้ของผู้เรียน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการเชิงเส้น การสร้างเมตริกซ์ และการหาคำตอบของระบบสมการโดยใช้ความรู้เรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ ได้แก่ การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล การใช้ดีเทอร์มิแนนต์ และการใช้เมตริกซ์ผกผัน

ขั้นที่ 4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ผู้เรียนนำเสนอคำตอบ ร่วมกันหาข้อผิดพลาดและตรวจสอบคำตอบจากเอกสารเฉลยใบงาน 13 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ข้อที่ 1



ที่มา: โมตรี วรวิทย์จุฑาภักดิ์. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 14.

จากโจทย์สมมติให้กระแส I_1 และ I_2 ไหลในสาขาต่างๆ พร้อมทิศทางการดังนี้

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ในวงจร ABCD; } (2\ \Omega)I_1 + (4\ \Omega)(I_1 + I_2) = -4\ \text{V}$$

$$\text{หรือ } (6\ \Omega)I_1 + (4\ \Omega)I_2 = -4\ \text{V} \text{ ----- (1)}$$

$$\text{ในวงจร BCFE; } (5\ \Omega)I_2 + (4\ \Omega)(I_1 + I_2) = 6\ \text{V}$$

$$\text{หรือ } (4\ \Omega)I_1 + (9\ \Omega)I_2 = 6\ \text{V} \text{ ----- (2)}$$

นำ (1), (2) มาเขียนในรูปเมตริกซ์จะได้ $\begin{bmatrix} 6\Omega & 4\Omega \\ 4\Omega & 9\Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4\text{ V} \\ 6\text{ V} \end{bmatrix}$ หรือ $\begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4 \\ 6 \end{bmatrix}$

การหาค่า I_1 และ I_2 สามารถดำเนินการโดยใช้ความรู้เรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ได้ดังนี้

1. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล
2. การใช้ดีเทอร์มิแนนต์
3. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

1. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล

$$\text{กำหนดให้เมตริกซ์ } A = \begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 9 \end{bmatrix}, \text{ เมตริกซ์ } X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \text{ และเมตริกซ์ } B = \begin{bmatrix} -4 \\ 6 \end{bmatrix}$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$[A \mid B] = \left[\begin{array}{cc|c} 6 & 4 & -4 \\ 4 & 9 & 6 \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \\ R_2 \end{array}$$

$$\sim \left[\begin{array}{cc|c} 4 & 9 & 6 \\ 6 & 4 & -4 \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \leftarrow R_2 \\ R_2 \leftarrow R_1 \end{array}$$

$$\sim \left[\begin{array}{cc|c} 1 & \frac{9}{4} & \frac{3}{2} \\ \frac{3}{2} & 1 & -1 \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \leftarrow \frac{1}{4}R_1 \\ R_2 \leftarrow \frac{1}{4}R_2 \end{array}$$

$$\sim \left[\begin{array}{cc|c} 1 & \frac{9}{4} & \frac{3}{2} \\ 0 & \frac{19}{8} & \frac{13}{4} \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \\ R_2 \leftarrow \frac{6}{4}R_1 - R_2 \end{array}$$

เปลี่ยนกลับในรูปสมการเชิงเส้นจะได้ว่า $\frac{19}{8}I_2 = \frac{13}{4}$ หรือ $I_2 = \frac{104}{76} = 1.37\text{ A}$

และ $I_1 + \frac{9}{4}I_2 = \frac{3}{2}$ หรือ $I_1 + \left(\frac{9}{4}\right)\left(\frac{104}{76}\right) = \frac{3}{2}$ หรือ $I_1 = \frac{3}{2} - \frac{936}{304} = -1.58\text{ A}$

สรุปค่าที่ได้ คือ $I_1 = -1.58\text{ A}$ และ $I_2 = 1.37\text{ A}$

2. การใช้ดีเทอร์มิแนนต์

กำหนดให้เมตริกซ์ $A = \begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 9 \end{bmatrix}$, เมตริกซ์ $X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$ และเมตริกซ์ $B = \begin{bmatrix} -4 \\ 6 \end{bmatrix}$

สร้างเมตริกซ์ D โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 1 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } D = \begin{bmatrix} -4 & 4 \\ 6 & 9 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ E โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 2 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } E = \begin{bmatrix} 6 & -4 \\ 4 & 6 \end{bmatrix}$$

สามารถหาค่าไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์ A, D และ E ได้ดังนี้

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์ A

กำหนดให้ $A = \begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 9 \end{bmatrix}$ มีสมาชิกคือ $a_{11} = 6$ $a_{12} = 4$
 $a_{21} = 4$ $a_{22} = 9$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{6} & \cancel{4} \\ \cancel{4} & 9 \end{vmatrix} = |9| = 9$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cancel{6} & \cancel{-4} \\ 4 & \cancel{9} \end{vmatrix} = |4| = 4$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 6 & 4 \\ \cancel{4} & \cancel{9} \end{vmatrix} = |4| = 4$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 6 & 4 \\ 4 & \cancel{9} \end{vmatrix} = |6| = 6$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(9) = 9$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(6) = 6$$

ดีเทอร์มิแนนท์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 6$, $a_{12} = 4$

$$\det(A) = a_{11}c_{11} + a_{12}c_{12} = (6)(9) + (4)(-4) = 54 + (-16) = 38$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{21} = 4$, $a_{22} = 9$

$$\det(A) = a_{21}c_{21} + a_{22}c_{22} = (4)(-4) + (9)(6) = -16 + 54 = 38$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 6$, $a_{21} = 4$

$$\det(A) = a_{11}c_{11} + a_{21}c_{21} = (6)(9) + (4)(-4) = 54 + (-16) = 38$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{12} = 4$, $a_{22} = 9$

$$\det(A) = a_{12}c_{12} + a_{22}c_{22} = (4)(-4) + (9)(6) = -16 + 54 = 38$$

5. ใช้หลักการคูณขึ้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

จะได้ $\det(A) = \begin{vmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 9 \end{vmatrix} = 54 - 16 = 38$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ D

กำหนดให้ $D = \begin{bmatrix} -4 & 4 \\ 6 & 9 \end{bmatrix}$ มีสมาชิกคือ $d_{11} = -4$ $d_{12} = 4$

$$d_{21} = 6 \quad d_{22} = 9$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} -4 & -4 \\ 6 & 9 \end{vmatrix} = |9| = 9$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} -4 & 4 \\ 6 & 9 \end{vmatrix} = |6| = 6$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 4 & 4 \\ 6 & -9 \end{vmatrix} = |4| = 4$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} -4 & 4 \\ -6 & -9 \end{vmatrix} = |-4| = -4$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(9) = 9$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(6) = -6$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(-4) = -4$$

ดีเทอร์มิแนนท์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = -4$, $d_{12} = 4$

$$\det(D) = d_{11} c_{11} + d_{12} c_{12} = (-4)(9) + (4)(-6) = -36 + (-24) = -60$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{21} = 6$, $d_{22} = 9$

$$\det(D) = d_{21} c_{21} + d_{22} c_{22} = (6)(-4) + (9)(4) = -24 + (-36) = -60$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = -4$, $d_{21} = 6$

$$\det(D) = d_{11} c_{11} + d_{21} c_{21} = (-4)(9) + (6)(-4) = -36 + (-24) = -60$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{12} = 4$, $d_{22} = 9$

$$\det(D) = d_{12} c_{12} + d_{22} c_{22} = (4)(-6) + (9)(-4) = -24 + (-36) = -60$$

5. ใช้หลักการคูณขึ้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

$$\boxed{-(6 \times 4)}$$

$$\text{จะได้ } \det(D) = \begin{vmatrix} -4 & 4 \\ 6 & -9 \end{vmatrix} = -36 - 24 = -60$$

$$\boxed{+(-)}$$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ E

กำหนดให้ $E = \begin{bmatrix} 6 & -4 \\ 4 & 6 \end{bmatrix}$ มีสมาชิกคือ $e_{11} = 6$ $e_{12} = -4$

$$e_{21} = 4 \quad e_{22} = 6$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{6} & \cancel{-4} \\ 4 & 6 \end{vmatrix} = |6| = 6$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cancel{6} & \cancel{-4} \\ 4 & \cancel{6} \end{vmatrix} = |4| = 4$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cancel{6} & -4 \\ \cancel{4} & \cancel{6} \end{vmatrix} = |-4| = -4$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 6 & \cancel{-4} \\ 4 & \cancel{6} \end{vmatrix} = |6| = 6$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(6) = 6$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(-4) = 4$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(6) = 6$$

ดีเทอร์มิแนนท์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 6$, $e_{12} = -4$

$$\det(E) = e_{11} c_{11} + e_{12} c_{12} = (6)(6) + (-4)(-4) = 36 + 16 = 52$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{21} = 4$, $e_{22} = 6$

$$\det(E) = e_{21} c_{21} + e_{22} c_{22} = (4)(4) + (6)(6) = 16 + 36 = 52$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 6$, $e_{21} = 4$

$$\det(E) = e_{11} c_{11} + e_{21} c_{21} = (6)(6) + (4)(4) = 36 + 16 = 52$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{12} = -4$, $e_{22} = 6$

$$\det(E) = e_{12} c_{12} + e_{22} c_{22} = (-4)(-4) + (6)(6) = 16 + 36 = 52$$

5. ใช้หลักการคูณชั้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

$$\text{จะได้ } \det(E) = \begin{vmatrix} 6 & -4 \\ 4 & 6 \end{vmatrix} = 36 - (-16) = 52$$

ดังนั้นจะได้ค่า I_1 และ I_2 ดังนี้ $I_1 = \frac{|D|}{|A|} = \frac{-60}{38} = -1.58 \text{ A}$ และ $I_2 = \frac{|E|}{|A|} = \frac{52}{38} = 1.36 \text{ A}$

3. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

กำหนดให้เมตริกซ์ $A = \begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 9 \end{bmatrix}$, เมตริกซ์ $X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$ และเมตริกซ์ $B = \begin{bmatrix} -4 \\ 6 \end{bmatrix}$

หาเมตริกซ์ผกผัน $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{adj}(A)]$ หรือ $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{cof}(A)]^T$

ดีเทอร์มิแนนท์

$$\det(A) = 38$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(9) = 9$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(6) = 6$$

เมตริกซ์ผกผัน

$$\text{adj}(A) = [\text{cof}(A)]^T = \begin{bmatrix} 9 & -4 \\ -4 & 6 \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} 9 & -4 \\ -4 & 6 \end{bmatrix}$$

เมตริกซ์ผกผัน

$$A^{-1} = \frac{1}{38} \begin{bmatrix} 9 & -4 \\ -4 & 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{9}{38} & -\frac{2}{19} \\ -\frac{2}{19} & \frac{3}{19} \end{bmatrix}$$

ตรวจคำตอบ

$$\begin{aligned} AA^{-1} &= \begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{9}{38} & -\frac{2}{19} \\ -\frac{2}{19} & \frac{3}{19} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (6 \times \frac{9}{38}) + [4 \times (-\frac{2}{19})] & [6 \times (-\frac{2}{19})] + (4 \times \frac{3}{19}) \\ (4 \times \frac{9}{38}) + [9 \times (-\frac{2}{19})] & [4 \times (-\frac{2}{19})] + (9 \times \frac{3}{19}) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \frac{27}{19} + (-\frac{8}{19}) & -\frac{12}{19} + \frac{12}{19} \\ \frac{18}{19} + (-\frac{18}{19}) & -\frac{8}{19} + \frac{27}{19} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

จาก $AX = B$ จะได้ว่า $A^{-1}AX = A^{-1}B$

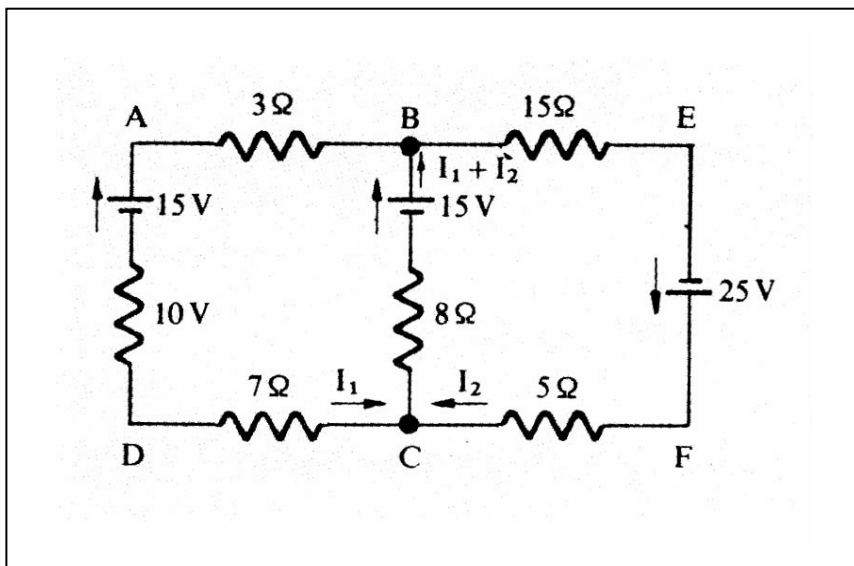
$$IX = A^{-1}B$$

$$X = A^{-1}B$$

$$\text{ดังนั้น } X = \begin{bmatrix} \frac{9}{38} & -\frac{2}{19} \\ -\frac{2}{19} & \frac{3}{19} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -4 \\ 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\frac{9}{38} \times (-4)] + (-\frac{2}{19} \times 6) \\ [-\frac{2}{19} \times (-4)] + (\frac{3}{19} \times 6) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{30}{19} \\ \frac{26}{19} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.58 \\ 1.37 \end{bmatrix}$$

ดังนั้นจะได้ค่า $I_1 = -1.58 \text{ A}$ และ $I_2 = 1.36 \text{ A}$

ข้อที่ 2



ที่มา : ไมตรี วรวิมลจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 15.

จากโจทย์สมมติให้กระแส I_1 และ I_2 ไหลในสาขาต่างๆ พร้อมทิศทางการดังนี้

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก
ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ในวงจร ABCD; } (3\ \Omega + 7\ \Omega + 10\ \Omega)I_1 + (8\ \Omega)(I_1 + I_2) = 15\text{ V} - 15\text{ V}$$

$$\text{หรือ } (28\ \Omega)I_1 + (8\ \Omega)I_2 = 0\text{ V} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{ในวงจร BEFC; } (5\ \Omega + 15\ \Omega)I_2 + 8\ \Omega(I_1 + I_2) = 25\text{ V} + 15\text{ V}$$

$$\text{หรือ } (8\ \Omega)I_1 + (28\ \Omega)I_2 = 40\text{ V} \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{นำ (1), (2) มาเขียนในรูปเมตริกซ์จะได้ } \begin{bmatrix} 28\ \Omega & 8\ \Omega \\ 8\ \Omega & 28\ \Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0\text{ V} \\ 40\text{ V} \end{bmatrix}$$

$$\text{หรือ } \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 40 \end{bmatrix}$$

การหาค่า I_1 และ I_2 สามารถดำเนินการโดยใช้ความรู้เรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ได้ดังนี้

1. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล
2. การใช้ดีเทอร์มิแนนท์
3. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

1. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล

$$\text{กำหนดให้เมตริกซ์ } A = \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix}, \text{ เมตริกซ์ } X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \text{ และ เมตริกซ์ } B = \begin{bmatrix} 0 \\ 40 \end{bmatrix}$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{aligned} [A \mid B] &= \left[\begin{array}{cc|c} 28 & 8 & 0 \\ 8 & 28 & 40 \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \\ R_2 \end{array} \\ &\sim \left[\begin{array}{cc|c} 1 & \frac{2}{7} & 0 \\ \frac{2}{7} & 1 & -\frac{10}{7} \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \leftarrow \frac{1}{28}R_1 \\ R_2 \leftarrow \frac{1}{28}R_2 \end{array} \\ &\sim \left[\begin{array}{cc|c} 1 & \frac{2}{7} & 0 \\ 0 & -\frac{45}{49} & -\frac{10}{7} \end{array} \right] \begin{array}{l} R_1 \leftarrow \frac{1}{4}R_1 \\ R_2 \leftarrow \frac{2}{7}R_1 - R_2 \end{array} \end{aligned}$$

เปลี่ยนกลับในรูปสมการเชิงเส้นจะได้ว่า $-\frac{45}{49} I_2 = \frac{14}{9}$ ดังนั้น $I_2 = 1.56 \text{ A}$

และ $I_1 + \frac{2}{7} I_2 = 0$ หรือ $I_1 + (\frac{2}{7})(\frac{14}{9}) = 0$ ดังนั้น $I_1 = -\frac{4}{9} = -0.44 \text{ A}$

สรุปค่าที่ได้ คือ $I_1 = -0.44 \text{ A}$ และ $I_2 = 1.56 \text{ A}$

2. การใช้ดีเทอร์มิแนนท์

$$\text{กำหนดให้เมตริกซ์ } A = \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix}, \text{ เมตริกซ์ } X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \text{ และ เมตริกซ์ } B = \begin{bmatrix} 0 \\ 40 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ D โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 1 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } D = \begin{bmatrix} 0 & 8 \\ 40 & 28 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ E โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 2 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } E = \begin{bmatrix} 28 & 0 \\ 8 & 40 \end{bmatrix}$$

สามารถหาค่าไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ A, D และ E ได้ดังนี้
ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ A

$$\text{กำหนดให้ } A = \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix} \text{ มีสมาชิกคือ } a_{11} = 28 \quad a_{12} = 8$$

$$a_{21} = 8 \quad a_{22} = 28$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{28} & \cancel{8} \\ \cancel{8} & 28 \end{vmatrix} = |28| = 28$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cancel{28} & \cancel{8} \\ 8 & \cancel{28} \end{vmatrix} = |8| = 8$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 28 & 8 \\ \cancel{8} & \cancel{28} \end{vmatrix} = |8| = 8$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 28 & 8 \\ 8 & \cancel{28} \end{vmatrix} = |28| = 28$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(28) = 28$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(8) = -8$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(8) = -8$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(28) = 28$$

ดีเทอร์มิแนนท์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

$$1. \text{ ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย } a_{11} = 28, a_{12} = 8$$

$$\det(A) = a_{11} c_{11} + a_{12} c_{12} = (28)(28) + (8)(-8) = 784 + (-64) = 720$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{21} = 8$, $a_{22} = 28$

$$\det(A) = a_{21}c_{21} + a_{22}c_{22} = (8)(-8) + (28)(28) = -64 + 784 = 720$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 28$, $a_{12} = 8$

$$\det(A) = a_{11}c_{11} + a_{12}c_{12} = (28)(28) + (8)(-8) = 784 + (-64) = 720$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{12} = 8$, $a_{22} = 28$

$$\det(A) = a_{12}c_{12} + a_{22}c_{22} = (8)(-8) + (28)(28) = -64 + 784 = 720$$

5. ใช้หลักการคูณขึ้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

$$-(8 \times 8)$$

$$\text{จะได้ } \det(A) = \begin{vmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{vmatrix} = 784 - 64 = 720$$

$$+(28 \times 28)$$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ D

$$\text{กำหนดให้ } D = \begin{bmatrix} 0 & 8 \\ 40 & 28 \end{bmatrix} \text{ มีสมาชิกคือ } d_{11} = 0 \quad d_{12} = 8$$

$$d_{21} = 40 \quad d_{22} = 28$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} 0 & 8 \\ 40 & 28 \end{vmatrix} = |28| = 28$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} 0 & 8 \\ 40 & 28 \end{vmatrix} = |40| = 40$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 0 & 8 \\ 40 & 28 \end{vmatrix} = |8| = 8$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 0 & 8 \\ 40 & 28 \end{vmatrix} = |0| = 0$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(28) = 28$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(40) = -40$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(8) = -8$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(0) = 0$$

ดีเทอร์มิแนนต์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 0$, $d_{12} = 8$

$$\det(D) = d_{11}c_{11} + d_{12}c_{12} = (0)(28) + (8)(-40) = 0 + (-320) = -320$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{21} = 40$, $d_{22} = 28$

$$\det(D) = d_{21}c_{21} + d_{22}c_{22} = (40)(-8) + (28)(0) = -320 + 0 = -320$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 0$, $d_{21} = 40$

$$\det(D) = d_{11}c_{11} + d_{21}c_{21} = (0)(28) + (40)(-8) = 0 + (-320) = -320$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{12} = 8$, $d_{22} = 28$

$$\det(D) = d_{12}c_{12} + d_{22}c_{22} = (8)(-40) + (28)(0) = 0 + (-320) = -320$$

5. ใช้หลักการคูณขึ้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

$$\text{จะได้ } \det(D) = \begin{vmatrix} 0 & 8 \\ 40 & 28 \end{vmatrix} = 0 - 320 = -320$$

- (40x8)

+ (0x28)

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์ E

กำหนดให้ $E = \begin{bmatrix} 28 & 0 \\ 8 & 40 \end{bmatrix}$ มีสมาชิกคือ $e_{11} = 28$ $e_{12} = 0$

$$e_{21} = 8 \quad e_{22} = 40$$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{28} & \cancel{0} \\ \cancel{8} & 40 \end{vmatrix} = |40| = 40$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} 28 & \cancel{0} \\ 8 & \cancel{40} \end{vmatrix} = |8| = 8$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 28 & 0 \\ \cancel{8} & \cancel{40} \end{vmatrix} = |0| = 0$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 28 & 0 \\ 8 & \cancel{40} \end{vmatrix} = |28| = 28$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(40) = 40$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(8) = -8$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(0) = 0$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(28) = 28$$

ดีเทอร์มิแนนท์

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 2x2 สามารถดำเนินการได้ 5 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 28$, $e_{12} = 0$

$$\det(D) = e_{11} c_{11} + e_{12} c_{12} = (28)(40) + (0)(-8) = 1,120 + 0 = 1,120$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{21} = 8$, $e_{22} = 40$

$$\det(D) = e_{21} c_{21} + e_{22} c_{22} = (8)(0) + (40)(28) = 0 + 1,120 = 1,120$$

3. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 28$, $e_{21} = 8$

$$\det(D) = e_{11} c_{11} + e_{21} c_{21} = (28)(40) + (8)(0) = 1,120 + 0 = 1,120$$

4. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{12} = 28$, $e_{22} = 40$

$$\det(D) = e_{12} c_{12} + e_{22} c_{22} = (0)(-8) + (40)(28) = 1,120 + 0 = 1,120$$

5. ใช้หลักการคูณขึ้นเป็นลบและคูณลงเป็นบวกแล้วรวมผลลัพธ์

$$\boxed{-}$$

จะได้ $\det(E) = \begin{vmatrix} 28 & 0 \\ 8 & 40 \end{vmatrix} = 1,120 - 0 = 1,120$

ดังนั้นจะได้ค่า I_1 และ I_2 $\boxed{+}$ ดังนี้ $I_1 = \frac{|D|}{|A|} = \frac{-320}{720} = -0.44 \text{ A}$ และ $I_2 = \frac{|E|}{|A|}$

$$= \frac{1,120}{720} = 1.56 \text{ A}$$

3. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

กำหนดให้เมตริกซ์ $A = \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix}$, เมตริกซ์ $X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$ และ เมตริกซ์ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 40 \end{bmatrix}$

หาเมตริกซ์ผกผัน $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{adj}(A)]$ หรือ $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{cof}(A)]^T$

ดีเทอร์มิแนนท์

$$\det(A) = 720$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(28) = 28$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(8) = -8$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(8) = -8$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(28) = 28$$

เมตริกซ์ผกผัน

$$\text{adj}(A) = [\text{cof}(A)]^T = \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix}$$

เมตริกซ์ผกผัน

$$A^{-1} = \frac{1}{720} \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{7}{180} & -\frac{1}{90} \\ -\frac{1}{90} & \frac{7}{180} \end{bmatrix}$$

ตรวจคำตอบ

$$\begin{aligned} AA^{-1} &= \begin{bmatrix} 28 & 8 \\ 8 & 28 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{7}{180} & -\frac{1}{90} \\ -\frac{1}{90} & \frac{7}{180} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (28 \times \frac{7}{180}) + [8 \times (-\frac{1}{90})] & [28 \times (-\frac{1}{90})] + (8 \times \frac{7}{180}) \\ (8 \times \frac{7}{180}) + [28 \times (-\frac{1}{90})] & [8 \times (-\frac{1}{90})] + (28 \times \frac{7}{180}) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (\frac{27}{19}) + (-\frac{8}{19}) & -\frac{12}{19} + \frac{12}{19} \\ (\frac{18}{19}) + (-\frac{18}{19}) & -\frac{16}{38} + \frac{27}{19} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

จาก $AX = B$ จะได้ว่า $A^{-1}AX = A^{-1}B$

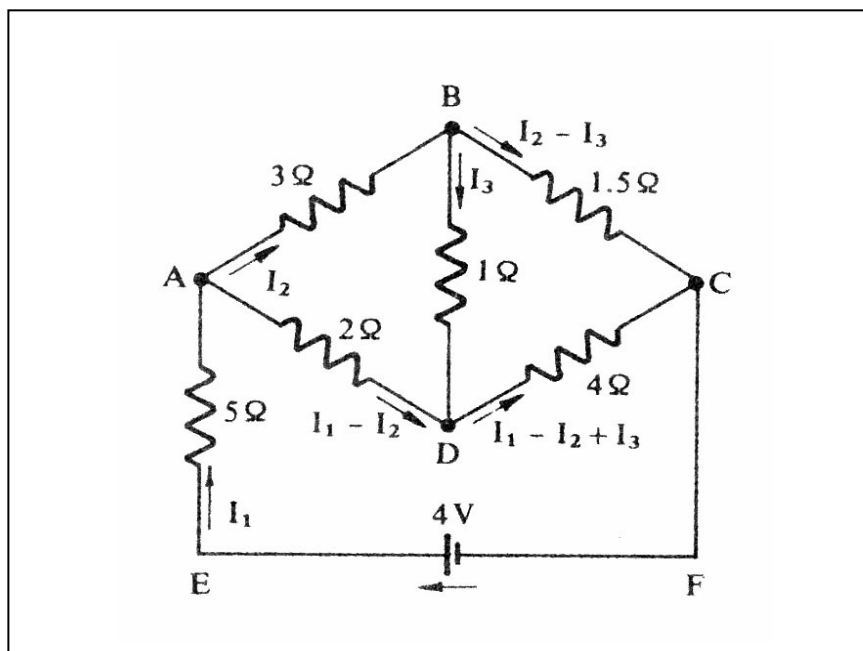
$$I X = A^{-1} B$$

$$X = A^{-1} B$$

$$\text{ดังนั้น } X = \begin{bmatrix} \frac{7}{180} & -\frac{1}{90} \\ -\frac{1}{90} & \frac{7}{180} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 40 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{7}{180} \times 0\right) + \left(-\frac{1}{90} \times 40\right) \\ \left(-\frac{1}{90} \times 0\right) + \left(\frac{7}{180} \times 40\right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{4}{9} \\ \frac{14}{9} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.44 \\ 1.56 \end{bmatrix}$$

ดังนั้นจะได้ค่า $I_1 = -0.44 \text{ A}$ และ $I_2 = 1.56 \text{ A}$

ข้อที่ 3



จากโจทย์สมร ที่มา : ไมตรี วรวิมลจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 18.

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก
ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ในวงจร ABCFE; } (5 \Omega) I_1 + (3 \Omega) I_2 + (1.5 \Omega) (I_2 - I_3) = 4 \text{ V}$$

$$\text{หรือ } (5 \Omega) I_1 + (4.5 \Omega) I_2 - (1.5 \Omega) I_3 = 4 \text{ V} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{ในวงจร ABD; } (3 \Omega) I_2 + (1 \Omega) I_3 - (2 \Omega) (I_1 - I_3) = 0 \text{ V}$$

$$\text{หรือ } (-2 \Omega) I_1 + (5 \Omega) I_2 + (1 \Omega) I_3 = 0 \text{ V} \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{ในวงจร BDC; } (1 \Omega) I_3 + (4 \Omega) (I_1 - I_2 + I_3) - (1.5 \Omega) (I_2 - I_3) = 0 \text{ V}$$

$$\text{หรือ } (4 \Omega) I_1 - (5.5 \Omega) I_2 + (6.5 \Omega) I_3 = 0 \text{ V} \quad \text{----- (3)}$$

นำ (1), (2), (3) มาเขียนในรูปเมตริกซ์จะได้

$$\begin{bmatrix} 5\Omega & 4.5\Omega & -1.5\Omega \\ -2\Omega & 5\Omega & 1\Omega \\ 4\Omega & -5.5\Omega & 6.5\Omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4\text{V} \\ 0\text{V} \\ 0\text{V} \end{bmatrix} \quad \text{หรือ} \quad \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

การหาค่า I_1 , I_2 และ I_3 สามารถดำเนินการโดยใช้ความรู้เรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ได้ดังนี้

1. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล
2. การใช้ดีเทอร์มิแนนต์
3. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

1. การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล

$$\text{กำหนดให้เมตริกซ์ } A = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix} \quad \text{เมตริกซ์ } X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} \quad \text{และ เมตริกซ์ } B = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

นำมาสร้างเมตริกซ์ดังนี้

$$\left[A \mid B \right] = \left[\begin{array}{ccc|c} 5 & 4.5 & -1.5 & 4 \\ -2 & 5 & 1 & 0 \\ 4 & -5.5 & 6.5 & 0 \end{array} \right] \begin{matrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{matrix}$$

$$\sim \left[\begin{array}{ccc|c} 0 & 45.5 & -38.5 & 16 \\ 0 & 68 & 4 & 16 \\ 0 & 22.5 & 42.5 & 0 \end{array} \right] \begin{matrix} R_1 \leftarrow 4R_1 - 5R_3 \\ R_2 \leftarrow 4R_1 + 10R_2 \\ R_3 \leftarrow 10R_2 + 5R_3 \end{matrix}$$

เปลี่ยนกลับในรูปสมการเชิงเส้นจะได้ว่า

$$68I_2 + 4I_3 = 16 \quad \text{----- (1)}$$

$$22.5I_2 + 42.5I_3 = 0 \quad \text{----- (2)}$$

$$22.5 \times (1); \quad 1,530 I_2 + 90 I_3 = 360 \quad \text{----- (3)}$$

$$68 \times (2); \quad 1,530 I_2 + 2,890 I_3 = 0 \quad \text{----- (4)}$$

$$(3) - (4); \quad -2,800 I_3 = 360 \quad \text{ดังนั้น} \quad I_3 = \frac{360}{-2,800} = -0.129$$

แทนค่า $I_3 = -0.129$ ใน (1); $68I_2 + 4(-0.129) = 16$ ดังนั้น $I_2 = \frac{4(0.129)}{68} = 0.243$

แทนค่า $I_2 = 0.243$ และ $I_3 = -0.129$ ในสมการ $-2I_1 + 5I_2 + I_3 = 0$

จะได้ว่า $-2I_1 + 5(0.243) + (-0.129) = 0$ ดังนั้น $I_1 = \frac{-5(0.243) + 0.129}{-2} = 0.543$

สรุปค่าที่ได้ คือ $I_1 = 0.543$ A, $I_2 = 0.243$ A และ $I_3 = -0.129$ A

2. การใช้ดีเทอร์มิแนนต์

$$\text{กำหนดให้เมตริกซ์ } A = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix} \text{ เมตริกซ์ } X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} \text{ และ เมตริกซ์ } B = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ D โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 1 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } D = \begin{bmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ E โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 2 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } E = \begin{bmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{bmatrix}$$

สร้างเมตริกซ์ F โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปแทนที่สมาชิกในหลักที่ 3 ของเมตริกซ์ A

$$\text{จะได้ } F = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{bmatrix}$$

สามารถหาค่าไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์ A, D, E และ F ได้ดังนี้

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์ A

$A = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix}$	มีสมาชิกคือ $a_{11} = 5$		
	$a_{21} = -2$		$a_{12} = 4.5$
	$a_{31} = 4$		$a_{13} = -1.5$
	$a_{22} = 5$		$a_{23} = 1$
	$a_{32} = -5.5$		$a_{33} = 6.5$

ไมเนอร์

.....

$$M_{11} = \begin{vmatrix} -5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 1 \\ -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = (5 \times 6.5) - (-5.5 \times 1) = 32.5 + 5.5 = 38$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} -5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 1 \\ 4 & 6.5 \end{vmatrix} = (-2 \times 6.5) - (4 \times 1) = -13 - 4 = -17$$

$$M_{13} = \begin{vmatrix} -5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 5 \\ 4 & -5.5 \end{vmatrix} = [-2 \times (-5.5)] - (4 \times 5) = 11 - 20 = -9$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4.5 & -1.5 \\ -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = (4.5 \times 6.5) - [-5.5 \times (-1.5)] = 29.25 - 8.25 = 21$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & -1.5 \\ 4 & 6.5 \end{vmatrix} = (5 \times 6.5) - [4 \times (-1.5)] = 32.5 + 6 = 38.5$$

$$M_{23} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 \\ 4 & -5.5 \end{vmatrix} = [5 \times (-5.5)] - (4 \times 4.5) = -27.5 - 18 = -45.5$$

$$M_{31} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4.5 & -1.5 \\ 5 & 1 \end{vmatrix} = (4.5 \times 1) - [5 \times (-1.5)] = 4.5 + 7.5 = 12$$

$$M_{32} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & -1.5 \\ -2 & 1 \end{vmatrix} = (5 \times 1) - [-2 \times (-1.5)] = 5 - 3 = 2$$

$$M_{33} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 \\ -2 & 5 \end{vmatrix} = (5 \times 5) - (-2 \times 4.5) = 25 + 9 = 34$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(38) = 38$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(-17) = 17$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(-9) = -9$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(21) = -21$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(38.5) = 38.5$$

$$c_{23} = (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(-45.5) = 45.5$$

$$c_{31} = (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(12) = 12$$

$$c_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{33} = (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(34) = 34$$

ดีเทอร์มิแนนต์

จากโจทย์กำหนดให้ $A = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix}$ ดังนั้นจะได้ $\det(A) = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix}$

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 3x3 สามารถดำเนินการได้ 7 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 5$, $a_{12} = 4.5$, $a_{13} = -1.5$

$$\begin{aligned}\det(A) &= a_{11}c_{11} + a_{12}c_{12} + a_{13}c_{13} \\ &= (5)(38) + (4.5)(17) + (-1.5)(-9) = 190 + 76.5 + 13.5 = 280\end{aligned}$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{21} = -2$, $a_{22} = 5$, $a_{23} = 1$

$$\begin{aligned}\det(A) &= a_{21}c_{21} + a_{22}c_{22} + a_{23}c_{23} \\ &= (-2)(-21) + (5)(38.5) + (1)(-1)(-45.5) = 42 + 192.5 + 45.5 = 280\end{aligned}$$

3. ใช้แถวที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{31} = 4$, $a_{32} = -5.5$, $a_{33} = 6.5$

$$\begin{aligned}\det(A) &= a_{31}c_{31} + a_{32}c_{32} + a_{33}c_{33} \\ &= (4)(12) + (-5.5)(-2) + (6.5)(34) = 48 + 11 + 221 = 280\end{aligned}$$

4. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 5$, $a_{21} = -2$, $a_{31} = 4$

$$\begin{aligned}\det(A) &= a_{11}c_{11} + a_{21}c_{21} + a_{31}c_{31} \\ &= (5)(38) + (-2)(-21) + (4)(12) = 190 + 42 + 48 = 280\end{aligned}$$

5. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{12} = 4.5$, $a_{22} = 5$, $a_{32} = -5.5$

$$\begin{aligned}\det(A) &= a_{12}c_{12} + a_{22}c_{22} + a_{32}c_{32} \\ &= (4.5)(17) + (5)(38.5) + (-5.5)(-2) = 76.5 + 192.5 + 11 = 280\end{aligned}$$

6. ใช้หลักที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{13} = -1.5$, $a_{23} = 1$, $a_{33} = 6.5$

$$\begin{aligned}\det(A) &= a_{13}c_{13} + a_{23}c_{23} + a_{33}c_{33} \\ &= (-1.5)(-9) + (1)(45.5) + (6.5)(34) = 13.5 + 45.5 + 221 = 280\end{aligned}$$

7. ใช้การขยายหลักที่ 1 และ หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $a_{11} = 5$, $a_{21} = -2$, $a_{31} = 4$, $a_{12} = 4.5$, $a_{22} = 5$, $a_{32} = -5.5$

จะได้ $\det(A) = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{array}{l} \text{---} [4 \times 5 \times (-1.5)] \\ \text{---} (-5.5 \times 1 \times 5) \\ \text{---} [6.5 \times (-2) \times 4.5] \\ \text{---} (5 \times 5 \times 6.5) \\ \text{---} (4.5 \times 1 \times 4) \\ \text{---} [-1.5 \times (-2) \times (-5.5)] \end{array}$

$+ 58.5 = 280$

$\begin{vmatrix} -1.5 & 5 & 4.5 \\ 1 & -2 & 5 \\ 6.5 & 4 & -5.5 \end{vmatrix} = 162.5 + 18 - 16.5 + 30 + 27$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ D

$$D = \begin{bmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix}$$

จะได้ว่า $d_{11} = 4$ $d_{12} = 4.5$ $d_{13} = -1.5$
 $d_{21} = 0$ $d_{22} = 5$ $d_{23} = 1$
 $d_{31} = 0$ $d_{32} = -5.5$ $d_{33} = 6.5$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 1 \\ -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = (5 \times 6.5) - (-5.5 \times 1) = 32.5 + 5.5 = 38$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 6.5 \end{vmatrix} = (0 \times 6.5) - (0 \times 1) = 0 - 0 = 0$$

$$M_{13} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 5 \\ 0 & -5.5 \end{vmatrix} = [0 \times (-5.5)] - (0 \times 5) = 0 - 0 = 0$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4.5 & -1.5 \\ -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = (4.5 \times 6.5) - [-5.5 \times (-1.5)] = 29.25 - 8.25 = 21$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -1.5 \\ 0 & 6.5 \end{vmatrix} = (4 \times 6.5) - [0 \times (-1.5)] = 26 - 0 = 26$$

$$M_{23} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 \\ 0 & -5.5 \end{vmatrix} = [4 \times (-5.5)] - (0 \times 4.5) = 22 - 0 = 22$$

$$M_{31} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4.5 & -1.5 \\ 5 & 1 \end{vmatrix} = (4.5 \times 1) - [5 \times (-1.5)] = 4.5 + 7.5 = 12$$

$$M_{32} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -1.5 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} = (4 \times 1) - [0 \times (-1.5)] = 4 + 0 = 4$$

$$M_{33} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 \\ 0 & 5 \end{vmatrix} = (4 \times 5) - (0 \times 4.5) = 20 - 0 = 20$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(38) = 38$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(0) = 0$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(0) = 0$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(21) = -21$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(26) = 26$$

$$c_{23} = (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(22) = -22$$

$$c_{31} = (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(12) = 12$$

$$c_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(4) = -4$$

$$c_{33} = (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(20) = 20$$

ดีเทอร์มิแนนท์

จากโจทย์กำหนดให้ $D = \begin{bmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix}$ ดังนั้นจะได้ $\det(D) = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 \\ 0 & 5 & 1 \\ 0 & -5.5 & 6.5 \end{vmatrix}$

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 3x3 สามารถดำเนินการได้ 7 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 4$, $d_{12} = 4.5$, $d_{13} = -1.5$

$$\begin{aligned} \det(D) &= d_{11}c_{11} + d_{12}c_{12} + d_{13}c_{13} \\ &= (4)(38) + (4.5)(0) + (-1.5)(0) = 152 + 0 + 0 = 152 \end{aligned}$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{21} = 0$, $d_{22} = 5$, $d_{23} = 1$

$$\begin{aligned} \det(D) &= d_{21}c_{21} + d_{22}c_{22} + d_{23}c_{23} \\ &= (0)(-21) + (5)(26) + (1)(22) = 0 + 130 + 22 = 152 \end{aligned}$$

3. ใช้แถวที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{31} = 0$, $d_{32} = -5.5$, $d_{33} = 6.5$

$$\begin{aligned} \det(D) &= d_{31}c_{31} + d_{32}c_{32} + d_{33}c_{33} \\ &= (0)(12) + (-5.5)(-4) + (6.5)(20) = 0 + 22 + 130 = 152 \end{aligned}$$

4. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 4$, $d_{21} = 0$, $d_{31} = 0$

$$\begin{aligned} \det(D) &= d_{11}c_{11} + d_{21}c_{21} + d_{31}c_{31} \\ &= (4)(1)(32.5 + 5.5) + (0)(-1)(29.25 + 8.25) + (0)(1)(4.5 + 7.5) = 152 + 0 + 0 = 152 \end{aligned}$$

5. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{12} = 4.5$, $d_{22} = 5$, $d_{32} = -5.5$

$$\begin{aligned} \det(D) &= d_{12}c_{12} + d_{22}c_{22} + d_{32}c_{32} \\ &= (4.5)(-1)(0 - 0) + (5)(1)(26 - 0) + (-5.5)(-1)(4 - 0) = 0 + 130 + 22 = 152 \end{aligned}$$

6. ใช้หลักที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{13} = -1.5$, $d_{23} = 1$, $d_{33} = 6.5$

$$\begin{aligned} \det(D) &= d_{13}c_{13} + d_{23}c_{23} + d_{33}c_{33} \\ &= (-1.5)(1)(0 - 0) + (1)(-1)(-22 - 0) + (6.5)(1)(20 - 0) = 0 + 22 + 130 = 152 \end{aligned}$$

7. ใช้การขยายหลักที่ 1 และ หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $d_{11} = 4$, $d_{21} = 0$,

$$d_{31} = 0, d_{12} = 4.5, d_{22} = 5, d_{32} = -5.5$$

จะได้ $\det(D) = \begin{vmatrix} 4 & 4.5 & -1.5 & 4 & 4.5 \\ 0 & 5 & 1 & 0 & 5 \\ 0 & -5.5 & 6.5 & 0 & -5.5 \end{vmatrix} = 130 + 0 + 0 - 0 - (-22) - 0 = 152$

$- [0 \times 5 \times (-1.5)]$

$- (-5.5 \times 1 \times 4)$

$- (6.5 \times 0 \times 4.5)$

$+ (4 \times 5 \times 6.5)$

$+ (4.5 \times 1 \times 0)$

$+ [-1.5 \times 0 \times (-5.5)]$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ E

$$E = \begin{bmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{bmatrix}$$

มีสมาชิกคือ $e_{11} = 5$ $e_{12} = 4$ $e_{13} = -1.5$
 $e_{21} = -2$ $e_{22} = 0$ $e_{23} = 1$
 $e_{31} = 4$ $e_{32} = 0$ $e_{33} = 6.5$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} \cancel{5} & \cancel{4} & \cancel{-1.5} \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 6.5 \end{vmatrix} = (0 \times 6.5) - (0 \times 1) = 0 - 0 = 0$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cancel{5} & \cancel{4} & \cancel{-1.5} \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 1 \\ 4 & 6.5 \end{vmatrix} = (-2 \times 6.5) - (4 \times 1) = -13 - 4 = -17$$

$$M_{13} = \begin{vmatrix} \cancel{5} & \cancel{4} & \cancel{-1.5} \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 0 \\ 4 & 0 \end{vmatrix} = (-2 \times 0) - (4 \times 0) = 0 - 0 = 0$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cancel{5} & \cancel{4} & \cancel{-1.5} \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -1.5 \\ 0 & 6.5 \end{vmatrix} = (4 \times 6.5) - [0 \times (-1.5)] = 26 - 0 = 26$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & -1.5 \\ 4 & 6.5 \end{vmatrix} = (5 \times 6.5) - [4 \times (-1.5)] = 32.5 + 6 = 38.5$$

$$M_{23} = \begin{vmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 4 \\ 4 & 0 \end{vmatrix} = (5 \times 0) - (4 \times 4) = 0 - 16 = -16$$

$$M_{31} = \begin{vmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ -4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -1.5 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} = (4 \times 1) - [0 \times (-1.5)] = 4 - 0 = 4$$

$$M_{32} = \begin{vmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ -4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & -1.5 \\ -2 & 1 \end{vmatrix} = (5 \times 1) - [-2 \times (-1.5)] = 5 - 3 = 2$$

$$M_{33} = \begin{vmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ -4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 4 \\ -2 & 0 \end{vmatrix} = (5 \times 0) - (-2 \times 4) = 0 + 8 = 8$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(0) = 0$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(-17) = 17$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(0) = 0$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(26) = -26$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(38.5) = 38.5$$

$$c_{23} = (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(-16) = 16$$

$$c_{31} = (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(4) = 4$$

$$c_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(2) = -2$$

$$c_{33} = (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(8) = 8$$

ดีเทอร์มิแนนท์

จากโจทย์กำหนดให้ $E = \begin{bmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{bmatrix}$ ดังนั้นจะได้ $\det(E) = \begin{vmatrix} 5 & 4 & -1.5 \\ -2 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 6.5 \end{vmatrix}$

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 3x3 สามารถดำเนินการได้ 7 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 5$, $e_{12} = 4$, $e_{13} = -1.5$

$$\begin{aligned}\det(E) &= e_{11}c_{11} + e_{12}c_{12} + e_{13}c_{13} \\ &= (5)(0) + (4)(17) + (-1.5)(0) = 0 + 68 + 0 = 68\end{aligned}$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{21} = -2$, $e_{22} = 0$, $e_{23} = 1$

$$\begin{aligned}\det(E) &= e_{21}c_{21} + e_{22}c_{22} + e_{23}c_{23} \\ &= (-2)(-26) + (0)(38.5) + (1)(16) = 52 + 0 + 16 = 68\end{aligned}$$

3. ใช้แถวที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{31} = 4$, $e_{32} = 0$, $e_{33} = 6.5$

$$\begin{aligned}\det(E) &= e_{31}c_{31} + e_{32}c_{32} + e_{33}c_{33} \\ &= (4)(4) + (0)(-2) + (6.5)(8) = 16 + 0 + 52 = 68\end{aligned}$$

4. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 5$, $e_{21} = -2$, $e_{31} = 4$

$$\begin{aligned}\det(E) &= e_{11}c_{11} + e_{21}c_{21} + e_{31}c_{31} \\ &= (5)(0) + (-2)(-26) + (4)(4) = 0 + 52 + 16 = 68\end{aligned}$$

5. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{12} = 4$, $e_{22} = 0$, $e_{32} = 0$

$$\begin{aligned}\det(E) &= e_{12}c_{12} + e_{22}c_{22} + e_{32}c_{32} \\ &= (4)(17) + (0)(38.5) + (0)(-2) = 68 + 0 + 0 = 68\end{aligned}$$

6. ใช้หลักที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{13} = -1.5$, $e_{23} = 1$, $e_{33} = 6.5$

$$\begin{aligned}\det(E) &= e_{13}c_{13} + e_{23}c_{23} + e_{33}c_{33} \\ &= (-1.5)(0) + (1)(16) + (6.5)(8) = 0 + 16 + 52 = 68\end{aligned}$$

7. ใช้การขยายหลักที่ 1 และ หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $e_{11} = 5, e_{21} = -2,$
 $e_{31} = 4, e_{12} = 4, e_{22} = 0, e_{32} = 0$

จะได้ $\det(E) = \begin{vmatrix} 5 & 4 & -1.5 & 5 & 4 \\ -2 & 0 & 1 & -2 & 0 \\ 4 & 0 & 6.5 & 4 & 0 \end{vmatrix} = 0 + 16 + 0 - 0 - 0 + 52 = 68$

ไมเนอร์ โคแฟกเตอร์ และดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ F

$F = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{bmatrix}$	จะได้ว่า	$f_{11} = 5$	$f_{12} = 4.5$	$f_{13} = 4$
		$f_{21} = -2$	$f_{22} = 5$	$f_{23} = 0$
		$f_{31} = 4$	$f_{32} = -5.5$	$f_{33} = 0$

ไมเนอร์

$$M_{11} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 0 \\ -5.5 & 0 \end{vmatrix} = (5 \times 0) - (-5.5 \times 0) = 0 - 0 = 0$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 0 \\ 4 & 0 \end{vmatrix} = (-2 \times 0) - (4 \times 0) = 0 - 0 = 0$$

$$M_{13} = \begin{vmatrix} 5 & & 4.5 & 4 \\ -2 & & 5 & 0 \\ 4 & & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 5 \\ 4 & -5.5 \end{vmatrix} = [-2 \times (-5.5)] - (4 \times 5) = 11 - 20$$

$$= -9$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4.5 & 4 \\ -5.5 & 0 \end{vmatrix} = (4.5 \times 0) - (-5.5 \times 4) = 0 + 22 = 22$$

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 4 \\ 4 & 0 \end{vmatrix} = (5 \times 0) - (4 \times 4) = 0 - 16 = -16$$

$$M_{23} = \begin{vmatrix} 5 & & 4.5 & 4 \\ -2 & & 5 & 0 \\ 4 & & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 \\ 4 & -5.5 \end{vmatrix} = [5 \times (-5.5)] - (4 \times 4.5) = -27.5 - 18$$

$$= -45.5$$

$$M_{31} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4.5 & 4 \\ 5 & 0 \end{vmatrix} = (4.5 \times 0) - (5 \times 4) = 0 - 20 = -20$$

$$M_{32} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 4 \\ -2 & 0 \end{vmatrix} = (5 \times 0) - (-2 \times 4) = 0 + 8 = 8$$

$$M_{33} = \begin{vmatrix} 5 & & 4.5 & 4 \\ -2 & & 5 & 0 \\ 4 & & -5.5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 \\ -2 & 5 \end{vmatrix} = (5 \times 5) - (-2 \times 4.5) = 25 + 9 = 34$$

โคแฟกเตอร์

$$\begin{aligned} c_{11} &= (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(0) = 0 \\ c_{12} &= (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(0) = 0 \\ c_{13} &= (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(-9) = -9 \\ c_{21} &= (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(22) = -22 \\ c_{22} &= (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(-16) = -16 \\ c_{23} &= (-1)^{2+3} M_{23} = (-1)(-45.5) = 45.5 \\ c_{31} &= (-1)^{3+1} M_{31} = (1)(-20) = -20 \\ c_{32} &= (-1)^{3+2} M_{32} = (-1)(8) = -8 \\ c_{33} &= (-1)^{3+3} M_{33} = (1)(34) = 34 \end{aligned}$$

ดีเทอร์มิแนนท์

$$\text{จากโจทย์กำหนดให้ } F = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{bmatrix} \text{ ดังนั้นจะได้ } \det(F) = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{vmatrix}$$

การหาค่า Determinant ของเมตริกซ์ขนาด 3x3 สามารถดำเนินการได้ 7 วิธีดังนี้

1. ใช้แถวที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{11} = 5$, $f_{12} = 4.5$, $f_{13} = 4$

$$\det(F) = f_{11} c_{11} + f_{12} c_{12} + f_{13} c_{13}$$

$$= (5)(0) + (4.5)(0) + (4)(-9) = 0 + 0 + (-36) = -36$$

2. ใช้แถวที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{21} = -2$, $f_{22} = 5$, $f_{23} = 0$

$$\begin{aligned}\det(F) &= f_{21} c_{21} + f_{22} c_{22} + f_{23} c_{23} \\ &= (-2)(-22) + (5)(-16) + (0)(45.5) = 44 + (-80) + 0 = -36\end{aligned}$$

3. ใช้แถวที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{31} = 4$, $f_{32} = -5.5$, $f_{33} = 0$

$$\begin{aligned}\det(F) &= f_{31} c_{31} + f_{32} c_{32} + f_{33} c_{33} \\ &= (4)(-20) + (-5.5)(-8) + (0)(34) = -80 + 44 + 0 = -36\end{aligned}$$

4. ใช้หลักที่ 1 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{11} = 5$, $f_{21} = -2$, $f_{31} = 4$

$$\begin{aligned}\det(F) &= f_{11} c_{11} + f_{21} c_{21} + f_{31} c_{31} \\ &= (5)(0) + (-2)(-22) + (4)(-20) = 0 + 44 + (-80) = -36\end{aligned}$$

5. ใช้หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{12} = 4.5$, $f_{22} = 5$, $f_{32} = -5.5$

$$\begin{aligned}\det(F) &= f_{12} c_{12} + f_{22} c_{22} + f_{32} c_{32} \\ &= (4.5)(0) + (5)(-16) + (-5.5)(-8) = 0 + (-80) + 44 = -36\end{aligned}$$

6. ใช้หลักที่ 3 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{13} = 4$, $f_{23} = 0$, $f_{33} = 0$

$$\begin{aligned}\det(F) &= f_{13} c_{13} + f_{23} c_{23} + f_{33} c_{33} \\ &= (4)(-9) + (0)(-45.5) + (0)(34) = -36 + 0 + 0 = -36\end{aligned}$$

7. ใช้การขยายหลักที่ 1 และ หลักที่ 2 ซึ่งมีสมาชิกประกอบด้วย $f_{11} = 5$, $f_{21} = -2$, $f_{31} = 4$, $f_{12} = 4.5$, $f_{22} = 5$, $f_{32} = -5.5$

$-(4 \times 5 \times 4)$	$-(-5.5 \times 0 \times 5)$	$-[0 \times (-2) \times 4.5]$

จะได้ $\det(F) = \begin{vmatrix} 5 & 4.5 & 4 \\ -2 & 5 & 0 \\ 4 & -5.5 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 5 & 4.5 \\ -2 & 5 \\ 4 & -5.5 \end{vmatrix} = 0 + 0 + 44 - 80 - 0 - 0 = -36$

+ (5 × 5 × 0)

+ (4.5 × 0 × 4)

+ [4 × (-2) × (-5.5)]

ดังนั้นจะได้ค่า I_1 , I_2 และ I_3 ดังนี้

$$I_1 = \frac{|D|}{|A|} = \frac{152}{280} = 0.543 \text{ A}, \quad I_2 = \frac{|E|}{|A|} = \frac{68}{280} = 0.243 \text{ A}$$

$$\text{และ } I_3 = \frac{|F|}{|A|} = \frac{-36}{280} = -0.129 \text{ A}$$

3. การใช้เมตริกซ์ผกผัน

กำหนดให้เมตริกซ์ $A = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix}$ เมตริกซ์ $X = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}$ และ เมตริกซ์ $B = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

หาเมตริกซ์ผกผัน $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{adj}(A)]$ หรือ $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} [\text{cof}(A)]^T$

ดีเทอร์มิแนนท์

$$\det(A) = 280$$

โคแฟกเตอร์

$$c_{11} = (-1)^{1+1} M_{11} = (1)(38) = 38$$

$$c_{12} = (-1)^{1+2} M_{12} = (-1)(-17) = 17$$

$$c_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = (1)(-9) = -9$$

$$c_{21} = (-1)^{2+1} M_{21} = (-1)(21) = -21$$

$$c_{22} = (-1)^{2+2} M_{22} = (1)(38.5) = 38.5$$

$$c_{23} = \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} = (-1)(-45.5) = 45.5$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} = (1)(12) = 12$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} = (-1)(2) = -2$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array} = (1)(34) = 34$$

เมตริกซ์ผกผัน

$$\text{adj}(A) = \begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix}$$

เมตริกซ์ผกผัน

$$A^{-1} = \frac{1}{280} \begin{bmatrix} 38 & -21 & 12 \\ 17 & 38.5 & -2 \\ -9 & 45.5 & 34 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{38}{280} & -\frac{21}{280} & \frac{12}{280} \\ \frac{17}{280} & \frac{38.5}{280} & -\frac{2}{280} \\ -\frac{9}{280} & \frac{45.5}{280} & \frac{34}{280} \end{bmatrix}$$

ตรวจคำตอบ

$$AA^{-1} = \begin{bmatrix} 5 & 4.5 & -1.5 \\ -2 & 5 & 1 \\ 4 & -5.5 & 6.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{38}{280} & -\frac{21}{280} & \frac{12}{280} \\ \frac{17}{280} & \frac{38.5}{280} & -\frac{2}{280} \\ -\frac{9}{280} & \frac{45.5}{280} & \frac{34}{280} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{190 + 76.5 + 13.5}{280} & \frac{-105 + 173.25 - 68.25}{280} & \frac{60 - 9 - 51}{280} \\ \frac{-76 + 85 - 9}{280} & \frac{42 + 192.5 + 45.5}{280} & \frac{-24 - 10 + 34}{280} \\ \frac{152 - 93.5 - 58.5}{280} & \frac{-84 - 211.75 + 295.75}{280} & \frac{48 + 11 + 221}{280} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

จาก $AX = B$ จะได้ว่า $A^{-1}AX = A^{-1}B$

$$IX = A^{-1}B$$

$$X = A^{-1}B$$

$$\text{ดังนั้น } X = \begin{bmatrix} \frac{38}{280} & -\frac{21}{280} & \frac{12}{280} \\ \frac{17}{280} & \frac{38.5}{280} & -\frac{2}{280} \\ -\frac{9}{280} & \frac{45.5}{280} & \frac{34}{280} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\frac{38}{280} \times 4) + (-\frac{21}{280} \times 0) + (\frac{12}{280} \times 0) \\ (\frac{17}{280} \times 4) + (\frac{38.5}{280} \times 0) + (-\frac{2}{280} \times 0) \\ (-\frac{9}{280} \times 4) + (\frac{45.5}{280} \times 0) + (\frac{34}{280} \times 0) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{152}{280} \\ \frac{68}{280} \\ -\frac{36}{280} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.543 \\ 0.243 \\ -0.129 \end{bmatrix}$$

ดังนั้นจะได้ค่า $I_1 = 0.543 \text{ A}$, $I_2 = 0.243 \text{ A}$ และ $I_3 = -0.129 \text{ A}$

ขั้นที่ 5 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปทฤษฎีที่ได้จากการเรียนรู้

การแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้าสามารถดำเนินการได้โดย

1. ใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ที่กล่าวว่า

ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก

2. ได้ระบบ n สมการ n ตัวแปร

$$r_{11}I_1 + r_{12}I_2 + r_{13}I_3 + \dots + r_{1n}I_n = v_1 \text{ ----- (1)}$$

$$r_{21}I_1 + r_{22}I_2 + r_{23}I_3 + \dots + r_{2n}I_n = v_2 \text{ ----- (2)}$$

$$r_{31}I_1 + r_{32}I_2 + r_{33}I_3 + \dots + r_{3n}I_n = v_3 \text{ ----- (3)}$$

$$\begin{matrix} \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ r_{n1}I_1 + r_{n2}I_2 + r_{n3}I_3 + \dots + r_{nn}I_n = v_n \text{ ----- (n)} \end{matrix}$$

เมื่อ V คือ แรงดันตกคร่อม (Voltage Drop) หรือ ความต่างศักย์ (Potential Difference)

หมายถึง ความแตกต่างของระดับแรงดันไฟฟ้าในระหว่างจุด 2 จุด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

I คือ กระแส (Current) หมายถึง อัตราการเคลื่อนที่ของประจุ หรือค่าเฉลี่ยของจำนวน ประจุที่เคลื่อนที่ผ่านไป ณ จุดที่กำหนดไว้ในวงจรแต่ละวินาที มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

R คือ ความต้านทาน (Resistance) คือ ความสามารถของวงจรที่เป็นตัวจำกัดการไหล ของกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

3. เขียนระบบสมการในรูปเมตริกซ์ ซึ่งเมตริกซ์ที่ได้จะมีลักษณะคือ $R_{n \times n}$ $I_{n \times 1}$ และ $V_{n \times 1}$

$$\begin{matrix} & R & I & V \\ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \dots & r_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \end{matrix}$$

การหาคำตอบของระบบสมการต่อไปนี้จะใช้วิธีการ 4 วิธี คือ

1. การแก้ระบบสมการแบบเดิม จะดำเนินการเพื่อกำจัดตัวแปรให้เหลือตัวแปรเพียงตัวเดียว โดยการทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรบางตัวเท่ากัน แล้วใช้วิธีการบวกลบระหว่างสมการ และเมื่อได้ค่าของตัวแปรบางตัวแล้วก็นำไปแทนค่าเพื่อหาค่าของตัวแปรอื่นๆ สามารถตรวจสอบคำตอบโดยการแทนค่าตัวแปรทุกตัวในสมการใดสมการหนึ่ง

2. การใช้เมตริกซ์ สามารถดำเนินการได้ 3 ลักษณะ คือ การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล การใช้ดีเทอร์มิแนนท์ และการใช้เมตริกซ์ผกผัน ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

จากระบบสมการเชิงเส้น n สมการ n ตัวแปร สามารถนำมาเปลี่ยนเป็นสมการเมตริกซ์ $AX = B$ ได้ดังนี้

$$\begin{matrix} & A & & X & & B \\ \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \end{matrix}$$

2.1 การดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล

นำเมตริกซ์ A มาสร้างเมตริกซ์ใหม่ โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปไว้ในหลักสุดท้ายของเมตริกซ์ A และดำเนินการให้เมตริกซ์ใหม่มีลักษณะเป็นเมตริกซ์เอกลักษณ์โดยการคูณแถวใดแถวหนึ่งด้วยค่าคงที่ หรือการสลับแถวใดๆ

$$[A | B] = \left[\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} & b_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} & b_n \end{array} \right] \sim \left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & c_1 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & c_2 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & c_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & c_n \end{array} \right]$$

จะได้ค่า $x_1 = c_1, x_2 = c_2, x_3 = c_3, \dots, x_n = c_n$

2.2. การใช้ดีเทอร์มิแนนท์ หาค่า Δ (Delta) หรือค่าดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์ต่างๆ คือ ΔA หรือ ดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์

$$\text{จะได้ } \Delta A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

หาค่า $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta A_3, \dots, \Delta A_n$ โดยการนำสมาชิกของเมตริกซ์ B ไปไว้ในหลักต่างๆ ของเมตริกซ์ A เพื่อหาค่าดีเทอร์มิแนนต์แต่ละครั้งที่มีการเปลี่ยนหลัก

$$\text{จะได้ } \Delta A_1 = \begin{vmatrix} b_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ b_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ b_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \quad \Delta A_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & b_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & b_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & b_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \quad \vdots$$

$$\Delta A_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & b_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & b_{22} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & b_{32} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & b_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \dots, \Delta A_n = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & b_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & b_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & b_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & b_{nn} \end{vmatrix} \quad \vdots$$

นำค่า ΔA ไปหาร $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta A_3, \dots, \Delta A_n$ จะได้ค่าของสมาชิกในเมตริกซ์ X คือ

$$x_1 = \frac{\Delta A_1}{\Delta A}, \quad x_2 = \frac{\Delta A_2}{\Delta A}, \quad x_3 = \frac{\Delta A_3}{\Delta A}, \quad \dots, \quad x_n = \frac{\Delta A_n}{\Delta A} \quad \text{หรือ} \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

2.3 การใช้เมตริกซ์ผกผัน

- จากระบบสมการนำมาสร้างในรูปเมตริกซ์ คือ $AX = B$
- หาค่าเมตริกซ์ผกผันของ A จาก $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \text{adj}(A)$
- นำ A^{-1} ไปคูณทั้ง 2 ข้าง จะได้ว่า $A^{-1}AX = A^{-1}B$
 $I X = A^{-1}B$
 $X = A^{-1}B$

ขั้นที่ 6 ประเมินผลตามสภาพจริง

ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนจากการตอบคำถามในใบงาน 13 และการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน

1. ใบงาน 13 ผู้เรียนจะผ่านการเรียนรู้ถ้าสามารถวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการ และหาคำตอบของระบบสมการโดยใช้ความรู้เรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ โดยใช้วิธีการดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูล การใช้ดีเทอร์มิแนนต์ และการใช้เมตริกซ์ผกผันได้

2. สังเกตพฤติกรรมรายบุคคลจากการทำงานที่มอบหมาย/ผลสำเร็จของงาน จากเกณฑ์

- 4 หมายถึง ดีมาก
- 3 หมายถึง ดี
- 2 หมายถึง พอใช้
- 1 หมายถึง ปรับปรุง

กิจกรรม 5 เวลา 30 นาที

ผู้สอนแจกแบบทดสอบ 5 ให้ผู้เรียน แบบทดสอบ 5 มีจำนวน 3 ข้อ เวลา 30 นาที คะแนนเต็ม 30 คะแนน

1. จงสร้างเมตริกซ์จากสมการต่อไปนี้

$$2x + 3y - z = 1 \quad \text{----- (1)}$$

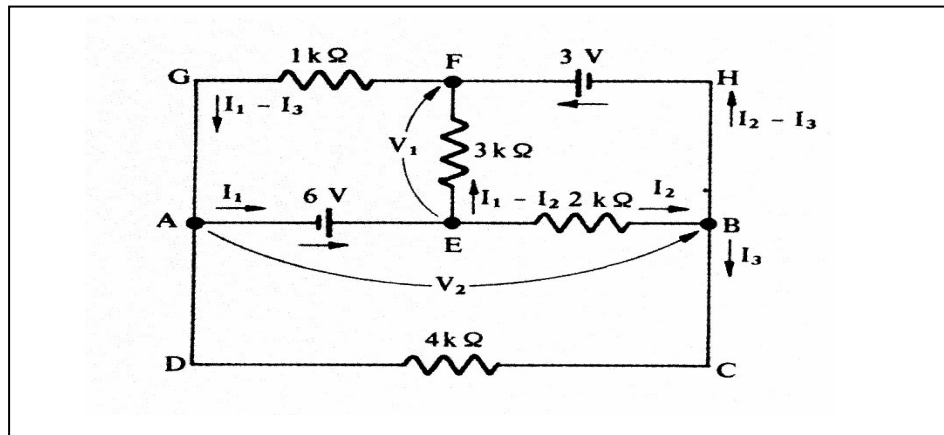
$$x - 4y + 2z = -3 \quad \text{----- (2)}$$

$$3x + z = 0 \quad \text{----- (3)}$$

2. จงสร้างสมการจากเมตริกซ์ที่กำหนดให้

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 0 & 5 & -2 \\ 4 & 0 & 3 \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad B = \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \\ 4 \end{bmatrix}$$

3. จากรูปวงจรไฟฟ้า จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 26.

6. สื่อการเรียนรู้

ใบงาน 10 เฉลยใบงาน 10

ใบงาน 11 เฉลยใบงาน 11

ใบงาน 12 เฉลยใบงาน 12

ใบงาน 13 เฉลยใบงาน 13

แบบทดสอบ 5 เฉลยแบบทดสอบ 5

หนังสือวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1

หนังสือวิชาวงจรไฟฟ้า

7. การวัดและประเมินผล

ผู้เรียนจะผ่านการเรียนรู้ถ้าสามารถ

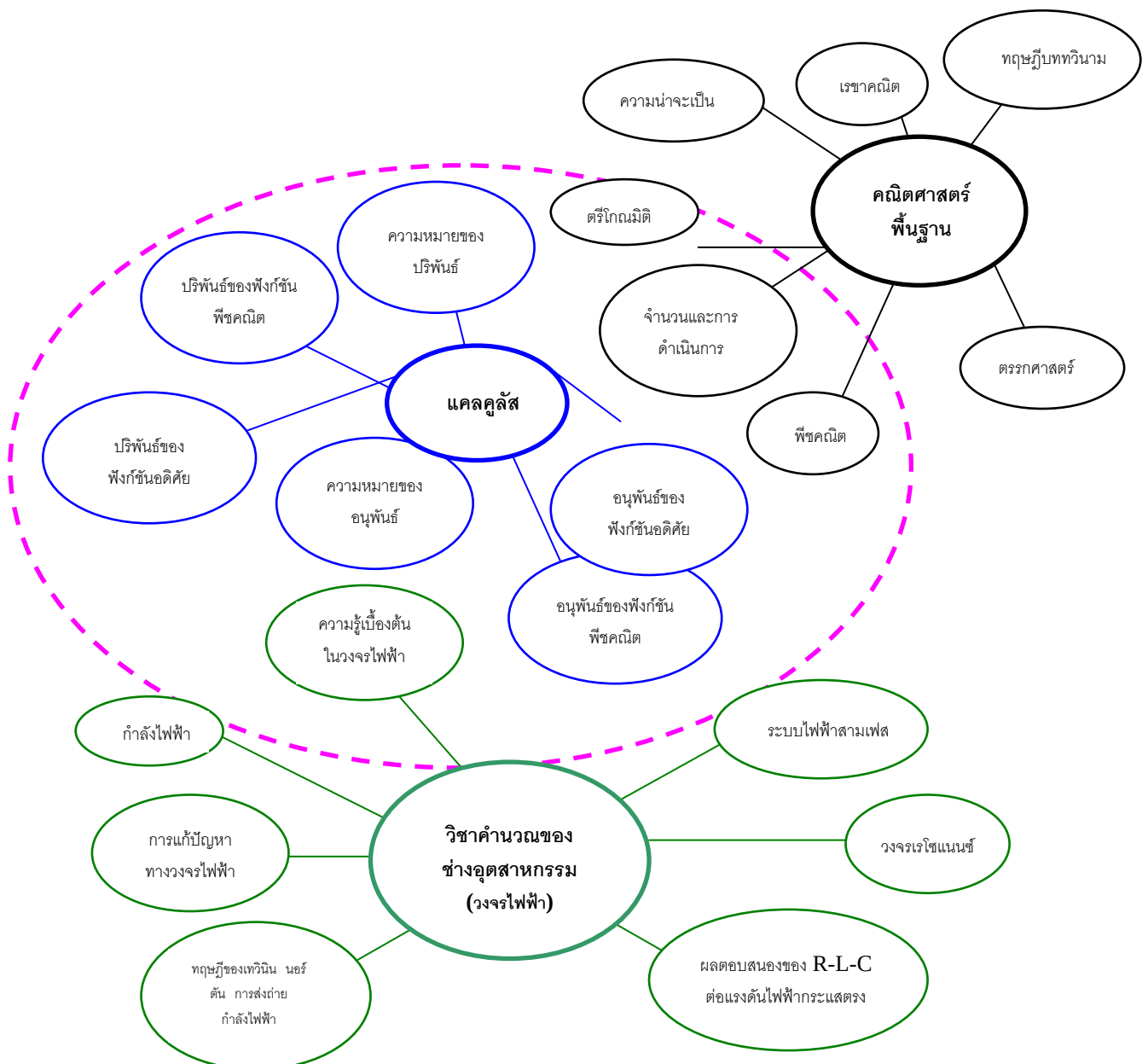
1. สร้างเมตริกซ์จากสมการที่กำหนดในใบงาน 10 ได้
2. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการ และนำมาสร้างเมตริกซ์ในใบงาน 11 ได้
3. หาคำตอบของระบบสมการโดยใช้ความรู้เรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในใบงาน 12 ได้
4. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรูปของระบบสมการ และหาคำตอบของระบบสมการโดยใช้ความรู้เรื่องเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ในใบงาน 13 ได้
5. ผ่านการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแบบทดสอบ 5 ถ้าไม่ผ่านผู้เรียนจะต้องหาเวลาทบทวนและกลับมาทำการทดสอบจนกว่าจะผ่าน

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 ชั้น ปวส. 1 เวลา 6 คาบ (360 นาที)	แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ครั้งที่ 11-12 หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและ การแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า 7.3 การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า
วิชาคณิตศาสตร์บูรณาการ	

1. ผลการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถนำความรู้จากคณิตศาสตร์พื้นฐาน (ได้แก่ จำนวนและการดำเนินการ ตรรกศาสตร์) และความรู้ทางแคลคูลัส (อนุพันธ์และปริพันธ์) มาเชื่อมโยงในการหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{av} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่นได้

2. ความคิดรวบยอด



3. จุดประสงค์การเรียนรู้

นำความรู้จากคณิตศาสตร์พื้นฐาน (ได้แก่ จำนวนและการดำเนินการ ตรรกศาสตร์) และแคลคูลัส (อนุพันธ์และปริพันธ์) มาเชื่อมโยงในการหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่นได้

4. สารการเรียนรู้

2. ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

2.3 การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

2.3.1 การหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น

5. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม 1 เวลา 120 นาที

2. ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

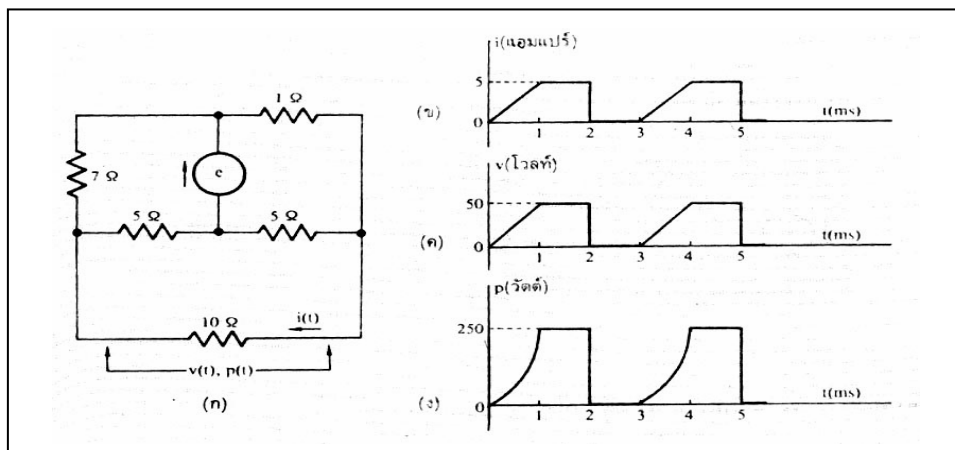
2.3 การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

2.3.1 การหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น

ขั้นที่ 1 ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน

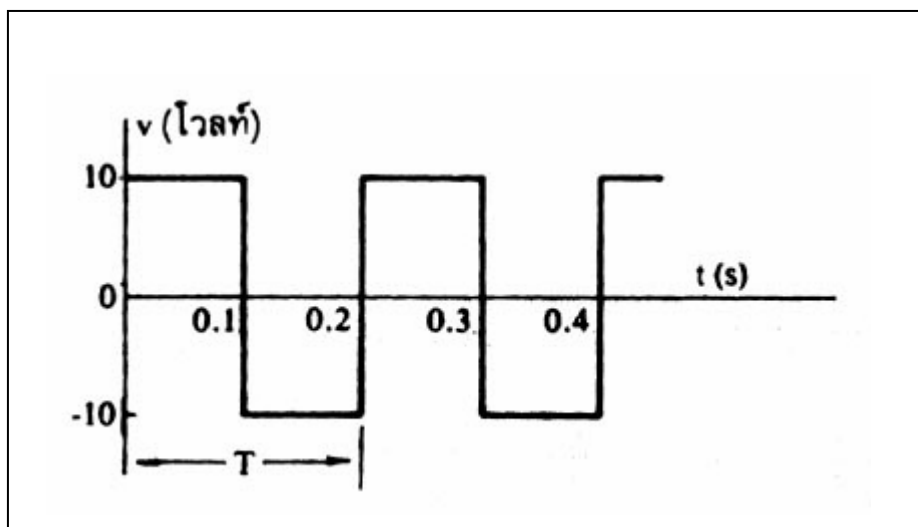
ผู้สอนแจกใบงาน 20 ให้กับผู้เรียน

ข้อที่ 1 จากรูปที่กำหนด เมื่อฟังก์ชันของกระแส $i(t)$ ซึ่งไหลผ่านความต้านทาน 10Ω มีลักษณะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมคางหมู จงหาค่าของแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ที่เกิดขึ้นที่ความต้านทาน 10Ω



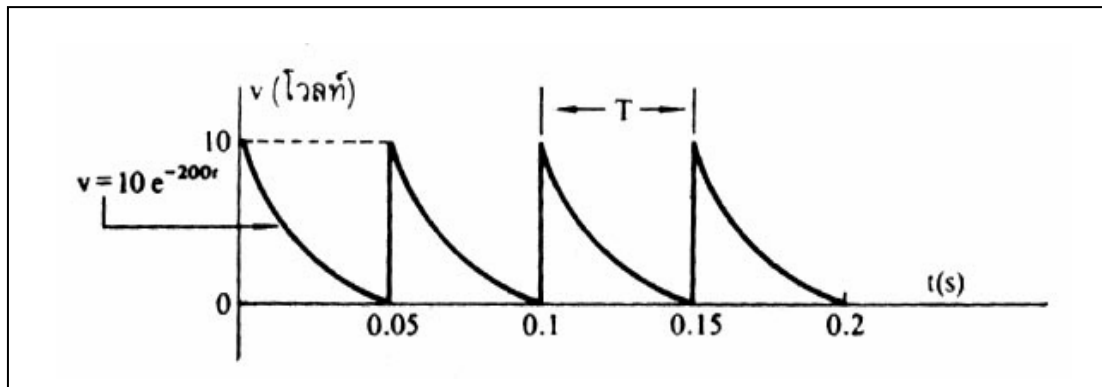
ที่มา : ไมตรี วรฤทธิจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 23.

ข้อที่ 2 จากรูปคลื่นของแรงดัน $v(t)$ ที่กำหนด มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส ค่าเฉลี่ย ค่า rms และ พอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่นเมื่อคาบเวลา $T = 0.2$ s



ที่มา : ไมตรี วรฤทธิจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 63.

ข้อที่ 3 จากรูปคลื่นของแรงดัน จงหาค่าเฉลี่ย ค่า rms และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น เมื่อคาบเวลา $T = 0.04$ s



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). วิทยุวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 74.

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ผักผ่อนด้วยตัวเอง

ผู้เรียนคิดคำตอบด้วยตัวเองโดยใช้ความรู้เรื่องแคลคูลัส(อนุพันธ์และปริพันธ์) คณิตศาสตร์พื้นฐาน (พีชคณิต จำนวนและการดำเนินการ ฟังก์ชันชี้กำลังและฟังก์ชันลอการิทึม) มาใช้ในการหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น

ขั้นที่ 3 ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้

ผู้สอนสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับสูตรการหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น เช่น

$$v(t) = R i(t)$$

$$p = vi$$

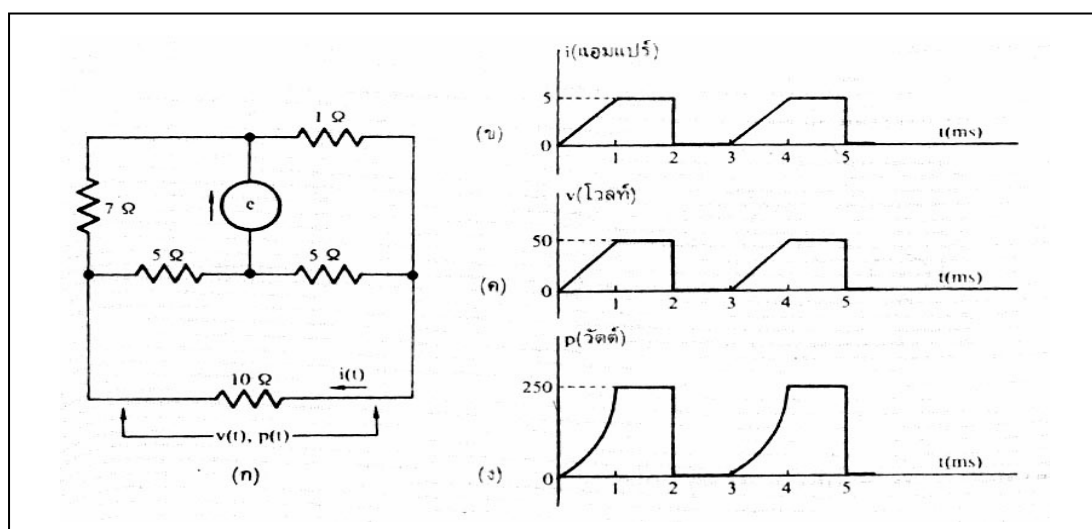
$$\text{ฟอร์มแฟคเตอร์} = \frac{V_{rms}}{V_{av}}$$

และการพิจารณา u เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้สูตรการหาอนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต ฟังก์ชันชี้กำลังและฟังก์ชันลอการิทึม

ขั้นที่ 4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ผู้สอนเลือกผู้เรียนให้นำเสนอคำตอบ กรณีที่ได้รับคำตอบที่ต่างกันก็ร่วมกันหาข้อผิดพลาด เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบคำตอบทั้งหมดด้วยตัวเองจากเฉลยใบงาน 20 ซึ่งมีรายละเอียด เช่น

ข้อที่ 1 จากรูปที่กำหนด เมื่อฟังก์ชันของกระแส $i(t)$ ซึ่งไหลผ่านความต้านทาน $10\ \Omega$ มีลักษณะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมคางหมู จงหาค่าของแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ที่เกิดขึ้นที่ความต้านทาน $10\ \Omega$



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 23.

วิธีทำ จากวงจรในรูปจะได้ว่าที่ $0 < t < 1\text{ ms}$, $i = \frac{5}{1 \times 10^{-3}}t = 5 \times 10^3 t$ แอมแปร์

จะได้ค่าของแรงดันและกำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ คือ

$$v(t) = R i(t) = (10)(5 \times 10^3 t) = 50 \times 10^3 t \text{ โวลต์}$$

$$p = vi = (50 \times 10^3 t)(5 \times 10^3 t) = 250 \times 10^6 t^2 \text{ วัตต์}$$

ที่ $1 < t < 2\text{ ms}$, $i = 5$ แอมแปร์ จะได้ค่าของแรงดันและกำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ คือ

$$v(t) = R i(t) = (10)(5) = 50 \text{ โวลต์}$$

$$p = vi = (50)(5) = 250 \text{ วัตต์}$$

$$\text{และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คือ } P = \frac{1}{3 \times 10^{-3}} \left[\int_0^{1 \times 10^{-3}} (250 \times 10^6 t^2) dt + \int_{1 \times 10^{-3}}^{2 \times 10^{-3}} (250) dt \right] \text{ ----- (1)}$$

พิจารณา $\int_0^{1 \times 10^{-3}} (250 \times 10^6 t^2) dt$

จากสูตร $\int a du = a \int du$ จะได้ว่า $\int (250 \times 10^6 t^2) dt$ หมายถึง $a = 250 \times 10^6$

ดังนั้น $\int (250 \times 10^6 t^2) dt = (250 \times 10^6) \int t^2 dt$

จากสูตร $\int u^n du = \frac{u^{n+1}}{n+1} + c$ จะได้ว่า $\int (t^2) dt$ หมายถึง $u = t \rightarrow du = dt, n = 2$

ดังนั้น $(250 \times 10^6) \int t^2 dt = 250 \times 10^6 \left(\frac{t^{2+1}}{2+1} \right) + c_1 = (250 \times 10^6) \left(\frac{t^3}{3} \right) + c_1$

ดังนั้นจะได้ $\int_0^{1 \times 10^{-3}} (250 \times 10^6 t^2) dt = (250 \times 10^6) \left[\frac{t^3}{3} \right]_0^{1 \times 10^{-3}}$

$$= \frac{250 \times 10^6}{3} \left[(1 \times 10^{-3})^3 - (0)^3 \right]$$

$$= \frac{250 \times 10^6}{3} (1 \times 10^{-9}) \text{ ----- (2)}$$

พิจารณา $\int_{1 \times 10^{-3}}^{2 \times 10^{-3}} (250) dt$

จากสูตร $\int a du = a \int du$ จะได้ว่า $\int (250) dt$ หมายถึง $a = 250$

ดังนั้น $\int (250) dt = 250 \int dt$

จากสูตร $\int dx = x + c$ จะได้ว่า $\int dt$ หมายถึง $x = t$

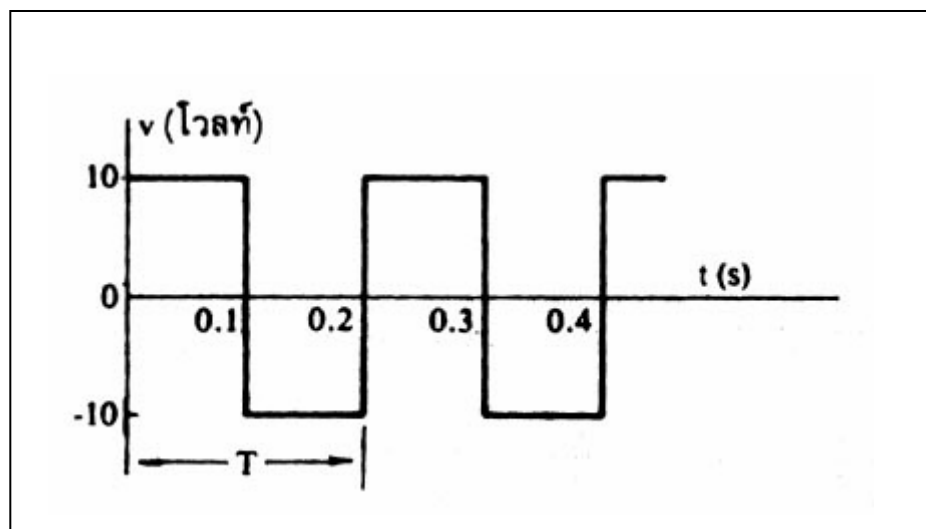
ดังนั้น $250 \int dt = 250t + c_2$ หรือ $\int (250) dt = 250t + c_2$

ดังนั้นจะได้ $\int_{1 \times 10^{-3}}^{2 \times 10^{-3}} (250) dt = 250 \left[t \right]_{1 \times 10^{-3}}^{2 \times 10^{-3}} = 250 \left[(2 \times 10^{-3}) - (1 \times 10^{-3}) \right]$

$$= 250 \times 10^{-3} \text{ ----- (3)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า (2) และ (3) ใน (1); } P &= \frac{1}{3 \times 10^{-3}} \left[\int_0^{1 \times 10^{-3}} (250 - 10^6 t^2) dt + \int_{1 \times 10^{-3}}^{2 \times 10^{-3}} (250) dt \right] \\
 &= \frac{1}{3 \times 10^{-3}} \left\{ \left[\frac{250 \times 10^6}{3} (1 \times 10^{-9}) \right] + (250 \times 10^{-3}) \right\} \\
 &= \left(\frac{250 \times 10^{-3}}{3 \times 3 \times 10^{-3}} \right) + \left(\frac{250 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-3}} \right) \\
 &= 27.77777778 + 83.33333333 \text{ W} \\
 &= 111.1111111 \text{ W} \simeq 11.11 \text{ W} \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

ข้อที่ 2 จากรูปคลื่นของแรงดัน $v(t)$ ที่กำหนด มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส ค่า rms และพอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่นเมื่อคาบเวลา $T = 0.2 \text{ s}$



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 63.

วิธีทำ จากวงจรในรูปจะได้ว่าที่ $0 < t < 0.1 \text{ s}$, $v = 10 \text{ โวลต์}$
 และที่ $0.1 < t < 0.2 \text{ s}$, $v = -10 \text{ โวลต์}$

เนื่องจากรูปคลื่นอยู่ในลักษณะสมมาตรการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นจะพิจารณาเฉพาะครึ่ง
ไซเคิลบวก

$$V_{av} = \frac{1}{0.1} \left[\int_0^{0.1} (10) dt \right] \text{ ----- (1)}$$

พิจารณา $\int_0^{0.1} (10) dt$

จากสูตร $\int a du = a \int du$ จะได้ว่า $\int (10) dt$ หมายถึง $a = 10$

ดังนั้น $\int (10) dt = 10 \int dt$

จากสูตร $\int dx = x + c$ จะได้ว่า $\int dt$ หมายถึง $x = t$

ดังนั้น $10 \int dt = 10t + c_1$ หรือ $\int (10) dt = 10t + c_1$

ดังนั้นจะได้ $\int_0^{0.1} (10) dt = 10 [t]_0^{0.1} = 10 (0.1 - 0) = 1 \text{ ----- (2)}$

แทนค่า (2) ใน (1); $\frac{1}{0.1} \left[\int_0^{0.1} (10) dt \right] = \frac{1}{0.1} (1) = 10 \text{ V ----- (3)}$

$$V_{rms}^2 = \frac{1}{0.2} \left[\int_0^{0.1} (10^2) dt + \int_{0.1}^{0.2} (10^2) dt \right] \text{ ----- (4)}$$

พิจารณา $\int_0^{0.1} (10^2) dt$

$$\int_0^{0.1} (10^2) dt = \int_0^{0.1} (100) dt$$

จากสูตร $\int a du = a \int du$ จะได้ว่า $\int (100) dt$ หมายถึง $a = 100$ ดังนั้น $\int (100) dt = 100 \int dt$

จากสูตร $\int dx = x + c$ จะได้ว่า $\int dt$ หมายถึง $x = t$ ดังนั้น $100 \int dt = 100t + c_2$

หรือ $\int (100) dt = 100t + c_2$

ดังนั้นจะได้ $\int_0^{0.1} (10^2) dt = 100 [t]_0^{0.1} = 100 (0.1 - 0) = 10 \text{ ----- (5)}$

พิจารณา $\int_{0.1}^{0.2} (10^2) dt$

$$\int_{0.1}^{0.2} (10^2) dt = \int_{0.1}^{0.2} (100) dt$$

จากสูตร $\int a du = a \int du$ จะได้ว่า $\int (100) dt$

หมายถึง $a = 100$ ดังนั้น $\int (100) dt = 100 \int dt$

จากสูตร $\int dx = x + c$ จะได้ว่า $\int dt$ หมายถึง $x = t$ ดังนั้น $100 \int dt = 100t + c_3$

หรือ $\int (100) dt = 100t + c_3$

$$\text{ดังนั้นจะได้ } \int_{0.1}^{0.2} (10^2) dt = 100 [t]_{0.1}^{0.2} = 100(0.2 - 0.1) = 10 \quad \text{----- (6)}$$

$$\text{แทนค่า (5) และ (6) ใน (4); } \frac{1}{0.2} \left[\int_0^{0.1} (10^2) dt + \int_{0.1}^{0.2} (10^2) dt \right] = \frac{1}{0.2} [10 + 10] = 100$$

$$\text{ดังนั้นจะได้ } V_{\text{rms}} = \sqrt{100} \text{ V} = 10 \text{ V} \quad \text{----- (7)}$$

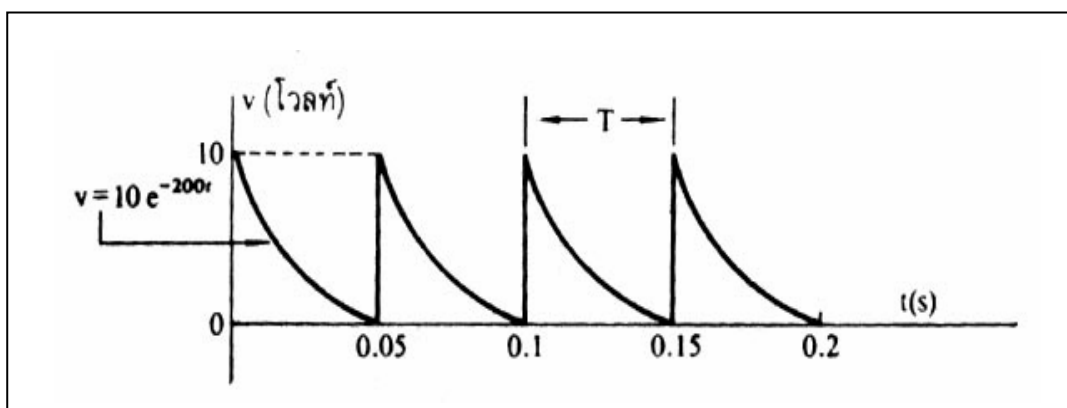
$$\text{ฟอร์มแฟคเตอร์} = \frac{V_{\text{rms}}}{V_{\text{av}}} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ V}} = 1 \quad \text{----- (8)}$$

สรุป จาก (2), (7) และ (8) จะได้

$$V_{\text{av}} = 10 \text{ V}, \quad V_{\text{rms}} = 10 \text{ V} \quad \text{และฟอร์มแฟคเตอร์} = 1 \quad \text{ตอบ}$$

ข้อที่ 3 จากรูปคลื่นของแรงดัน จงหาค่าเฉลี่ย ค่า rms และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น ถ้าในคาบแรก

$$v = 10 e^{-200t} \text{ โวลต์}$$



ที่มา : ไมตรี วรฤทธิจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 74.

วิธีทำ $V_{av} = \frac{1}{0.05} \left[\int_0^{0.05} 10e^{-200t} dt \right] \text{ ----- (1)}$

พิจารณา $\int_0^{0.05} 10e^{-200t} dt$

จากสูตร $\int a du = a \int du$ จะได้ว่า $\int 10e^{-200t} dt$ หมายถึง $a = 10$

ดังนั้น $\int 10e^{-200t} dt = 10 \int e^{-200t} dt$

จากสูตร $\int e^u du = e^u + c$

จะได้ว่า $\int e^{-200t} dt$ หมายถึง $u = -200t \rightarrow du = d(-200t) = -200 dt$

ดังนั้น $\int e^{-200t} dt = \frac{-1}{200} \int e^{-200t} (-200 dt)$
 $= \frac{-1}{200} \int e^{-200t} d(-200t) = \frac{-1}{200} [e^{-200t} + c_1]$

ดังนั้นจะได้ $\int_0^{0.05} 10e^{-200t} dt = \frac{-10}{200} [e^{-200t}]_0^{0.05} = (-0.05) [e^{-200(0.05)} - e^{-200(0)}]$
 $= (-0.05) [e^{-10} - e^0] =$

$(-0.05) [4.539992976 \times 10^{-5} - 1]$
 $\simeq (-0.05) (0 - 1) \simeq 0.05 \text{ ----- (2)}$

แทนค่า (2) ใน (1); $\frac{1}{0.05} \left[\int_0^{0.05} 10e^{-200t} dt \right] \simeq \frac{1}{0.05} [0.05] \simeq 1 \text{ V ----- (3)}$

$V_{rms}^2 = \frac{1}{0.05} \left[\int_0^{0.05} (10e^{-200t})^2 dt \right] = \frac{1}{0.05} \left[\int_0^{0.05} 100e^{-400t} dt \right] \text{ ----- (4)}$

พิจารณา $\int_0^{0.05} 100e^{-400t} dt$

จากสูตร $\int a du = a \int du$ จะได้ว่า $\int 100e^{-400t} dt$ หมายถึง $a = 100$

ดังนั้น $\int 100e^{-400t} dt = 100 \int e^{-400t} dt$

จากสูตร $\int e^u du = e^u + c$ จะได้ว่า $\int e^{-400t} dt$

หมายถึง $u = -400t \rightarrow du = d(-400) = -400 dt$

$$\text{ดังนั้น } \int e^{-400t} dt = \frac{-1}{400} \int e^{-400t} (-400 dt) = \frac{-1}{400} \int e^{-400t} d(400t)$$

$$= \frac{-1}{400} e^{-400t} + c_2 \text{ ----- (5)}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นจะได้ } \frac{1}{0.05} \left[\int_0^{0.05} 100e^{-400t} dt \right] &= \frac{1}{0.05} \left\{ \frac{-100}{400} \left[e^{-400(0.05)} - e^{-400(0)} \right] \right\} \\ &= \frac{1}{0.05} \left\{ \frac{-100}{400} \left[e^{-20} - e^{-0} \right] \right\} = (-5)(e^{-20} - 1) \\ &= (-5)(2.061153622 \times 10^{-9} - 1) \simeq (-5)(0 - 1) \simeq 5 \text{ --- (6)} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้นจะได้ } V_{\text{rms}} \simeq \sqrt{5} \text{ V} \simeq 2.236067977 \text{ V} \simeq 2.24 \text{ V} \text{ ----- (7)}$$

$$\text{ฟอร์มเฟคเตอร์} = \frac{V_{\text{rms}}}{V_{\text{av}}} \simeq \frac{\sqrt{5} \text{ V}}{1 \text{ V}} \simeq 2.236067977 \simeq 2.24 \text{ ----- (8)}$$

สรุป จาก (3), (7) และ (8);

จะได้ $V_{av} \simeq 1 \text{ V}$, $V_{rms} \simeq 2.24 \text{ V}$ และฟอร์มแฟคเตอร์ $\simeq 2.24$

ตอบ

ขั้นที่ 5 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปทฤษฎีที่ได้จากการเรียนรู้

ผู้เรียนร่วมกันสรุปโดยมีผู้สอนให้ข้อเสนอแนะ ให้ผู้เรียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง เกี่ยวกับการหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น

เช่น $v(t) = R i(t)$

$$p = vi$$

เมื่อ $v(t)$ คือ แรงดัน มีหน่วยเป็นโวลท์

p คือ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ มีหน่วยเป็นวัตต์

$$\text{ฟอร์มแฟคเตอร์} = \frac{V_{rms}}{V_{av}}$$

บททวนสูตรการหาอนุพันธ์ (อนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต อนุพันธ์ของฟังก์ชันชี้กำลัง อนุพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ) และสูตรการหาปริพันธ์ (ปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต ปริพันธ์ของฟังก์ชันชี้กำลัง ปริพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม ปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ)

อนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต

(Derivative of Algebraic Functions)

1. $\frac{dc}{dx} = 0$

2. $\frac{dx}{dx} = 1$

3. $\frac{d}{dx}(u \pm v) = \frac{du}{dx} \pm \frac{dv}{dx}$

4. $\frac{d}{dx} cu = c \frac{du}{dx}$

5. $\frac{d}{dx} u^n = nu^{n-1} \frac{du}{dx}$

6. $\frac{d}{dx} uv = u \frac{dv}{dx} + v \frac{du}{dx}$

7. $\frac{d}{dx} \frac{u}{v} = \frac{v \frac{du}{dx} - u \frac{dv}{dx}}{v^2}$

อนุพันธ์ของฟังก์ชันชี้กำลัง

(Derivative of Exponential Functions)

1. $\frac{d}{dx} a^u = a^u \ln a \frac{du}{dx}$

2. $\frac{d}{dx} e^u = e^u \frac{du}{dx}$

3. $\frac{d}{dx} u^v =$

อนุพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม

(Derivative of Logarithmic Functions)

1. $\frac{d}{dx} \ln u = \frac{1}{u} \frac{du}{dx}$

2. $\frac{d}{dx} \log_a u = \frac{1}{\log_a e} \frac{du}{dx}$

อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ

(Derivative of Trigonometric Function)

1. $\frac{d}{dx} \sin u = \cos u \frac{du}{dx}$

2. $\frac{d}{dx} \cos u = -\sin u \frac{du}{dx}$

3. $\frac{d}{dx} \tan u = \sec^2 u \frac{du}{dx}$

4. $\frac{d}{dx} \cot u = -\operatorname{cosec}^2 u \frac{du}{dx}$

5. $\frac{d}{dx} \sec u = \sec u \tan u \frac{du}{dx}$

ปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต

(Integration of Algebraic Functions)

1. $\int 0 du = c$

2. $\int a du = a \int du$

3. $\int dx = x + c$

4. $\int u^n du = \frac{u^{n+1}}{n+1} + c; n \neq -1$

ปริพันธ์ของฟังก์ชันชี้กำลัง

(Integration of Exponential Functions)

1. $\int a^u du = \frac{a^u}{\ln a} + c$

2. $\int e^u du = e^u + c$

ปริพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม

(Integration of Logarithmic Function)

ปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ
(Integration of Trigonometric Functions)

$$1. \int \sin u \, du = -\cos u + c$$

$$2. \int \cos u \, du = \sin u + c$$

$$3. \int \sec^2 u \, du = \tan u + c$$

$$4. \int \csc^2 u \, du = -\cot u + c$$

$$5. \int \sec u \tan u \, du = \sec u + c$$

$$6. \int \csc u \cot u \, du = -\csc u + c$$

$$7. \int \tan u \, du = \ln |\sec u| + c$$

$$8. \int \cot u \, du = \ln |\sin u| + c$$

$$9. \int \sec u \, du = \ln |\sec u + \tan u| + c$$

$$10. \int \csc u \, du = \ln |\csc u - \cot u| + c$$

ชั้นที่ 6 ประเมินผล

ผู้สอนประเมิน

1. ใบง

ขณะ

ใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น

2. การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลจากการทำงานที่มอบหมายหรือผลสำเร็จของงาน

จากเกณฑ์

4 หมายถึง ดีมาก

3 หมายถึง ดี

2 หมายถึง พอใช้

1 หมายถึง ปรับปรุง

กิจกรรมผู้เรียน

(t) กำลังไฟฟ้าที่

กิจกรรม 2 เวลา 120 นาที

2. ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

2.3 การประยุกต์ใช้แคลคูลัสในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

2.3.1 การหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้า

เฉลี่ย P ค่า

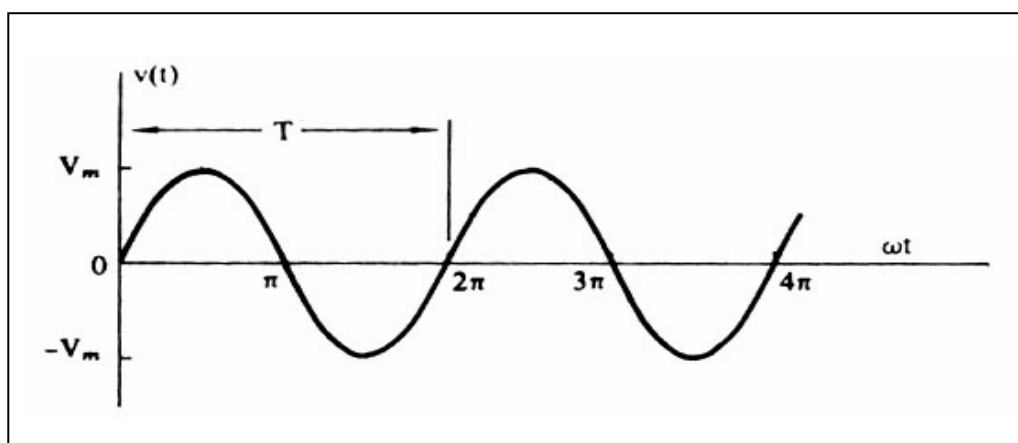
V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น

ขั้นที่ 1 ผู้สอนกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมให้ผู้เรียน

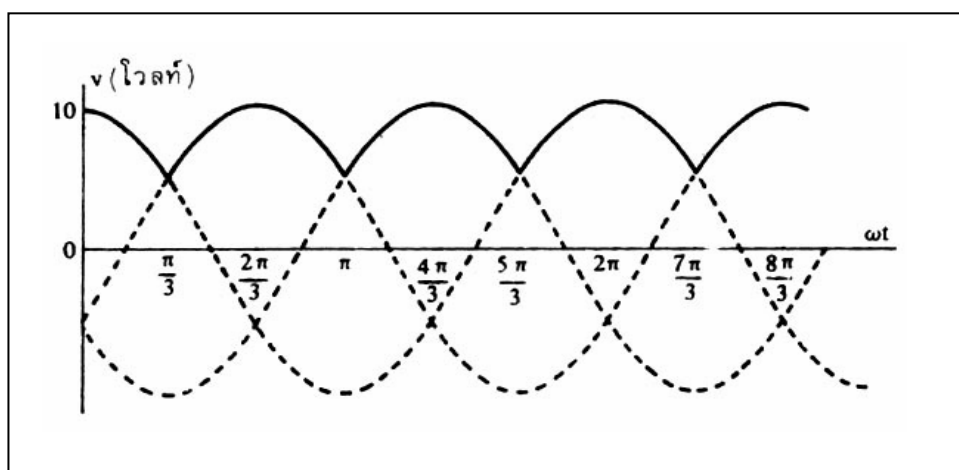
ผู้สอนแจกใบงาน 21 ให้กับผู้เรียน

ข้อที่ 1 จากรูปที่กำหนด เมื่อ $v(t) = V_m \sin \omega t$ จงหาค่าเฉลี่ยและค่า rms ของฟังก์ชันดังกล่าวใน
ระยะ

คาบ T



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). วิทยุวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 83.
ข้อที่ 2 จากรูปที่กำหนด รูปคลื่นที่แสดงจากการเรคตเพเออร์แบบครึ่งคลื่นจากวงจรระบบสามเฟส
จงหาค่าเฉลี่ย ค่า rms และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). วิทยุวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 93.

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา ฝึกฝนด้วยตัวเอง

ผู้เรียนคิดคำตอบด้วยตัวเองโดยใช้ความรู้เรื่องแคลคูลัส(อนุพันธ์และปริพันธ์) คณิตศาสตร์พื้นฐาน (พีชคณิต จำนวนและการดำเนินการ ฟังก์ชันกำลังและฟังก์ชันลอการิทึม) มาใช้ในการหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น

ขั้นที่ 3 ผู้สอนให้แรงกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้

ผู้สอนสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับสูตรการหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้า

เฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น เช่น

$$v(t) = R i(t)$$

$$p = vi$$

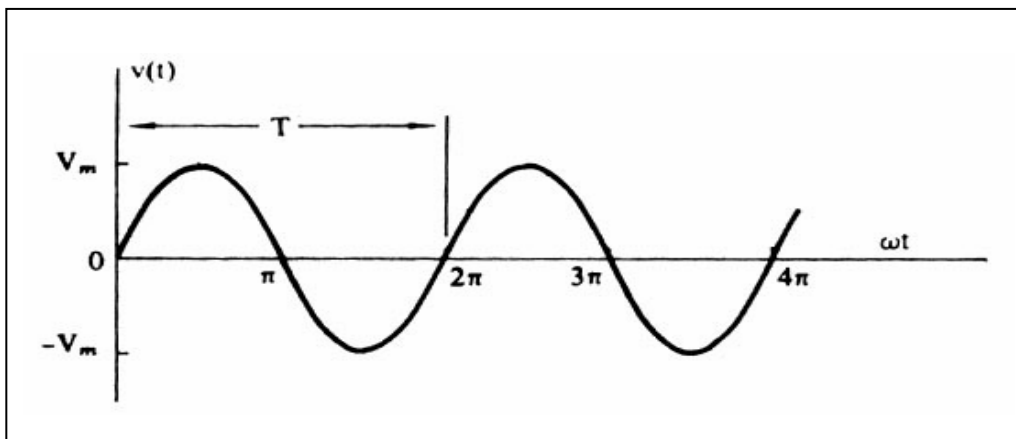
$$\text{ฟอร์มเฟคเตอร์} = \frac{V_{rms}}{V_{av}}$$

และการพิจารณา u เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้สูตรการหาอนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต ฟังก์ชันกำลังและฟังก์ชันลอการิทึม

ขั้นที่ 4 ผู้เรียนนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ผู้สอนเลือกผู้เรียนให้นำเสนอคำตอบ กรณีที่ได้รับคำตอบที่ต่างก็ร่วมกันหาข้อผิดพลาดเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบคำตอบทั้งหมดด้วยตัวเองจากเฉลยใบงาน 21 ซึ่งมีรายละเอียด เช่น

ข้อที่ 1 จากรูปที่กำหนด เมื่อ $v(t) = V_m \sin \omega t$ จงหาค่าเฉลี่ยและค่า rms ของฟังก์ชันดังกล่าว ในระยะคาบ T



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 83.

วิธีทำ $V_{av} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{2\pi} V_m \sin \omega t \, d(\omega t) \right] = \frac{V_m}{2\pi} \left[\int_0^{2\pi} \sin \omega t \, d(\omega t) \right] \text{ ----- (1)}$

พิจารณา $\int_0^{2\pi} \sin \omega t \, d(\omega t)$

จากสูตร $\int \sin u \, du = -\cos u + c$ จะได้ว่า $\int \sin \omega t \, d(\omega t)$ หมายถึง $u = \omega t \rightarrow du = d(\omega t)$

ดังนั้น $\int \sin \omega t \, d(\omega t) = -\cos(\omega t) + c_1$

และจะได้ $\int_0^{2\pi} \sin \omega t \, d(\omega t) = [-\cos(\omega t)]_0^{2\pi} = -[\cos(\omega t)]_0^{2\pi}$

$= -[\cos(2\pi) - \cos(0)] = -[(1) - 1] = 0 \text{ ----- (2)}$

แทนค่า (2) ใน (1); $\frac{V_m}{2\pi} \left[\int_0^{2\pi} \sin \omega t \, d(\omega t) \right] = \frac{V_m}{\pi} (0) = 0 \text{ ----- (3)}$

$V_{rms}^2 = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{2\pi} (V_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) \right] = \frac{V_m^2}{2\pi} \left[\int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t \, d(\omega t) \right] \text{ ----- (4)}$

พิจารณา $\int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t \, d(\omega t)$

จากสูตรตรีโกณมิติเบื้องต้น $\sin^2 A = \frac{1}{2}(1 - \cos 2A)$ ดังนั้น $\sin^2 \omega t = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega t)$

จะได้ว่า $\int \sin^2 \omega t \, d(\omega t) = \int \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega t) \, d(\omega t) = \frac{1}{2} \int (1 - \cos 2\omega t) \, d(\omega t)$

$$= \frac{1}{2} \left[\int (1) d(\omega t) - \int (\cos 2\omega t) d(\omega t) \right] \text{ ----- (5)}$$

พิจารณา $\int (1) d(\omega t)$

$$\int (1) d(\omega t) = \int d(\omega t)$$

จากสูตร $\int dx = x + c$ จะได้ว่า $\int dt$ หมายถึง $x = \omega t$

$$\text{ดังนั้น } \int d(\omega t) = \omega t + c_2 \text{ ----- (6)}$$

พิจารณา $\int (\cos 2\omega t) d(\omega t)$

$$\text{จากสูตร } \int \cos u \, du = \sin u + c$$

$$\text{ดังนั้น } \int (\cos 2\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2} \int (\cos 2\omega t) 2d(\omega t) = \frac{1}{2} \int (\cos 2\omega t) d(2\omega t)$$

$$\text{ซึ่ง } \frac{1}{2} \int (\cos 2\omega t) d(2\omega t) \text{ หมายถึง } u = 2\omega t \rightarrow du = d(2\omega t) = 2 d(\omega t)$$

$$\text{จะได้ } \frac{1}{2} \int (\cos 2\omega t) d(2\omega t) = \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) + c_3 \text{ ----- (7)}$$

แทนค่า (6) และ (7) ใน (5);

$$\frac{1}{2} \left[\int (1) d(\omega t) - \int (\cos 2\omega t) d(\omega t) \right] = \frac{1}{2} \left[(\omega t + c_2) - \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) + c_3 \right]$$

$$\text{หรือ } \int \sin^2 \omega t \, d(\omega t) = \frac{1}{2} \left[(\omega t + c_2) - \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) + c_3 \right]$$

$$\text{และจะได้ว่า } \frac{V_m^2}{2\pi} \left[\int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t \, d(\omega t) \right] = \frac{V_m^2}{2\pi} \left\{ \frac{1}{2} \left[\omega t - \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) \right]_0^{2\pi} \right\}$$

$$= \frac{V_m^2}{2\pi} \left\{ \left[2\pi - \frac{1}{2} (\sin 4\pi) \right] - \left[0 - \frac{1}{2} (\sin 0) \right] \right\}$$

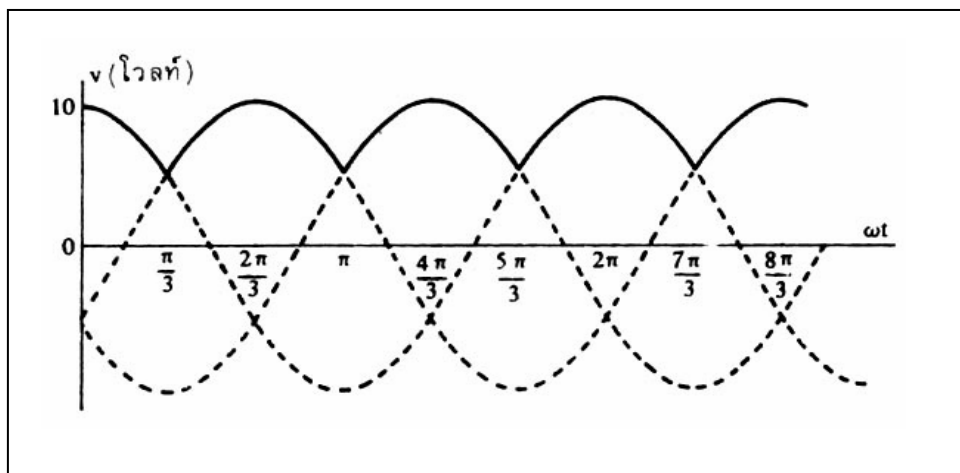
$$= \frac{V_m^2}{4\pi} [(2\pi - 0) - (0 - 0)] = \frac{V_m^2}{4\pi} [2\pi]$$

$$= \frac{V_m^2}{2} \text{ ----- (8)}$$

$$\text{ดังนั้นจะได้ } V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707106781 V_m \simeq 0.71 V_m \text{ ----- (9)}$$

สรุป จาก (3) และ (9) จะได้ $V_{\text{av}} = 0$ และ $V_{\text{rms}} \simeq 0.71 V_m$ ตอบ

ข้อที่ 2 จากรูปที่กำหนด รูปคลื่นที่ได้จากการเรคตีไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจากวงจรระบบสามเฟส
จงหาค่าเฉลี่ย ค่า rms และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 93.

วิธีทำ จากวงจรในรูปจะได้ว่าที่ $0 < \omega t < \frac{\pi}{3}$, $v = 10 \cos \omega t$ โวลต์

$$V_{\text{av}} = \frac{1}{\pi/3} \left[\int_0^{\pi/3} 10 \cos \omega t \, d(\omega t) \right] = \frac{10}{\pi/3} \left[\int_0^{\pi/3} \cos \omega t \, d(\omega t) \right] \text{ ----- (1)}$$

พิจารณา $\int_0^{\pi/3} \cos \omega t \, d(\omega t)$

จากสูตร $\int \cos u \, du = \sin u + c$ จะได้ว่า $\int \cos \omega t \, d(\omega t)$ หมายถึง $u = \omega t \rightarrow du = d(\omega t)$

ดังนั้น $\int \cos \omega t \, d(\omega t) = \sin(\omega t) + c_1$

$$\begin{aligned} \text{และจะได้ } \int_0^{\pi/3} \cos \omega t \, d(\omega t) &= [\sin(\omega t)]_0^{\pi/3} = \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) - \sin(0) \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} - 0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ ----- (2)} \end{aligned}$$

แทนค่า (2) ใน (1);

$$\frac{10}{\pi/3} \left[\int_0^{\pi/3} \cos \omega t \, d(\omega t) \right] = \frac{10}{\pi/3} \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \right] = 8.269933431 \simeq 8.27 \, \text{V} \quad \text{----- (3)}$$

$$V_{\text{rms}}^2 = \frac{1}{\pi/3} \left[\int_0^{\pi/3} (10 \cos \omega t)^2 d(\omega t) \right] = \frac{100}{\pi/3} \left[\int_0^{\pi/3} (\cos^2 \omega t) d(\omega t) \right] \quad \text{----- (4)}$$

พิจารณา $\int_0^{\pi/3} (\cos^2 \omega t) d(\omega t)$

จากสูตรตรีโกณมิติเบื้องต้น $\cos^2 A = \frac{1}{2}(1 + \cos 2A)$ ดังนั้น $\cos^2 \omega t = \frac{1}{2}(1 + \cos 2\omega t)$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ว่า } \int \cos^2 \omega t \, d(\omega t) &= \int \frac{1}{2}(1 + \cos 2\omega t) \, d(\omega t) = \frac{1}{2} \int (1 + \cos 2\omega t) \, d(\omega t) \\ &= \frac{1}{2} \left[\int (1) \, d(\omega t) + \int (\cos 2\omega t) \, d(\omega t) \right] \quad \text{----- (5)} \end{aligned}$$

พิจารณา $\int (1) \, d(\omega t)$

$$\int (1) \, d(\omega t) = \int d(\omega t)$$

จากสูตร $\int dx = x + c$ จะได้ว่า $\int dt$ หมายถึง $x = \omega t$

ดังนั้น $\int d(\omega t) = \omega t + c_2 \quad \text{----- (6)}$

พิจารณา $\int (\cos 2\omega t) \, d(\omega t)$

จากสูตร $\int \cos u \, du = \sin u + c$

ดังนั้น $\int (\cos 2\omega t) \, d(\omega t) = \frac{1}{2} \int (\cos 2\omega t) \, 2 \, d(\omega t) = \frac{1}{2} \int (\cos 2\omega t) \, d(2\omega t)$

ซึ่ง $\int (\cos 2\omega t) \, d(2\omega t)$ หมายถึง $u = 2\omega t \rightarrow du = d(2\omega t) = 2 \, d(\omega t)$

จะได้ $\frac{1}{2} \int (\cos 2\omega t) \, d(2\omega t) = \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) + c_3 \quad \text{----- (7)}$

แทนค่า (6) และ (7) ใน (5);

$$\frac{1}{2} \left[\int (1) \, d(\omega t) + \int (\cos 2\omega t) \, d(\omega t) \right] = \frac{1}{2} \left[(\omega t + c_2) + \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) + c_3 \right]$$

หรือ $\int \cos^2 \omega t \, d(\omega t) = \frac{1}{2} \left[(\omega t + c_2) + \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) + c_3 \right] = \frac{1}{2} \left[\omega t + \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) \right] + c_4$

$$\begin{aligned}
\text{และจะได้ว่า } \frac{100}{\pi/3} \left[\int_0^{\pi/3} (\cos^2 \omega t) d(\omega t) \right] &= \frac{300}{\pi} \left\{ \frac{1}{2} \left[\omega t + \frac{1}{2} (\sin 2\omega t) \right]_0^{\pi/3} \right\} \\
&= \frac{150}{\pi} \left\{ \left[\frac{\pi}{3} + \frac{1}{2} \left[\sin 2\left(\frac{\pi}{3}\right) \right] \right] - \left[0 + \frac{1}{2} (\sin 0) \right] \right\} \\
&= \frac{150}{\pi} \left\{ \left[\frac{\pi}{3} + \frac{1}{2} \sin \left(\frac{2\pi}{3} \right) \right] - [0 + 0] \right\} \\
&= \frac{150}{\pi} [1.047197551 + 0.433012701] \\
&= 70.67483357 \simeq 70.67
\end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้นจะได้ } V_{\text{rms}} \simeq \sqrt{70.67} \simeq 8.406545069 \simeq 8.41 \text{ ----- (8)}$$

$$\text{ฟอร์มแฟคเตอร์} = \frac{V_{\text{rms}}}{V_{\text{av}}} \simeq \frac{\sqrt{70.67} \text{ V}}{8.27 \text{ V}} \simeq 1.016510891 \simeq 1.02 \text{ ----- (9)}$$

สรุป จาก (3); (8) และ (9) จะได้

$$V_{\text{av}} = 8.27 \text{ V}, V_{\text{rms}} \simeq 8.41 \text{ V} \text{ และฟอร์มแฟคเตอร์} \simeq 1.02 \quad \text{ตอบ}$$

ขั้นที่ 5 ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปยุทธวิธีที่ได้จากการเรียนรู้

ผู้เรียนร่วมกันสรุปโดยมีผู้สอนให้ข้อเสนอแนะ นำให้ผู้เรียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง เกี่ยวกับการหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น

เช่น $v(t) = R i(t)$

$$p = vi$$

$$\text{ฟอร์มแฟคเตอร์} = \frac{V_{\text{rms}}}{V_{\text{av}}}$$

เมื่อ $v(t)$ คือ แรงดัน มีหน่วยเป็นโวลท์

p คือ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ มีหน่วยเป็นวัตต์

ทบทวนสูตรการหาอนุพันธ์ (อนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต อนุพันธ์ของฟังก์ชันชี้กำลัง อนุพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ) และสูตรการหาปริพันธ์ (ปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต ปริพันธ์ของฟังก์ชันชี้กำลัง ปริพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม ปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ)

อนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต

(Derivative of Algebraic Functions)

$$1. \frac{dc}{dx} = 0$$

$$2. \frac{dx}{dx} = 1$$

$$3. \frac{d}{dx}(u \pm v) = \frac{du}{dx} \pm \frac{dv}{dx}$$

$$4. \frac{d}{dx} cu = c \frac{du}{dx}$$

$$5. \frac{d}{dx} u^n = n u^{n-1} \frac{du}{dx}$$

$$6. \frac{d}{dx} uv = u \frac{dv}{dx} + v \frac{du}{dx}$$

$$7. \frac{d}{dx} \frac{u}{v} = \frac{1}{v^2} \left[v \frac{du}{dx} - u \frac{dv}{dx} \right]$$

อนุพันธ์ของฟังก์ชันชี้กำลัง

(Derivative of Exponential Functions)

$$1. \frac{d}{dx} a^u = a^u \ln a \frac{du}{dx}$$

$$2. \frac{d}{dx} e^u = e^u \frac{du}{dx}$$

$$3. \frac{d}{dx} u^v = v u^{v-1} \frac{du}{dx} + u^v \ln u \frac{dv}{dx}$$

อนุพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม

(Derivative of Logarithmic Functions)

$$1. \frac{d}{dx} \ln u = \frac{1}{u} \frac{du}{dx}$$

$$2. \frac{d}{dx} \log_a u = \frac{1}{u} \log_a e \frac{du}{dx}$$

อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ
(Derivative of Trigonometric Function)

$$1. \frac{d}{dx} \sin u = \cos u \frac{du}{dx}$$

$$2. \frac{d}{dx} \cos u = -\sin u \frac{du}{dx}$$

$$3. \frac{d}{dx} \tan u = \sec^2 u \frac{du}{dx}$$

$$4. \frac{d}{dx} \cot u = -\operatorname{cosec}^2 u \frac{du}{dx}$$

ปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต
(Integration of Algebraic Functions)

$$1. \int 0 \, du = c$$

$$2. \int a \, du = a \int du$$

$$3. \int dx = x + c$$

$$4. \int u^n \, du = \frac{u^{n+1}}{n+1} + c; n \neq -1$$

$$5. \int (du \pm dv) = \int (du) \pm \int (dv)$$

ปริพันธ์ของฟังก์ชันชี้กำลัง
(Integration of Exponential Functions)

$$1. \int a^u \, du = \frac{a^u}{\ln a} + c$$

$$2. \int e^u \, du = e^u + c$$

ปริพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม
(Integration of Logarithmic Function)

$$1. \int \frac{1}{u} \, du = \ln |u| + c$$

ปริพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ

(Integration of Trigonometric Functions)

$$1. \int \sin u \, du = -\cos u + c$$

$$2. \int \cos u \, du = \sin u + c$$

$$3. \int \sec^2 u \, du = \tan u + c$$

$$4. \int \csc^2 u \, du = -\cot u + c$$

$$5. \int \sec u \tan u \, du = \sec u + c$$

$$6. \int \csc u \cot u \, du = -\csc u + c$$

$$7. \int \tan u \, du = \ln |\sec u| + c$$

$$8. \int \cot u \, du = \ln |\sin u| + c$$

$$9. \int \sec u \, du = \ln |\sec u + \tan u| + c$$

$$10. \int \csc u \, du = \ln |\csc u - \cot u| + c$$

ขั้นที่ 6 ประเมินผลตามสภาพจริง

ผู้สอนประเมินผลผู้เรียนจากการตอบคำถามในใบงาน 20 และการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน

1. ใบงาน 21 ผู้เรียนจะผ่านการเรียนรู้ถ้าสามารถหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่
ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น

2. การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลจากการทำงานที่มีอุปมา/ผลสำเร็จของงาน จากเกณฑ์

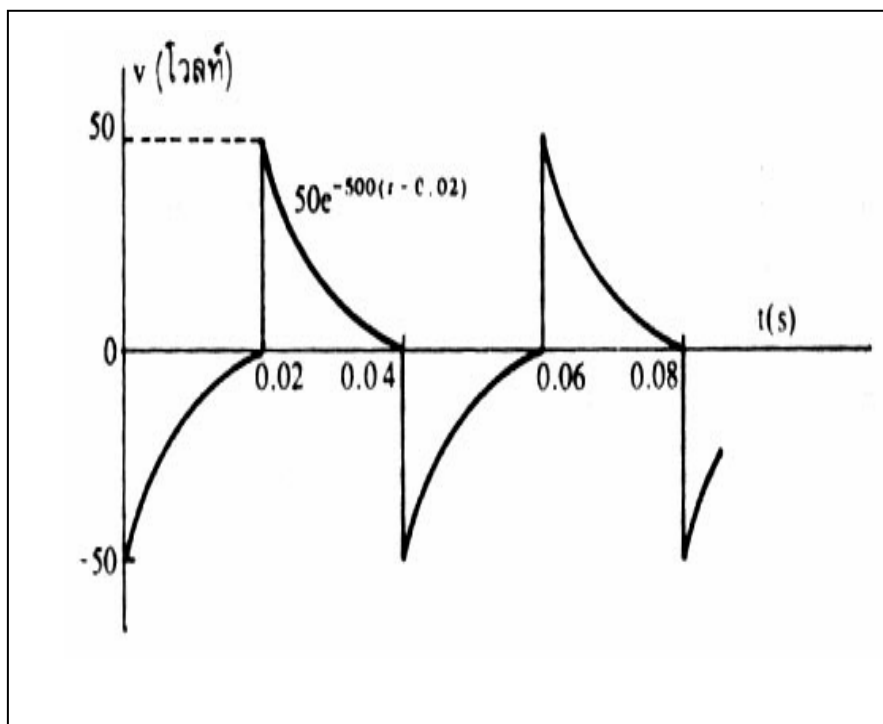
- 4 หมายถึง ดีมาก
- 3 หมายถึง ดี
- 2 หมายถึง พอใช้
- 1 หมายถึง ปรับปรุง

กิจกรรม 3 เวลา 120 นาที

ผู้สอนแจกแบบทดสอบ 10 ให้ผู้เรียน แบบทดสอบ 10 มีจำนวน 3 ข้อ เวลา 30 นาที คะแนนเต็ม 30 คะแนน

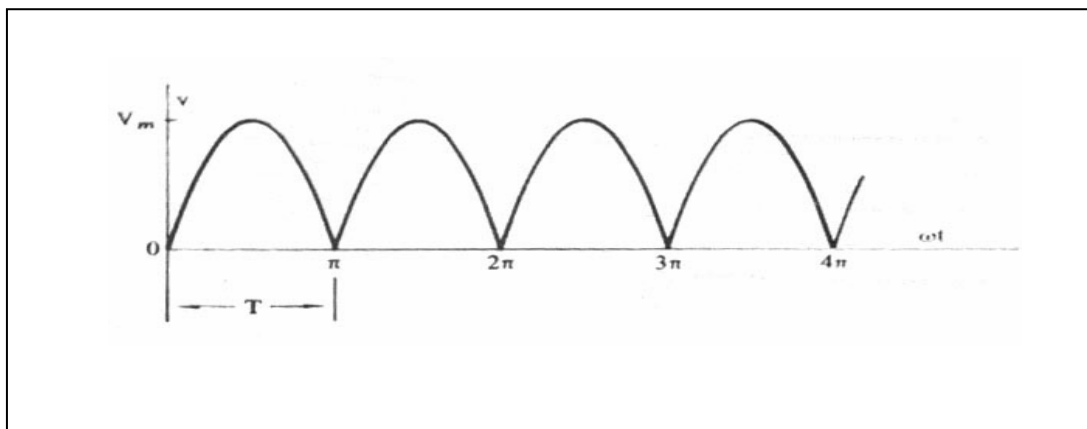
ข้อที่ 1 จากรูปคลื่นของแรงดันจงหาค่าเฉลี่ย ค่า rms และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น เมื่อคาบเวลา

$T = 0.04 \text{ s}$



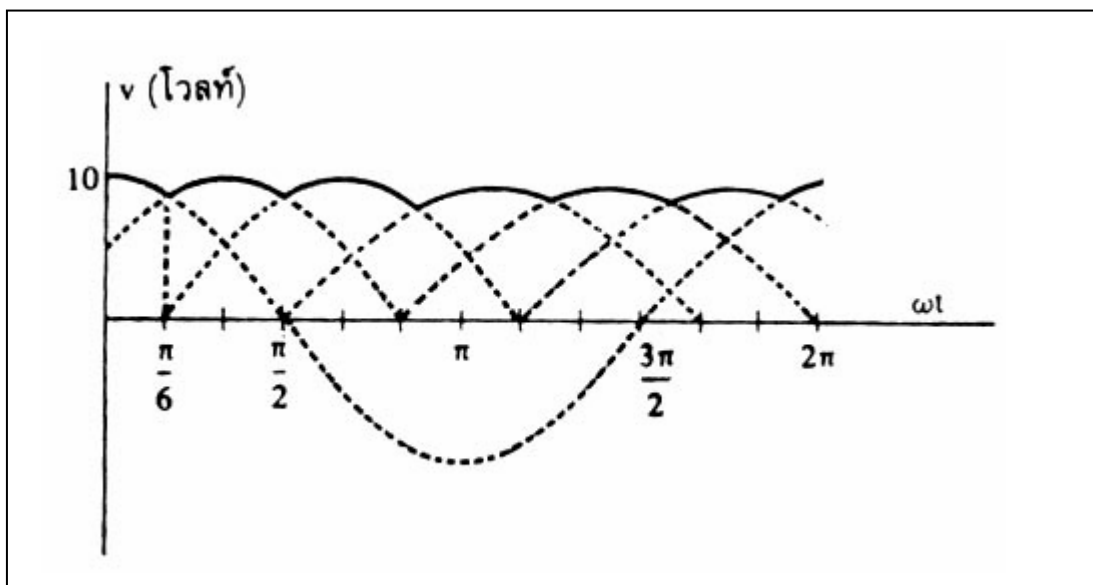
ที่มา : ไมตรี วรวิมลจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 78.

ข้อที่ 2 จากรูปที่กำหนด จงหาค่าเฉลี่ยและค่า rms ของรูปคลื่นซายน์ที่ได้จากการเรคตีไฟเออร์แบบเต็มคลื่น เมื่อระยะคาบ $T = \pi$



ที่มา : ไมตรี วรอุดมจิรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 85.

ข้อที่ 3 จากรูปที่กำหนด รูปคลื่นที่ได้จากการเรคตีไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจากวงจรระบบหกเฟส จงหาค่าเฉลี่ยค่า rms และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น



ที่มา : ไมตรี วรอุดมจิรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 94.

6. สื่อการเรียนรู้

ใบงาน 20 เฉลยใบงาน 20

ใบงาน 21 เฉลยใบงาน 21

แบบทดสอบ 10 เฉลยแบบทดสอบ 10

หนังสือวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2

หนังสือวิชาวงจรไฟฟ้า

7. การวัดและประเมินผล

ผู้เรียนจะผ่านการเรียนรู้ถ้าสามารถ

1. คำนวณหาค่าแรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าที่ขณะใดๆ $p(t)$ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ค่า V_{av} ค่า V_{rms} และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่นที่กำหนดใบงาน 20 และใบงาน 21 ได้
2. ผ่านการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแบบทดสอบ 10 ถ้าไม่ผ่านผู้เรียนจะต้องหาเวลาทบทวนและกลับมาทำการทดสอบจนกว่าจะผ่าน

แบบทดสอบก่อนเรียน	หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล.....แผนกวิชา เลขที่

คำชี้แจง แบบทดสอบมีจำนวน 5 ข้อ เวลา 60 นาที คะแนนเต็ม 60 คะแนน

1. กำหนดให้ R คือ ความต้านทานที่มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω) จงสร้างเมตริกซ์ $R_{2 \times 4}$ จากเงื่อนไข

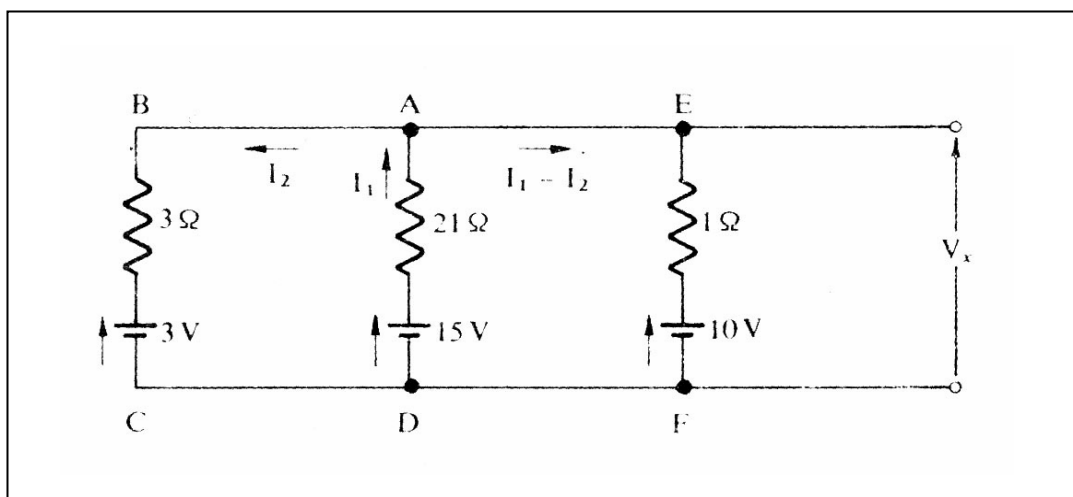
$$r_{ij} = (2i + j)^2$$

2. กำหนด $A = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 1 & -1 \\ 0 & 4 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 3 & 1 & -2 \\ -2 & -4 & 0 \end{bmatrix}$ จงหา $(AB)^T$

3. กำหนด $A = \begin{bmatrix} \sin \theta & \cos \theta \\ -\cos \theta & \sin \theta \end{bmatrix}$ จงหา $\det A$

4. กำหนด $A = \begin{bmatrix} 4 & -9 \\ 0 & 6 \end{bmatrix}$ จงหา A^{-1}

5. จากรูปวงจรไฟฟ้า จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. หน้า 20.

แบบทดสอบหลังเรียน	หน่วยที่ 1 ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์กับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล.....แผนกวิชา เลขที่

คำชี้แจง แบบทดสอบมีจำนวน 5 ข้อ เวลา 60 นาที คะแนนเต็ม 60 คะแนน

1. กำหนดให้ R คือ ความต้านทานที่มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω) จงสร้างเมตริกซ์ $R_{3 \times 2}$ จากเงื่อนไข

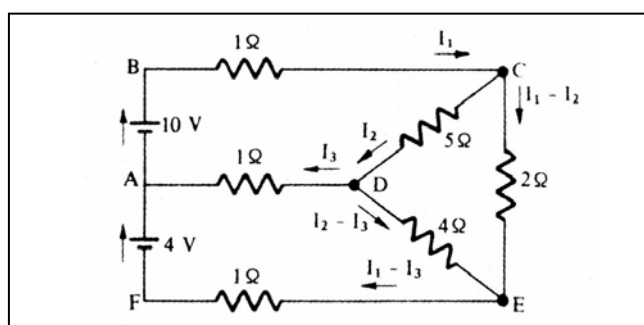
$$r_{ij} = (i - 2j)^2$$

2. กำหนด $I = \begin{bmatrix} 13 \text{ A} \\ 10 \text{ A} \\ 1 \text{ A} \end{bmatrix}$ และ $R = \begin{bmatrix} 0 \Omega & 1 \Omega & 0 \Omega \\ 2 \Omega & -2 \Omega & 0 \Omega \\ 2 \Omega & -2 \Omega & 4 \Omega \end{bmatrix}$ จงหา V จาก $V = RI$

3. กำหนด $A = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \\ -1 & 3 & 1 \end{bmatrix}$ จงหา $\det(A)$

4. กำหนด $A = \begin{bmatrix} \tan \theta & -\sec \theta \\ \sec \theta & -\tan \theta \end{bmatrix}$ จงหา A^{-1}

5. จากรูปวงจรไฟฟ้า จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว



ที่มา : ไมตรี วรวิจิตรพยากรณ์ (2545). ทฤษฎี

แบบทดสอบก่อนเรียน	หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล.....แผนกวิชา เลขที่

คำชี้แจง แบบทดสอบมีจำนวน 5 ข้อ เวลา 60 นาที คะแนนเต็ม 60 คะแนน

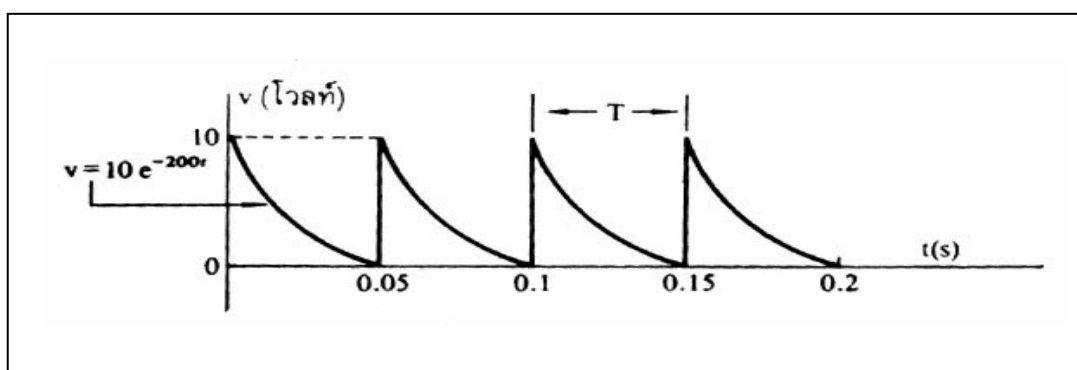
1. จงหา $\frac{ds}{dt}$ เมื่อกำหนดให้ $s = \sqrt{t^2 - 1}$

2. จงหา $\frac{ds}{dt}$ เมื่อกำหนดให้ $s = \tan^{-1} 3t$

3. จงหาค่า $\int \frac{t^2}{e^{t^3} - 4} dt$

4. จงหาค่า $\int \sin^2 t dt$

5. จากรูปคลื่นของแรงดัน จงหาค่าเฉลี่ย ค่า rms และฟอร์มแฟคเตอร์ของรูปคลื่น ถ้าในคาบแรก
 $v = 10 e^{-200t}$ โวลต์



ที่มา : ไมตรี วรภูมิจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 74.

แบบทดสอบหลังเรียน	หน่วยที่ 7 ความสัมพันธ์ของแคลคูลัสกับคณิตศาสตร์พื้นฐานและการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล.....แผนกวิชา เลขที่

คำชี้แจง แบบทดสอบมีจำนวน 5 ข้อ เวลา 60 นาที คะแนนเต็ม 60 คะแนน

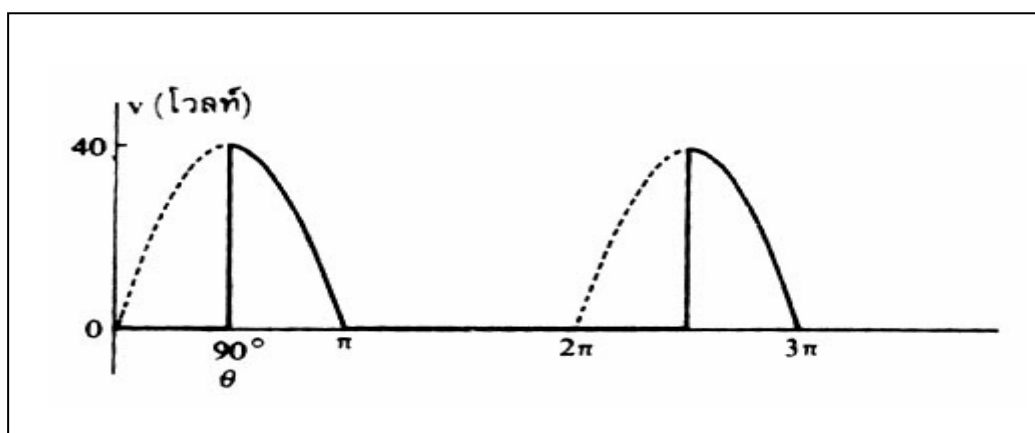
1. จงหา $\frac{ds}{dt}$ เมื่อกำหนดให้ $s = \frac{2}{\sqrt{t}} + \frac{6}{\sqrt[3]{t}} - \frac{2}{\sqrt{t^3}}$

2. จงหา $\frac{ds}{dt}$ เมื่อกำหนดให้ $s = \ln \cos^2 3t$

3. จงหาค่า $\int \frac{dt}{t \ln t}$

4. จงหาค่า $\int (\tan t - 1)^2 dt$

5. จากรูปที่กำหนด รูปคลื่นซายน์ที่ได้จากการเรคตีไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น ถัดมาหาค่าเฉลี่ย ค่า rms และฟอร์มเฟคเตอร์ของรูปคลื่น



ที่มา : ไมตรี วรภูมิจรรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 5. หน้า 89.

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวทักษิณา เครือหงส์
วันเดือนปีเกิด	10 ธันวาคม 2511
สถานที่เกิด	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 346 ซอยกรุงธนพัฒนา ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงบางอ้อ เขตบางพลัด กรุงเทพฯ (10700) โทร. 02 – 4245837
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ ระดับ 7
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาคณิตศาสตร์
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2523	ประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนวัดสามัคคีสุทธาวาส
พ.ศ. 2526	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนสตรีนนทบุรี
พ.ศ. 2529	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม
พ.ศ. 2533	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติ) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2541	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. 2550	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ