



การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ โดยใช้การ
จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์

A STUDY OF MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITIES ON DIFFERENTIAL
EQUATIONS BY USING A LEARNING MANAGEMENT OF KWDL TECHNIQUE FOR
UNDERGRADUATE MATHEMATICS MAJOR STUDENTS

ปรางค์ตร รัตโนส

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาศาสมานารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ โดย
ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชา
คณิตศาสตร์



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

A STUDY OF MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITIES ON
DIFFERENTIAL EQUATIONS BY USING A LEARNING MANAGEMENT OF
KWDL TECHNIQUE FOR UNDERGRADUATE MATHEMATICS MAJOR
STUDENTS



PRANGCHUT RATTANOSOT

A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for MASTER OF EDUCATION (Mathematics)
Faculty of Science Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ โดยใช้การ
จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์

ของ

ปรางค์ตร รัตโนสถ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(อาจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสวาลัย) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธวรรณ ศรี
ภิรมย์ สิรินิลกุล)

ชื่อเรื่อง	การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์
ผู้วิจัย	ปรางค์ตร รัตโนสถ
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สุกัญญา หะยีสานและ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา คณ 211 (สมการเชิงอนุพันธ์) ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร ประจำปีการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 31 คน ด้วยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง(Purpose sampling) ผู้วิจัยดำเนินการทดลองโดยให้นิสิตกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 4 แผน แต่ละแผนใช้เวลา 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที เนื้อหาเรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ประกอบด้วยเนื้อหาย่อย ได้แก่ บทนิยามของผลการแปลงลาปลาซ ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ ผลการแปลงลาปลาซผกผัน และการแก้สมการเชิงอนุพันธ์และระบบสมการเชิงอนุพันธ์ด้วยการแปลงลาปลาซ การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ประเมินจากคะแนนการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ส่วนการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ประเมินจากการทำแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ผลการวิจัยพบว่า นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนิสิตกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์, สมการเชิงอนุพันธ์, นิสิตระดับปริญญาตรี, การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL, ความพึงพอใจ

Title	A STUDY OF MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITIES ON DIFFERENTIAL EQUATIONS BY USING A LEARNING MANAGEMENT OF KWDL TECHNIQUE FOR UNDERGRADUATE MATHEMATICS MAJOR STUDENTS
Author	PRANGCHUT RATTANOSOT
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Dr. Sukanya Hajisalah

The purposes of this research were as follows: (1) to study the problem-solving abilities of undergraduate students on differential equations using learning management; and (2) to investigate their satisfaction levels towards learning management through the application of the KWDL technique in the main framework to design activities for learning management on some topics of differential equations, including the definition of the Laplace transform, the Laplace transform of the special functions, the inverse Laplace transform, solving differential equations and a differential equations system with a Laplace transform. The population consisted of thirty-one students who were second-year undergraduates majoring in mathematics at Srinakharinwirot University in Bangkok, Thailand, during the second semester of the 2018 academic year took part in this study. They were recruited using a purposive sampling technique. The learning management included four instructional plans, which were divided into three periods of fifty minutes each. The researcher taught the participants according to this plan. At the end of studying learning management, the subjects were assigned to take an exam to assess their problem-solving abilities on the topics of differential equations and to complete questionnaires to evaluate their satisfaction levels towards learning management. The findings revealed the following: (1) after being taught the topic of differential equations via the designed learning management, over sixty percent of the undergraduate students gained problem-solving abilities and satisfied the set criterion of 60, at a statistically significant level of .05; and (2) the mean score of the satisfaction of the students towards learning management was at a "high" level.

Keyword : Problem-solving abilities, Differential equations, Undergraduate students, KWDL technique, Satisfaction

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร. สุกัญญา หะยีสระ และ อาจารย์ ดร. ขวัญ เพียซ้าย ที่ปรึกษาควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย ตลอดจนแก้ไขปริญญานิพนธ์เล่มนี้อย่างละเอียดมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล ที่กรุณาร่วมเป็นคณะกรรมการสอบปากเปล่า และให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์ของปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปัญญวัฒน์ หาษา และอาจารย์ ดร.ธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณหัวหน้าภาควิชา คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาคณิตศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และขอบคุณนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้กำลังใจและกำลังใจทรัพย์สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด และขอบคุณนิสิตปริญญาโท และปริญญาเอก สาขาคณิตศาสตร์ รวมถึงทุกคนที่ให้กำลังใจเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัย

ปรางฉัตร รัตโนสถ

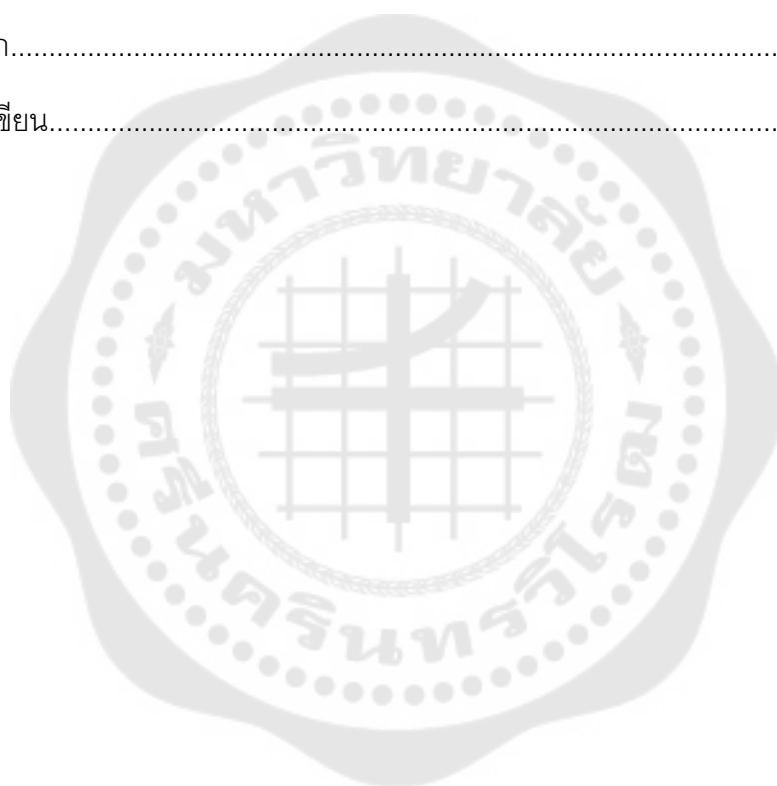
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	4
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	4
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	5
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	5
ตัวแปรที่ศึกษา	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
สมมติฐานในการวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
ตอนที่ 1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	9

1.1 ความหมายของปัญหาและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	9
1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์	10
1.3 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	11
1.4 แนวทางในการส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	13
1.5 การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	14
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
งานวิจัยในประเทศ	19
งานวิจัยต่างประเทศ	21
ตอนที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL	22
2.1 ความเป็นมาของเทคนิค KWDL	22
2.2 ความหมายของเทคนิค KWDL	23
2.3 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL	24
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
งานวิจัยในประเทศ	28
งานวิจัยต่างประเทศ	29
ตอนที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ	30
3.1 ความหมายของความพึงพอใจ	30
3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ	31
3.3 การวัดความพึงพอใจ	32
3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	35
1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	35
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	35

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	35
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	35
1. แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	35
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	37
3. แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	40
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล	41
แบบแผนการวิจัย	41
การดำเนินการทดลอง	42
4. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	43
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	44
ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์	44
1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	44
1.2 การทดสอบสมมติฐาน.....	45
ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	46
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	50
ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป	50
ความมุ่งหมาย	50
สมมติฐานของการวิจัย	50

ขอบเขตการวิจัย.....	50
วิธีการดำเนินการวิจัย	51
สรุปผลการวิจัย.....	53
อภิปรายผลการวิจัย	53
ข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม	58
ภาคผนวก.....	64
ประวัติผู้เขียน.....	141



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา และจำนวนคาบ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	5
ตาราง 2 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบวิเคราะห์	17
ตาราง 3 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบองค์รวม	18
ตาราง 4 แผนผัง KWDL	26
ตาราง 5 การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ ตามขั้นตอน KWDL	37
ตาราง 6 แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Posttest-Only Design	41
ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบทดสอบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับ ปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่เป็นกลุ่มทดลอง	44
ตาราง 8 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยวิจัยที่ว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชา คณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวน นิสิตทั้งหมด	45
ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบวัดความ พึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	47
ตาราง 10 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	69
ตาราง 11 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	71
ตาราง 12 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์	74
ตาราง 13 คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง	77

ตาราง 14 การทดสอบทวินาม (Binomial Test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์.....	78
--	----



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
ภาพประกอบ 2 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต.....	13
ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างแบบตรวจสอบรายการ	15



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัญหาในทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ รวมทั้งปรากฏการณ์ทางธรรมชาติสามารถทำความเข้าใจหรืออธิบายได้โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงประยุกต์ ซึ่งปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งมักเกี่ยวข้องกับอัตราการเปลี่ยนแปลง เช่น อัตราการเปลี่ยนแปลงประชากร อัตราการสลายตัวของกัมมันตรังสี อัตราเร็วของวัตถุเคลื่อนที่ เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้นักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงอนุพันธ์ในการอธิบาย และหาผลเฉลยของสมการดังกล่าว (สุพจน์ ไวทยางกูร, 2550) ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านปัญหาในชีวิตจริง กลไกที่ซับซ้อนมักจะเกี่ยวข้องกับระบบปฏิสัมพันธ์ทางพลวัตที่ซับซ้อนของกระบวนการทางฟิสิกส์ ซึ่งระบบเหล่านี้สามารถอธิบายได้ด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ สมการเชิงอนุพันธ์ส่วนหนึ่งอาจจะไม่สามารถหาผลเฉลยชัดเจนได้ ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาวิธีแก้ปัญหาลำดับเลขโดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงอนุพันธ์ หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ ช่วยในการแก้ปัญหา

สมการเชิงอนุพันธ์ (Differential equations) เป็นเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยทำให้เราเข้าใจถึงปัญหาหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ลึกซึ้งลงไปอีกระดับหนึ่ง ลึกลงไปจากความคิดของคนทั่วไปที่จะสามารถคิดได้ การอธิบายเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เหล่านั้น ถูกเรียกว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical models) ซึ่งส่วนมากจะอยู่ในรูปของสมการเชิงอนุพันธ์ ตัวอย่างเช่น การหาความชันในวิชาเรขาคณิต การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตเมื่อเทียบกับจำนวนสินค้าที่ผลิต เป็นต้น (ปราโมทย์ เดชะอำไพ, 2555; ปรียา ชุมทรัพย์, 2550; สุพจน์ ไวทยางกูร, 2550) สมการเชิงอนุพันธ์จำแนกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ และสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ซึ่งปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนส่วนใหญ่ในเชิงปฏิบัติมักถูกควบคุมหรือเกี่ยวข้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ซึ่งสามารถหาคำตอบหรือผลเฉลยได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข เช่น โครงสร้างรถยนต์ เป็นต้น ส่วนสมการเชิงอนุพันธ์สามัญเป็นสมการที่เราศึกษากันในชั้นเรียนสามารถหาคำตอบหรือผลเฉลยได้ง่ายกว่ามาก (ปราโมทย์ เดชะอำไพ, 2555) เมื่อกล่าวถึงการหาคำตอบหรือผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์ที่มีซับซ้อน วิธีการหนึ่งที่นักคณิตศาสตร์นิยมใช้หรือแม้กระทั่งครูที่สอนในระดับอุดมศึกษานำมาใช้สอนให้กับนักศึกษา คือ การแปลงลาปลาซ (Laplace Transform) ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีสมบัติหลายอย่างที่น่าสนใจและมีประโยชน์

ในการช่วยแก้สมการเชิงอนุพันธ์ การแปลงลาปลาซจะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาระบบสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นด้วยค่าสัมประสิทธิ์คงตัว สำหรับวิธีการแปลงลาปลาซนี้ปัญหาค่าเริ่มต้นจะถูกแปลงเป็นสมการทางพีชคณิตหรือระบบสมการที่สามารถหาผลเฉลยได้ด้วยวิธีการทางพีชคณิต และตารางผลการแปลงลาปลาซ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการแก้ปัญหสมการเอกซ์โพเนนเชียล โดยใช้ความรู้เรื่องลอการิทึม (Finizio & Ladas, 1982)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าสมการเชิงอนุพันธ์เป็นเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญโดยเฉพาะกับผู้เรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูง ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจสามารถนำความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงอนุพันธ์ไปใช้แก้ปัญหาได้ แต่การจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสมการเชิงอนุพันธ์ที่ผ่านมายังมีปัญหา ดังเช่นโซเชอร์และคณะ (Czocher & Tague, 2016) พบว่า ครูผู้สอนจำนวนมากที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนการสอนและออกแบบการสอนในชั้นเรียนเรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ หรือวิทย์แมนน์ และแบล็ค (Wittmann & Black, 2015) พบว่า ผู้เรียนยังมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้ความรู้ทางด้านพีชคณิตในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์แบบแยกตัวแปรได้ หรือธนะศักดิ์ หมวกทองกลาง (2557) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคำตอบของสมการเชิงอนุพันธ์บางสมการหรือการพิสูจน์ว่าคำตอบมีอยู่จริงนั้นเป็นเรื่องที่ซับซ้อน ดังนั้นการหาวิธีการหรือเทคนิคในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเป็นเรื่องที่สำคัญ

เทคนิค KWDL (Shaw & et al., 1997) เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ครูสามารถนำมาพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนได้ ซึ่งพัฒนามาจากเทคนิค KWL ของโอเกิล (Ogle, 1986) ที่ใช้ในการสอนและฝึกทักษะทางการอ่าน โดยที่ K (Know) หมายถึง รู้อะไรบ้างจากเรื่องที่อ่าน หรือหัวเรื่องที่กำหนด W (Want to know) หมายถึง ต้องการรู้อะไรเพิ่มเติมจากเรื่องที่อ่านต่อไป และ L (Learned) หมายถึง เกิดการเรียนรู้อะไรบ้าง ในปีต่อมา คาร์และโอเกิล (Carr & Ogle, 1987) ได้พัฒนาเทคนิค KWL เป็น KWL Plus โดยยังคงสาระเดิมไว้ที่แตกต่างคือ มีการเพิ่มเติมการทำแผนผัง มโนทัศน์ การสรุปเรื่องราวที่อ่านเมื่อจบกระบวนการ KWL และมีการนำเสนอเรื่องจากผังซึ่งเป็นการพัฒนาทักษะการเขียนและพูดนอกเหนือไปจากทักษะการฟังและการอ่าน โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการสอนทักษะภาษา แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในวิชาอื่น ๆ ได้ เช่น วิชาสังคมศึกษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นต้น (วัชรเลาเรียนดี, 2560) ในปี ค.ศ.1997 ชอว์และคณะ (Shaw & et al., 1997) อาจารย์มหาวิทยาลัยมิสซิสซิปปี ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเทคนิค KWDL มาใช้ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน (Cooperative Learning) มาผสมผสานในกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การดำเนินการตาม

ขั้นตอน KWDL จะช่วยชี้แนะแนวทางในการอ่าน และหาคำตอบของคำถามสำคัญต่าง ๆ จากเรื่องนั้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการสร้างความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL มี 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอน K (What we know) รู้อะไรหรือใจหยาบอะไรบ้าง ขั้นตอน W (What we want) เราต้องการรู้ต้องการทราบอะไร หรือใจหยาบให้หาอะไร มีวิธีการ อย่างไร ใช้วิธีการอะไรบ้าง ขั้นตอน D (What we do) เราทำอะไร อย่างไร ขั้นตอน L (What we learned) เราเรียนรู้อะไร หรือคำตอบที่ได้ และบอกวิธีคิดคำตอบอย่างไร

จากแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ตามทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและหลากหลายยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของชอร์และคณะ (Shaw & et al., 1997) ที่ศึกษาการเรียนแบบร่วมมือในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยเทคนิค KWDL กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL มีคะแนนในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติ นอกจากนี้ งานวิจัยของเนตรนรินทร์ พิมละมาศ (2549) และศิริพัฒน์ คงศักดิ์ (2550) ยังพบว่า เมื่อนำเทคนิค KWDL มาใช้ในการสอนการแก้โจทย์ปัญหา โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนที่ความสามารถต่างกัน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่านที่ยืนยันว่าการนำเทคนิค KWDL มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนมีผลดีต่อการเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน เช่น งานวิจัยของเสาวนีย์ บุญแก้ว (2554) ซึ่งได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดี หรืองานวิจัยของจักรพงษ์ ผิวนวนว (2556) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดีมาก ทำนองเดียวกับงานวิจัยของ รุจิธร รักใหม่ (2557) ที่ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม ด้วยเทคนิค KWDL สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีพัทลุง จังหวัดพัทลุง ที่ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้เรียนระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษา ผู้วิจัยจึงสนใจนำเทคนิค KWDL มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนระดับอุดมศึกษา และจากความสำคัญของสมการเชิงอนุพันธ์ที่กล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจทำการวิจัยเรื่องการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ และศึกษาความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ โดยได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางสำหรับครูคณิตศาสตร์และบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ นอกจากนี้ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางสำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ในเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องอื่น ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา คณ 211 (สมการเชิงอนุพันธ์) ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร ประจำปีการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา

2561 จำนวน 31 คน กลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหาในรายวิชา คณ 211 (สมการเชิงอนุพันธ์) ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา และจำนวนคาบ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เนื้อหา/กิจกรรม	จำนวนคาบ
1	บทนิยามของผลการแปลงลาปลาซ	3
2	ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ	3
3	ผลการแปลงลาปลาซผกผัน	3
4	การแก้สมการเชิงอนุพันธ์และระบบสมการเชิงอนุพันธ์โดยใช้การแปลงลาปลาซ	3
	รวม	12

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ทำการทดลองในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้เวลาเรียนปกติ จำนวน 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที และเวลาสำหรับการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL จำนวน 120 นาที

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ตัวแปรตาม คือ

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์
2. ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นิสิตคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ละเอียดถี่ถ้วน ทำให้นิสิตเข้าใจโจทย์ปัญหาได้อย่างชัดเจน ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

ขั้นนำ ครูนำทบทวนเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานโดยใช้การบรรยาย ใช้คำถามกระตุ้นให้นิสิตตอบคำถาม

ขั้นสอน ครูให้นิสิตแก้ปัญหาในเอกสารแนะแนวทาง โดยวิเคราะห์โจทย์และแก้ปัญหาตามเทคนิค KWDL

ขั้นที่ 1 K (What we know) นิสิตหาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 W (What we want to know) นิสิตหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ หาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 D (What we do to find out) นิสิตดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้

ขั้นที่ 4 L (What we learned) นิสิตสรุปสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นสอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดหรือไม่ และสรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

ขั้นสรุป ครูและนิสิตร่วมกันอภิปรายสาระสำคัญ

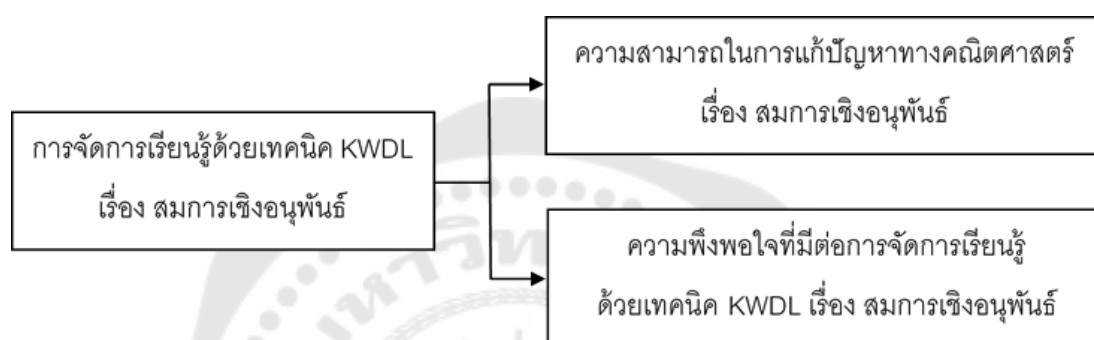
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ โดยพิจารณาคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ หมายถึง ความรู้สึกหรือความเห็นในทางบวกของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ประกอบด้วยด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และด้านผู้สอน ซึ่งประเมินจากแบบวัดความพึงพอใจ

4. เกณฑ์ร้อยละ 60 หมายถึง คะแนนจุดตัดที่กำหนดการผ่านระดับที่ยอมรับได้โดยการวิจัยครั้งนี้กำหนดเกณฑ์ที่ร้อยละ 60 หมายความว่า ถ้ารวมคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัด

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิต แล้วมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม ถือว่านิสิตคนนั้นมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

- 1.1 ความหมายของปัญหาและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 1.3 กระบวนการแก้ปัญหา
- 1.4 แนวทางในการส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 1.5 การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL

- 2.1 ความเป็นมาของเทคนิค KWDL
- 2.2 ความหมายของเทคนิค KWDL
- 2.3 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

- 3.1 ความหมายของความพึงพอใจ
- 3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
- 3.3 การวัดความพึงพอใจ
- 3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ตอนที่ 1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.1 ความหมายของปัญหาและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของ “ปัญหาทางคณิตศาสตร์” และ “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์” ไว้ดังนี้

1.1.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

เรย์ ชุยดัม และลินด์ควิสท์ (ปิยะนาถ เหมวิเศษ (2551); อ้างจาก Reys; Suydam; & Lindquist. 1995: 54) กล่าวว่า ปัญหา คือ สถานการณ์ที่ต้องการบางสิ่งบางอย่าง และไม่รู้วิธีแก้ปัญหาโดยทันที ถ้ารู้วิธีแก้ปัญหาโดยง่ายหรือรู้คำตอบโดยทันทีสิ่งนั้นก็ไม่ใช่ปัญหา

เอนก จันทรเจริญ (2545) กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง คำถามหรือสถานการณ์ที่ต้องการคำตอบ โดยที่ผู้แก้ปัญหาส่วนใหญ่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ช่วยหาคำตอบของคำถามหรือสถานการณ์นั้น ๆ

รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ และ สสวท. (Rungfa Janjaruporn, 2005; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.), 2555b) กล่าวในทำนองเดียวกันว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นในทันที

ปิยะนาถ เหมวิเศษ (2551) กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้ขั้นตอน/วิธีการที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นในทันที

ในการวิจัยครั้งนี้ ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า สถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งนักเรียนเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้ขั้นตอน/วิธีการที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นในทันที

1.1.2 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ครูลิค และ รูดนิค (Krulik & Rudnick, 1987) ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการซึ่งบุคคลใช้ทักษะและความเข้าใจที่มีอยู่ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบ ซึ่งผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์เดิม ประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ในปัญหา

สสวท. (2555b) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

ธีรพล พากเพียรกิจ (2558) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่ใช้ความรู้ ประสบการณ์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ มาค้นหาคำตอบของปัญหา

ในการวิจัยครั้งนี้ ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า กระบวนการที่ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ กระบวนการแก้ปัญหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่มาประยุกต์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ต่อไปนี้

บิทเทอร์ ฮาร์ทฟิลด์ และ เอ็ดเวิร์ดส์ (Bitter, Hatfield, & Edwards, 1989) พิจารณาจากลักษณะของปัญหา สามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problems) เป็นปัญหาที่มีคำตอบได้หลายคำตอบ ปัญหาลักษณะนี้จะมองว่ากระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญกว่าคำตอบ

2. ปัญหาให้ค้นพบ (Discovery problems) เป็นปัญหาที่มีคำตอบเดียว แต่มีวิธีการหาคำตอบหลายวิธี

3. ปัญหาแนะให้ค้นพบ (Guided discovery problems) เป็นปัญหาที่มีการแนะแนวทางให้หาคำตอบ

โพลยา (Pólya, 1957) ได้แบ่งประเภทปัญหาโดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหาออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ปัญหาให้ค้นหาคำตอบ (Problem to find an answer) เป็นปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนค้นหาคำตอบซึ่งอาจจะอยู่ในรูปปริมาณ จำนวน หรือให้หาวิธีการและคำอธิบายเหตุผล

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to prove) เป็นปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแสดงเหตุผลว่า “ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริง” หรือ “ข้อความที่กำหนดให้เป็นเท็จ”

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ตัวผู้แก้ปัญหาได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปัญหาที่คุ้นเคย และปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Rungfa Janjaruporn(2005); Citing Lester. 2001: 570; Mayer; & Hegarty. 1992: 32; NCTM. 1989: 76)

1. ปัญหาที่คุ้นเคย (Routine problems) เป็นปัญหาที่นักเรียนมีความคุ้นเคยกับโครงสร้างและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเหล่านั้น มักพบเห็นในหนังสือเรียน ส่วนมากเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนมากนัก

2. ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non routine problems) เป็นปัญหาที่นักเรียนไม่คุ้นเคยกับโครงสร้างและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา มักไม่ค่อยพบในหนังสือเรียน เมื่อเผชิญปัญหาเหล่านี้นักเรียนต้องประมวลความรู้ความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกันจึงจะแก้ปัญหาได้ ส่วนมากเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งปัญหาประเภทนี้ถูกนำมาใช้ในการประเมินกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นปัญหาให้ค้นหาคำตอบ (Problem to find an answer) และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาไม่เกินความรู้ในระดับชั้นปริญญาตรี

1.3 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่งที่นักเรียนจะต้องฝึกฝนพัฒนาให้เกิดขึ้น แต่มีนักเรียนจำนวนมากที่ไม่รู้ว่าจะต้องดำเนินการแก้ปัญหาอย่างไร หรือมีกระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร เพื่อให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูควรปลูกฝังให้นักเรียนเข้าใจ กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับกระบวนการแก้ปัญหาที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแก้ปัญหตามแนวคิดของโพลยา (Pólya, 1957) ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการแก้ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหา และตัดสินใจว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหา ซึ่งได้แก่ ตัวไม่รู้ค่า ข้อมูลและเงื่อนไข ในการทำความเข้าใจปัญหานักเรียนต้องพิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาอย่างถี่ถ้วน พิจารณาหลาย ๆ รอบ พิจารณาใน

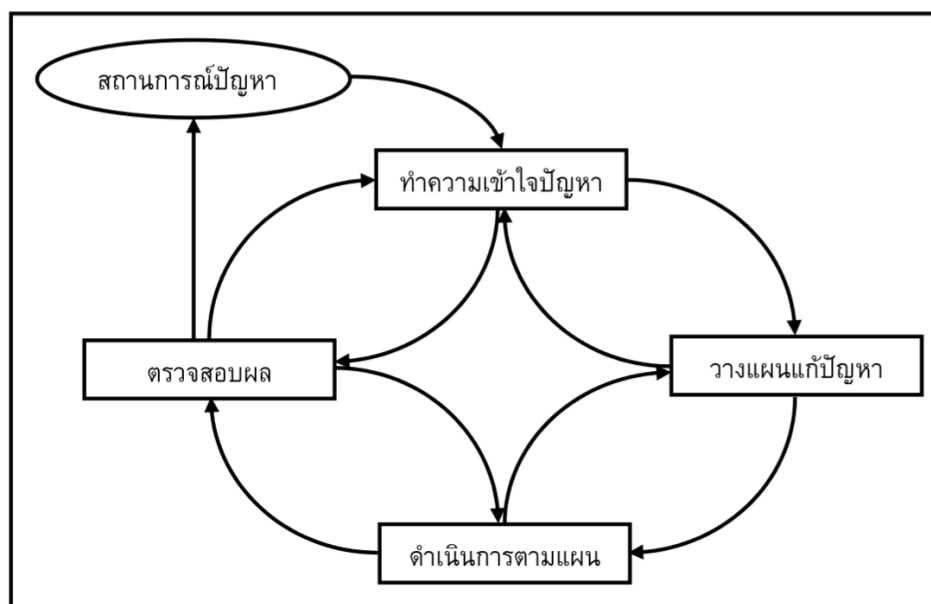
หลากหลายมุมมองหรืออาจใช้วิธีต่าง ๆ เพื่อช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ หรือการเขียนสาระของปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ปัญหา จากนั้นจึงเลือกยุทธวิธีที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจนแล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ ถ้าแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนต้องค้นหาแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มาโดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ใช้ แล้วพิจารณาว่ามีคำตอบหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาย่อยอื่นอีกหรือไม่

วิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาดาเวย์ (Wilson, Fernandez, & Hadaway, 1993) กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต (Dynamics problem-solving process) เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่สนับสนุนกระบวนการแก้ปัญหของโพลบาในรูปแบบที่แสดงความเป็นพลวัต มีลำดับไม่ตายตัว สามารถวนเวียนไปมาได้ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต

ที่ ม า : Rungfa Janjaruporn(2005). The Development of a Problem-Solving Instructional Program to Develop Preservice Teachers' Competence in Solving Mathematical Problems and Their Beliefs Related to Problem Solving. p. 15.

จากกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตในภาพประกอบ อธิบายได้ดังนี้ เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา อันดับแรกจะต้องเริ่มทำความเข้าใจกับปัญหาก่อน หลังจากนั้นวางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ จนกระทั่งหาคำตอบได้ สุดท้ายตรวจสอบผลพิจารณาความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ โดยทิศทางลูกศรนั้นเป็นการพิจารณาหรือตัดสินใจที่จะเคลื่อนการกระทำจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง หรือพิจารณาย้อนกลับไปยังขั้นตอนก่อนหน้าเมื่อมีปัญหาหรือข้อสงสัย เช่น เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจปัญหา และคิดว่ามีความเข้าใจปัญหาดีแล้ว ก็เคลื่อนการกระทำไปสู่ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา และดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้ แต่ไม่สามารถหาคำตอบได้ นักเรียนก็อาจจะย้อนกลับไปวางแผนใหม่ หรืออาจต้องกลับไปทำความเข้าใจปัญหาใหม่ เพื่อปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาให้ดีขึ้น

1.4 แนวทางในการส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางในการส่งเสริมแนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน สามารถสรุปได้เป็น 3 แนวทาง ดังนี้ (อัมพร ม้าคนอง (2559); อ้างจาก Baroody and Coslick (1993); Kilpatrick, Swafford, and Findell (2002))

1. การสอนผ่านการแก้ปัญหา (Teaching via problem solving) เป็นการสอนความรู้หรือพัฒนาทักษะใด ๆ โดยใช้ปัญหาเป็นสื่อหรือเครื่องมือในการเรียนรู้ เช่น การให้ปัญหาคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ แก้ปัญหา และเรียนรู้สิ่งใหม่

2. การสอนให้แก้ปัญหา (Teaching for problem solving) เป็นการสอนที่เน้นการฝึกให้ผู้เรียนใช้กระบวนการแก้ปัญหากับปัญหาที่หลากหลายและมีโครงสร้างแตกต่างกัน เพื่อให้เกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหามากพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้

3. การสอนกระบวนการแก้ปัญหา (Teaching about problem solving) เป็นการสอนให้ผู้เรียนเข้าใจและเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา เทคนิค และกลวิธีการแก้ปัญหา เช่น การสอนกระบวนการแก้ปัญหามาของ Polya กระบวนการแก้ปัญหา DAPIC ที่บูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า แนวทางที่ครูสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้ผู้เรียน ได้แก่ 1. การสอนผ่านการแก้ปัญหา 2. การสอนให้แก้ปัญหา 3. การสอนกระบวนการแก้ปัญหา

1.5 การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ในการประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ควรให้คะแนนตามความสามารถของนักเรียนในทุกขั้นตอน เมื่อนักเรียนตอบปัญหาหรือแก้โจทย์ปัญหาได้คำตอบ แม้ว่าเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด

ชาลส์ เลสเตอร์ และโอดาฟเฟอร์ (Rungfa Janjaruporn (2005); citing Charles; Lester; & O'Daffer. 1987. How to Evaluate Progress in Problem Solving. pp.15-16) ได้เสนอ แนวทาง/วิธีการประเมินการแก้ปัญหาไว้ 4 ประการ ได้แก่ การสังเกตและการใช้คำถาม (Observing and questioning) การใช้ข้อมูลการวัดผลของนักเรียน (Using self-assessment data from students) การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric scoring) และการใช้แบบทดสอบ (Using tests) มีรายละเอียดดังนี้

1. การสังเกตและการตั้งคำถาม เป็นการประเมินที่กระทำขณะที่นักเรียนกำลังลงมือแก้ปัญหา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ที่ไม่สามารถระบุเป็นคะแนนได้ ซึ่งได้แก่ พฤติกรรมการแก้ปัญหของนักเรียน ความเชื่อและความพึงพอใจ การสังเกตที่ดีควรมีการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตไว้เพราะการจำอย่างเดียวย่อมทำให้หลงลืมได้ เนื่องจากครูมีเวลาจำกัดในการจดบันทึก ดังนั้นก่อนเข้าสู่บทเรียนครูต้องเลือกประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมินและเตรียมเครื่องมือการประเมินไว้ล่วงหน้า เช่น แบบตรวจสอบรายการ แล้วจดบันทึกสิ่งที่สังเกตโดยการทำเป็นจุด

หรือเครื่องหมายไว้ และบันทึกทันทีทันทีหลังการสังเกต ตัวอย่างแบบตรวจสอบรายการแสดงดัง
ภาพประกอบ 3

แบบตรวจสอบรายการ การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	
ชื่อนักเรียน _____	วันที่ _____
_____	1. ชอบการแก้ปัญหา
_____	2. มีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม
_____	3. เสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาของกลุ่ม
_____	4. มีความพยายามในการหาแบบรูป
_____	5. พยายามทำความเข้าใจปัญหา
_____	6. สามารถใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ได้
_____	7. เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
_____	8. มีความพยายามในการเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ในการแก้ปัญหา เมื่อกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เลือกมาครั้งแรกไม่สามารถแก้ปัญหาได้
_____	9. ตรวจคำตอบ
_____	10. สามารถอธิบายหรือวิเคราะห์คำตอบได้

ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างแบบตรวจสอบรายการ

ที่มา: Charles; Lester; & O'Daffer (1987). How to Evaluate Progress in Problem Solving. p. 18.

2. การใช้ข้อมูลการวัดผลของนักเรียน เป็นอีกวิธีหนึ่งในการประเมินผลการแก้ปัญหา วิธีนี้จะมีคุณค่ามากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความซื่อตรงที่นักเรียนรายงานหรือบันทึกออกมาถึงความรู้สึก ความเข้าใจ ความตั้งใจ และความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่กำหนด ข้อมูลการวัดผลของนักเรียนจะถูกรวบรวมไว้ในสมุดรายงาน (Students reports) ที่นักเรียนต้องเขียนเล่าประสบการณ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา ภายหลังจากที่แก้ปัญหาเสร็จ เพื่อให้นักเรียนมีประเด็นในการเขียนครูอาจใช้คำถามต่อไปนี้แนะแนวทางในการเขียนได้

- นักเรียนทำอะไร เมื่อแรกพบปัญหา

- นักเรียนใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเลยหรือไม่ ใช้กลยุทธ์ใด ผลเป็นอย่างไร มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง กลยุทธ์นั้นสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่

- ถ้าแก้ปัญหาไม่สำเร็จ นักเรียนพยายามหากกลยุทธ์อื่นมาลองใช้อีกหรือไม่

- นักเรียนตรวจสอบคำตอบหรือไม่ ลองใช้วิธีการอื่น ๆ บ้างหรือไม่ นักเรียนแน่ใจไหมว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

ครูสามารถใช้สมุดรายงานของนักเรียนในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาได้และยังวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในภาพรวมได้อีกเมื่อสิ้นภาคเรียนและสิ้นปีการศึกษา

3. การให้คะแนนแบบรูปรีค เป็นการประเมินจากการเขียนแสดงขั้นตอนการคิดของนักเรียน แบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้

1. การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytics scoring) เป็นวิธีการประเมินที่กำหนดค่าคะแนนโดยพิจารณาแยกแยะจากขั้นตอนของการแก้ปัญหา ดังนั้นขั้นตอนแรกของการพัฒนาสเกลการให้คะแนนของการวิเคราะห์ คือ การกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่ครูต้องการประเมิน ขั้นตอนที่สอง คือ การกำหนดพิสัยของคะแนนที่เป็นไปได้สำหรับแต่ละขั้นตอนโดยการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ มีข้อดีดังนี้

1.1 เป็นการพิจารณาขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ไม่ใช่พิจารณาเพียงคำตอบเท่านั้น

1.2 วิธีการกำหนดคุณค่าของงานนักเรียนด้วยตัวเลขที่ชัดเจน

1.3 ช่วยครูในการเน้นเฉพาะที่ จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียนได้ตรงประเด็น

1.4 ได้ข้อสังเกตเฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับประสิทธิผลที่เกิดจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลาย

1.5 สเกลการให้คะแนนแบบวิเคราะห์สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมได้สำหรับตัวอย่างการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ ดังตาราง 2

ตาราง 2 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบวิเคราะห์

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์	
ขั้นทำความเข้าใจ ปัญหา	0: นักเรียนเข้าใจปัญหาผิดทั้งหมด 1: นักเรียนเข้าใจปัญหาถูกบางส่วน 2: นักเรียนเข้าใจปัญหาถูกต้องทั้งหมด
ขั้นวางแผน แก้ปัญหา	0: นักเรียนไม่ได้พยายามวางแผนแก้ปัญหา หรือวางแผนไม่เหมาะสม 1: นักเรียนวางแผนได้เหมาะสม แต่แก้ปัญหาได้บางส่วน 2: นักเรียนวางแผนแก้ปัญหาได้เหมาะสม และสามารถหาคำตอบได้
ขั้นได้คำตอบ	0: ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบผิดเนื่องจากวางแผนแก้ปัญหาไม่เหมาะสม 1: ผิดพลาดในการคำนวณหาคำตอบ หรือตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน 2: คำตอบถูกและระบุหน่วยของคำตอบถูกต้องทั้งหมด

ที่มา: Charles; Lester; & O'Daffer(1987). How to Evaluate Progress in Problem Solving. p. 30.

2. การให้คะแนนแบบองค์รวม เป็นการให้คะแนนที่เน้นภาพรวมของคำตอบ ไม่ใช่พิจารณาเฉพาะคำตอบเท่านั้น การให้คะแนนแบบองค์รวมจะไม่กำหนด คะแนนแยกแยะลงไปเป็นขั้น ๆ ของกระบวนการคิด แต่จะกำหนดน้ำหนักคะแนนสำหรับภาพรวมของคำตอบทั้งหมด ดังนั้น การให้คะแนนแบบองค์รวมจึงเป็นการประเมินที่เหมาะสมสำหรับการประเมินที่มีสเกลใหญ่ ๆ และต้องการผลที่เป็นภาพรวมกว้าง ๆ ซึ่งข้อดีของการให้คะแนนแบบองค์รวม มีดังนี้

2.1 เปิดโอกาสให้มีการพิจารณาประเมินการเขียนของนักเรียนอย่างรวดเร็ว

2.2 เน้นการพิจารณากระบวนการที่ใช้ ไม่ใช่พิจารณาเฉพาะคำตอบเท่านั้น

2.3 มีการจัดเตรียมเกณฑ์การให้คะแนนที่เฉพาะเจาะจงชัดเจนสำหรับงานเขียน

2.4 ใช้คะแนนค่าเดียวซึ่งครอบคลุมภาพรวมของคำตอบในการแสดงผลงานการแก้ปัญหา

ตาราง 3 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบองค์รวม

เกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม	
คะแนน	เงื่อนไข
0	- ส่งกระดาษเปล่า - ลอกโจทย์ซ้ำ โดยไม่ปรากฏวิธีคิด หรือร่องรอยการคิด - เขียนเฉพาะคำตอบ แต่เป็นคำตอบที่ผิดโดยไม่แสดงวิธีทำ
1	- มีการแสดงวิธีหาคำตอบ ซึ่งมีสิ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจปัญหา แต่เลือกใช้กลยุทธ์ไม่ถูกต้อง - เลือกใช้กลยุทธ์ที่ไม่ถูกต้อง และไม่มีการเปลี่ยนไปใช้กลยุทธ์อื่น - พยายามแก้ปัญหาย่อย ๆ แต่ไม่สำเร็จ
2	- เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหามีไม่เหมาะสม และไม่สามารถหาคำตอบได้ แต่มีร่องรอยการแสดงให้เห็นว่าทำความเข้าใจปัญหาถูกต้อง - เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหามีเหมาะสม แต่ไม่ได้คำตอบหรือนำกลยุทธ์ไปใช้ผิดทำให้ได้คำตอบผิด - หาคำตอบของปัญหาย่อย ๆ จากปัญหาที่กำหนดให้ได้ แต่ไม่สามารถดำเนินการต่อจนสำเร็จได้ - หาคำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่แสดงวิธีทำ
3	- เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหามีสามารถนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้ แต่เข้าใจปัญหาบางส่วนผิด หรือละเลยเงื่อนไขบางอย่างในสถานการณ์ปัญหา - เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหามีถูกต้อง แต่ (1) คำตอบผิดโดยไม่มีเหตุผลปรากฏ (2) คำตอบผิด เพราะคำนวณผิดพลาด (3) ไม่ปรากฏคำตอบ

ตาราง 3 (ต่อ)

4	- เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งไม่ส่งผลต่อการทำความเข้าใจปัญหา หรือคิดคำนวณผิด - เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาถูกต้อง และได้คำตอบที่ถูกต้อง
---	--

ที่มา: Charles; Lester; & O'Daffer(1987). How to Evaluate Progress in Problem Solving. p. 35.

3. การให้คะแนนจากความประทับใจทั่วไป (Impressing Scoring) เป็นการให้คะแนนโดยใช้ความประทับใจทั่วไป ซึ่งมีเกณฑ์ที่แน่นอนชัดเจนจากผู้ประเมินที่มีประสบการณ์สูง หรือผู้เชี่ยวชาญ

4. การใช้แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผลการแก้ปัญหามี 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple choice tests) เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม ซึ่งแต่ละคำถามจะมีตัวเลือกหลาย ๆ ตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ ตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

2. แบบทดสอบชนิดเติมคำตอบ (Completion tests) เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม ซึ่งแต่ละคำถามจะเว้นช่องว่างไว้เพื่อให้นักเรียนนำ คำ ตัวเลข วลี หรือประโยคที่ถูกต้องเติมลงในช่องว่าง

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

รุ่งฟ้า จันทจุลภรณ์ (2005) ศึกษาเรื่องการพัฒนาโปรแกรม การเรียนการสอน การแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์และความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหานักศึกษาคณะครุศึกษาศาสตร์ โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบมีกลุ่มควบคุม และทดสอบหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 26 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถใกล้เคียง กัน กลุ่มละ 13 คน และมี 3 คนในกลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาเป้าหมายเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา ผลการวิจัยพบว่า

1. คะแนนมัธยฐานในด้านศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ของกลุ่ม ทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. คะแนนมัธยฐานในด้านความเชื่อที่เหมาะสมเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลองไม่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. บรรทัดฐานทางสังคมที่เกี่ยวกับการทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ได้แก่ บรรทัดฐานที่เกี่ยวกับกระบวนการหาผลเฉลยที่สมเหตุสมผล การนำเสนอที่สง่างาม การอธิบายและการให้เหตุผลที่ยอมรับได้

4. นักศึกษาที่มีประสบการณ์ในโปรแกรมการเรียนการสอนการแก้ปัญหาสามารถพัฒนาศักยภาพในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้

เอนก จันทระจัญญ (2545) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ชุดการเรียนการสอนฝึกการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นของโพลยา และแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหที่เป็นพลวัตของ วิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาตาเวย์ โดยใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา 10 ยุทธวิธี ได้แก่ ยุทธวิธีเดาและตรวจสอบ ยุทธวิธีการหารูปแบบ ยุทธวิธีเขียนแผนภาพหรือภาพประกอบ ยุทธวิธีแจกกรณีที่เป็นไปได้ ยุทธวิธีการทำย้อนกลับ ยุทธวิธีการสร้างตารางหรือกราฟ ยุทธวิธีการให้เหตุผล ยุทธวิธีการพิจารณากรณีที่ง่ายกว่าหรือแบ่งเป็นปัญหาย่อย ยุทธวิธีลงมือแก้ปัญหาละเลย และยุทธวิธีการใช้แบบจำลอง พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังใช้ชุดการเรียนการสอนสูงกว่าก่อนใช้ชุดการเรียนการสอน

ชญาภา ไชโปรง (2554) ได้ศึกษากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้ กลยุทธ์ในการแก้ปัญหามากหลาย เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ เรื่องฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกาญจนาดิษฐ์วิทยาคม อำเภอกาญจนาดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 30 คน เวลาที่ใช้จำนวน 12 คาบ คาบละ 60 นาที โดยเป็นเวลานอกเหนือจากเวลา เรียนปกติ ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหามากหลาย เรื่องฟังก์ชัน มีความสามารถ ในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 2) เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์มากขึ้น นักเรียนแสดงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ในด้านการทำความเข้าใจปัญหาวทางคณิตศาสตร์ การเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาว และการค้นหาคำตอบที่ถูกต้องพร้อมทั้งคำอธิบายที่ชัดเจน

ธีรพล พากเพียรกิจ (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดโมเดลเมธอดและการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสถาพรวิทยา จังหวัดนครปฐม กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสถาพรวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 24 คน โดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดโมเดลเมธอดและการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิด ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดโมเดลเมธอดและการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิด มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในช่วงหลัง เรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยพิจารณาตามรายองค์ประกอบของความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทุกองค์ประกอบ ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดโมเดลเมธอดและการเรียนการสอนแบบแนะให้รู้คิด มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทุกองค์ประกอบดีขึ้นเป็นลำดับ โดยสามารถเรียงลำดับพัฒนาการจากมากไปหาน้อย ได้เป็นด้านการแปลงข้อมูลของสถานการณ์ปัญหา ด้านการดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหา ด้านการตรวจสอบการแก้สถานการณ์ปัญหา และด้านการทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา

งานวิจัยต่างประเทศ

แจ๊คสัน (Jackson, 2000) ได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อพัฒนา ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในตอนเหนือของรัฐอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกทักษะการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า โดยใช้การสอนกลยุทธ์การแก้ปัญหาและเทคนิคการคิดที่หลากหลาย ใช้เวลาในการทดลองประมาณ 20 สัปดาห์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความ มั่นใจในการแก้ปัญหาด้วยตนเองมากขึ้น และมีคะแนนการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิลเลียมส์ (Williams, 2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาพฤติกรรม การแก้ปัญหาโดย เน้นการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่กำลังเรียนวิชาพีชคณิต จำนวน 42 คน สอนโดยครูคน

เดียวกันและเรื่องที่เรียนเป็นเรื่องเดียวกัน โดยกลุ่มทดลองมี 22 คน เรียนโดยใช้การเขียนตามขั้นตอน กระบวนการแก้ปัญหา และกลุ่มควบคุมมี 20 คน เรียนโดยใช้การแก้ปัญหาตามขั้นตอนปกติ มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่า กลุ่มควบคุม จากการสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มทดลองพบว่า นักเรียนมากกว่า ร้อยละ 75 มีความพอใจในกิจกรรมการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา และนักเรียนมากกว่า ร้อยละ 80 บอกว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

ตอนที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL

2.1 ความเป็นมาของเทคนิค KWDL

มีนักการศึกษากล่าวถึงความเป็นมาของเทคนิค KWDL ไว้ดังนี้

วัชรวิ เล่าเรียนดี (2560) กล่าวว่า เทคนิค KWDL เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากเทคนิค KWL ของโอเกิล (Ogle, 1986) ซึ่งเดิม ดอนน่า โอเกิล ใช้เทคนิค KWL ในการสอนและฝึกทักษะทางด้านการอ่าน โดยที่ K(Know) หมายถึง รู้อะไรบ้างจากเรื่องที่อ่านหรือหัวเรื่องที่กำหนด W(Want to know) หมายถึง ต้องการรู้อะไรเพิ่มเติมจากเรื่องที่อ่านต่อไป และ L(Learned) หมายถึง เกิดการเรียนรู้อะไรบ้าง ในปีต่อมา คาร์และโอเกิล (Carr & Ogle, 1987) ได้พัฒนาเทคนิค KWL เป็น KWL Plus โดยยังคงสาระเดิมไว้ ที่แตกต่างคือ มีการเพิ่มเติมการทำแผนผัง มโนทัศน์ การสรุปเรื่องราวที่อ่านเมื่อจบกระบวนการ KWL และมีการนำเสนอเรื่องจากผังอันเป็นการพัฒนาทักษะการเขียนและพูดนอกเหนือไปจากทักษะการฟังและการอ่าน โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการสอนทักษะภาษา แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในวิชาอื่น ๆ ได้ เช่น วิชาสังคมศึกษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นต้น

ในปี ค.ศ.1997 ชอว์และคนอื่น ๆ (Shaw & et al., 1997) อาจารย์มหาวิทยาลัยมิสซิสซิปปี ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเทคนิค KWDL มาใช้นำมาใช้สอนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน (Cooperative Learning) มาผสมผสานในกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การดำเนินการตามขั้นตอน KWDL จะช่วยชี้แนะแนวทางในการอ่าน และหาคำตอบของคำถามสำคัญต่าง ๆ จากเรื่องนั้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการสร้างความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอน K (What we know) รู้อะไรหรือใจหยาบอะไรบ้าง

ขั้นตอน W (What we want) เราต้องการรู้ต้องการทราบอะไร หรือโจทย์ให้หาอะไร มีวิธีการอย่างไร ใช้วิธีการอะไรบ้าง

ขั้นตอน D (What we do) เราทำอะไร อย่างไร

ขั้นตอน L (What we learned) เราเรียนรู้อะไร หรือคำตอบที่ได้ และบอกวิธีคิดคำตอบอย่างไร

2.2 ความหมายของเทคนิค KWDL

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของเทคนิค KWDL ดังนี้

ชอร์และคนอื่น ๆ (Shaw & et al., 1997) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เทคนิค KWDL เป็นเทคนิคการสอนที่พัฒนาขึ้นสำหรับการช่วยการอ่านเพื่อเพิ่มความเข้าใจ ช่วยชี้แนะให้ผู้อ่านใช้ขั้นตอนเช่นเดียวกับผู้อ่านที่เชี่ยวชาญแล้ว โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวิชาคณิตศาสตร์ในการพัฒนาทักษะและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ยากและซับซ้อนขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัชร เล่าเรียนดี (2560) กล่าวว่า เทคนิค KWDL เป็นเทคนิคที่ช่วยชี้นำการคิดแนวทางในการอ่านและหาคำตอบของคำถามสำคัญต่าง ๆ จากเรื่องนั้นอย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ และสร้างความสนใจเป็นอย่างดี

เสาวนีย์ บุญแก้ว (2554) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เทคนิค KWDL เป็นเทคนิคการสอนที่ฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ละเอียดถี่ถ้วน ทำให้นักเรียนเข้าใจโจทย์ปัญหาได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังฝึกให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย

กฤษฎา วรพิน (2554) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เทคนิค KWDL เป็นเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ที่ช่วยชี้นำความคิด และการแก้ปัญหาพร้อมทั้งหาคำตอบของคำถามต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อสร้างความสนใจของนักเรียน ส่งเสริมให้ตระหนักในการทำ ความเข้าใจตนเอง รวมทั้งการวางแผน การตั้งจุดมุ่งหมาย การตรวจสอบความเข้าใจในตนเอง การจัดระบบข้อมูล การแยกแยะข้อมูล การหาใจความสำคัญ หลักการ ความสัมพันธ์ และการหาข้อสรุป ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถดึงความรู้มาใช้ภายหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จักรพงษ์ ผิวนวนล (2556) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เทคนิค KWDL เป็นขั้นตอนที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และลำดับความคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยทำให้เข้าใจโจทย์ปัญหาได้อย่างชัดเจน เพื่อทำให้หาคำตอบตามที่ต้องการ

ในการวิจัยครั้งนี้ให้ความหมายของเทคนิค KWDL ว่า เทคนิคที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นิสิตคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ละเอียดถึถ้วน ทำให้นิสิตเข้าใจโจทย์ปัญหาได้อย่างชัดเจน

2.3 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ไว้ดังนี้

ชอร์และคนอื่น ๆ (Shaw & et al., 1997) ได้ระบุขั้นตอนของเทคนิค KWDL ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งกลุ่มนักเรียนช่วยกันหาสิ่งที่รู้เกี่ยวกับโจทย์ สิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยใช้บัตรกิจกรรมเทคนิค KWDL

ขั้นตอน K (What we know) นักเรียนระดมความคิดเกี่ยวกับเรื่องที่อ่านว่ารู้อะไรอยู่บ้างแล้ว ครูทำหน้าที่บันทึกคำตอบและช่วยนักเรียนจัดหมวดหมู่ของข้อมูลเหล่านั้น ช่วยอธิบายความเข้าใจที่อาจคลาดเคลื่อนหรือช่วยอธิบายให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหา ดีความ ถกเถียงเกี่ยวกับข้อมูลที่ให้มาอาจรวมทั้งกระบวนการวิธีอื่นเช่น ลงมือปฏิบัติตามที่ปัญหากำหนด วาดรูป ทำแผนภูมิ เพื่อว่านักเรียนจะได้เข้าใจปัญหาและรู้ว่านักเรียนรู้อะไรบ้างแล้วเกี่ยวกับปัญหานั้น

ขั้นตอน W (What we want to know) ด้วยการชี้แนะจากครู นักเรียนจะบอกสิ่งพวกเขาต้องการเรียน บ่อยครั้งนักเรียนจะมีคำถามที่ยังไม่ได้คำตอบในเรื่องที่อ่าน และต้องค้นหาแหล่งความรู้อื่นเพื่อที่จะหาคำตอบและข้อมูลเหล่านั้น สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนทำข้อตกลงของกลุ่มว่าคำถามของโจทย์คืออะไร และคำถามนั้นหมายความว่าอะไร ส่วนขั้นตอนที่ว่าการอะไรนั้นอาจเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของนักเรียนในการวางแผนแก้ปัญหานักเรียนอาจตกลงกันว่าจำเป็นต้องหาข้อมูล และต้องตัดสินใจว่าจะไปหาแหล่งข้อมูลที่ไหน

ขั้นตอน D (What we do to find out) สมาชิกของกลุ่มใช้ข้อมูลในขั้นตอน K และ W มาวิเคราะห์ จากนั้นช่วยกันวางแผนและดำเนินแก้ปัญหาร่วมกัน สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา ให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ค้นหาวิธีการในการดำเนินการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ พร้อมทั้งหาคำตอบ

ขั้นตอน L (What we learned) นักเรียนบันทึกข้อมูลว่าได้เรียนรู้อะไรบ้างแล้วนำมาอภิปราย ทำให้นักเรียนได้ชัดเจนและขยายความคิดเห็นทั้งกระบวนการอ่านและ

กระบวนการเรียน สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนบอกคำตอบรวมทั้งอธิบายและชี้แจงถึงขั้นตอนของการดำเนินการแก้ปัญหา พร้อมทั้งตรวจคำตอบถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

ขั้นที่ 2 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปราย เพื่อหาสิ่งที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ หาความสัมพันธ์ของโจทย์ และกำหนดวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 นักเรียนช่วยกันดำเนินการเพื่อแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปเป็นความรู้ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหา โดยให้ตัวแทนกลุ่มออกมาออกมานำเสนอความคิดในการแก้โจทย์ปัญหา และสรุปเป็นความรู้ที่ได้จากการเรียน

วิชา เล่าเรียนดี (2560) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียน 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ

1.1 ทบทวนความรู้เดิม

1.2 แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้

1.3 เร้าความสนใจด้วยเกมคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 2 ขั้นสอนเนื้อหาใหม่

2.1 ครูนำเสนอโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนทั้งชั้น แล้วให้นักเรียนร่วมกันอ่านโจทย์และแก้ปัญหา ตามแผนผัง KWDL ดังนี้

ขั้นตอน K (What we know) เรารู้อะไรหรือโจทย์บอกอะไรเราบ้าง

ขั้นตอน W (What we want to know) เราต้องการรู้ ต้องการทราบอะไร

ขั้นตอน D (What we do to find out) เรามีวิธีการอย่างไรบ้าง หรือมีวิธีการดำเนินการเพื่อหาคำตอบอย่างไร

ขั้นตอน L (What we learned) เราเรียนรู้จาก (การดำเนินการขั้นที่ 3) ซึ่งคือ คำตอบ สารความรู้และวิธีหาคำตอบ ขั้นตอนการคิดคำนวณ เป็นต้น

2.2 นักเรียนฝึกปฏิบัติเป็นกลุ่มย่อย โดยครูคอยแนะนำ โดยแบ่ง นักเรียนออกเป็นกลุ่ม และแก้โจทย์ปัญหาตามบัตรกิจกรรม KWDL

ขั้นที่ 3 ขั้นฝึกทักษะโดยอิสระ นักเรียนทำแบบฝึกหัดจากแบบฝึกหัดที่ครูสร้างขึ้น โดยเป็นโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน และสถานการณ์อื่น ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปบทเรียนและวัดประเมินผล นักเรียนทำแบบทดสอบประจำหน่วย การเรียน มีการสอนซ่อมเสริมเมื่อนักเรียนยังไม่เข้าใจ

นอกจากขั้นตอนของเทคนิค KWDL ดังกล่าว ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ครูต้องเตรียมแผนผังหรือตาราง KWDL ประกอบให้เห็นชัดเจน โดยครูและนักเรียนร่วมกันเรียนรู้ทำความเข้าใจ นอกจากนี้นักเรียนจะต้องมีแผนผังหรือตาราง KWDL ของตัวเองเพื่อเติมข้อความเช่นกัน แต่ควรให้ใช้ร่วมกัน 2 คนต่อ 1 ชุด เพื่อเสริมการทำงานร่วมกัน แผนผัง KWDL แสดงไว้ดังตาราง 4

ตาราง 4 แผนผัง KWDL

K	W	D	L
โจทย์บอกอะไรบ้าง	โจทย์ให้หาอะไร มีวิธีการอย่างไร ใช้วิธีอะไรได้บ้าง	ดำเนินการตาม กระบวนการแก้ โจทย์ปัญหา	คำตอบที่ได้ และบอกวิธีคิด คำตอบอย่างไร
1. _____	สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ	แสดงวิธีทำ	คำตอบ _____
2. _____	คือ _____	วิธีที่ 1	_____
3. _____	_____	_____	สรุปขั้นตอนที่ใช้
4. _____	วิธีการแก้ปัญหาคือ	_____	_____
	1. _____	วิธีที่ 2	_____
	2. _____	_____	_____
	3. _____	_____	_____
	วิธีการที่เลือกใช้คือ	วิธีที่ 3	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____

ที่มา: วัชร เล่าเรียนดี (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษา. น.211-212.

เสาวนีย์ บุญแก้ว (2554) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เดิม

ครูยกสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาในเรื่องที่เรียนมาแล้ว โดยใช้การถามตอบ

ขั้นที่ 2 ขั้นสอนเนื้อหาใหม่

ขั้นตอน K นักเรียนระดมความคิด บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ และนำความรู้ที่เรียนมาเชื่อมโยงกับโจทย์ปัญหา แล้วสรุปเป็นความคิดรวบยอดจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ขั้นตอน W นักเรียนร่วมกันอภิปราย และสรุปวิธีการแก้ปัญหาที่จะได้ซึ่งคำตอบตามที่โจทย์กำหนดมาให้

ขั้นตอน D นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ได้กำหนด

ขั้นตอน L นักเรียนสรุปคำตอบในสิ่งที่โจทย์ถาม และสรุปความรู้เป็นความคิดรวบยอดจากการหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุปบทเรียน และวัดประเมินผล

ครูให้นักเรียนสรุปความรู้ทั้งหมดที่ได้จากการเรียนในคาบนั้น ๆ พร้อมทั้งครูวัดผล และประเมินผลจากการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากการตอบคำถามของนักเรียน การร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน และการทำแบบฝึกหัด เป็นต้น

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำ ขั้นสอนเนื้อหาใหม่ ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามเทคนิค KWDL และขั้นสรุป ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ดังนี้

ขั้นนำ ครูนำทบทวนเนื้อหาเก่าโดยใช้เทคนิคการสอนที่เหมาะสมตามลักษณะเนื้อหา ซึ่งอาจใช้วิธีการบรรยาย ใช้คำถาม หรือใช้วิดีโอ

ขั้นสอน ครูให้นักเรียนแก้ปัญหาในเอกสารแนะแนวทาง โดยวิเคราะห์โจทย์และแก้ปัญหาตามเทคนิค KWDL

ขั้นที่ 1 K (What we know) นิสิตหาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 W (What we want to know) นิสิตหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ หาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 D (What we do to find out) นิสิตดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้

ขั้นที่ 4 L (What we learned) นิสิตสรุปสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นสอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดหรือไม่ และสรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

ขั้นสรุป ครูและนิสิตร่วมกันอภิปรายสาระสำคัญ

ขั้นนำ ครูนำบททวนเนื้อหาเก่าโดยใช้เทคนิคการสอนที่เหมาะสมตามลักษณะเนื้อหา ซึ่งอาจใช้วิธีการบรรยาย ใช้คำถาม หรือใช้วิดีโอ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

เสาวนีย์ บุญแก้ว (2554) ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 34 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวยทั้ง 4 ขั้นตอน คือ ขั้น K สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และความรู้เดิมที่ใช้ ขั้น W สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและวิธีการแก้ปัญหา ขั้น D ดำเนินการแก้ปัญหาและขั้น L สรุปผลการแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้ โดยเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ในระดับดี 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการเรียนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่องภาคตัดกรวย

กฤษฎา วรพิน (2554) ได้ศึกษาเรื่องผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยเทคนิค KWDL และการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัยตอน 79 คน เป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง 39 คน และกลุ่มควบคุม 40 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย KWDL และการใช้คำถามระดับสูง และนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยเทคนิค KWDL และการใช้คำถามระดับสูงมี

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าชั้นต่ำ คือ ร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งสองฉบับ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยเทคนิค KWDL และการใช้คำถามระดับสูงมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยเทคนิค KWDL และการใช้คำถามระดับสูงมีความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการศึกษาจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กมลกาญจน์ นพโสภณ (2554) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่อง ร้อยละ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วยเทคนิค KWDL โรงเรียนประชานิเวศน์ กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 41 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่อง ร้อยละ ทั้ง 4 ขั้นตอน คือ ขั้น K สิ่งโจทย์กำหนดให้ ขั้น W สิ่งโจทย์ต้องการทราบและการวางแผนแก้ปัญหา ขั้น D ดำเนินการแก้ปัญหาและขั้น L เสนอคำตอบของปัญหาและความรู้ที่ได้รับ โดยเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ในระดับดี 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง ร้อยละ หลังการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 3) นักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ว่ามีความเหมาะสม

งานวิจัยต่างประเทศ

ชอว์และคนอื่น ๆ (Shaw & et al., 1997) ได้ศึกษาการใช้เทคนิค KWDL มาทดลองสอนในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 4 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยการแบ่งกลุ่มทดลองสอนด้วยเทคนิค KWDL โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) และกลุ่มควบคุมสอนแบบปกติ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่เรียนด้วยเทคนิค KWDL มีทัศนคติในการทำงานร่วมกันและมีผลสัมฤทธิ์ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สูงกว่าการสอนแบบปกติ จากนั้น ได้เสนอแนะว่าการพัฒนาความสามารถและทัศนคติในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ควรเน้นที่กระบวนการมากกว่าการหาคำตอบ

ชูคราน ท็อค (Tok, 2013) ได้ศึกษาผลของการใช้เทคนิค KWL กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 55 คน ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ ทักษะการรู้คิด และความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ และวัดผลจากการทดสอบด้วยการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ คำถามวัดทักษะการรู้คิด และการวัดระดับความวิตก

กังวลทางคณิตศาสตร์ การเรียนการสอนด้วยเทคนิค KWL ถูกใช้ในการสอนคณิตศาสตร์กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งใช้การเรียนการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่าการเรียนการสอนด้วยเทคนิค KWL มีผลช่วยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการรู้คิดดีขึ้น แต่ด้านความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ไม่พบว่ามีแตกต่างระหว่างการเรียนการสอนด้วยเทคนิค KWL และการเรียนการสอนแบบปกติ

ตอนที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

3.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจหรือความพอใจ ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Satisfaction” ซึ่งมีความหมายโดยทั่วไป ว่า “ความพอใจ หรือความชอบใจของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง” นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ ดังนี้

มาสโลว์ (Abraham Harold Maslow, 1970) อธิบายความหมายของความพึงพอใจในชีวิตตามแนวคิดของทฤษฎีความต้องการของมนุษย์ ทฤษฎีแรงจูงใจ (Maslow' Hierarchy of theory motivation theory) ว่า ความต้องการเป็นแรงจูงใจให้บุคคลแสวงหาการตอบสนองจนเป็นที่พอใจจากความต้องการขั้นพื้นฐานระดับต้นเป็นลำดับขั้นสู่ความต้องการขั้นสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อต้องการได้รับการตอบสนองมาก บุคคลนั้นย่อมเกิดความพอใจมาก แต่ถ้าความต้องการได้รับการตอบสนองน้อยหรือไม่ได้รับการตอบสนองเลย บุคคลนั้นจะเกิดความพอใจน้อยหรือไม่พอใจ และมาสโลว์เชื่อว่าเป็นเรื่องยากที่มนุษย์จะมีความพอใจในชีวิตสูงสุด ยกเว้นในช่วงเวลาสั้น ๆ เพราะมนุษย์มีความปรารถนาอย่างอื่น ๆ เข้ามาแทนที่อยู่เสมอ

ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพของอารมณ์ความรู้สึก และทัศนคติของบุคคลที่มีความสุข ความอิ่มเอมใจ เมื่อความต้องการหรือแรงจูงใจได้รับการตอบสนอง ซึ่งทัศนคติและความพึงพอใจในสิ่งหนึ่งสามารถใช้แทนกันได้ เพราะคำทั้งสองนี้เป็นผลที่เกิดจากการที่บุคคลเข้าไปมีส่วนร่วมในสิ่งนั้น ทัศนคติด้านบวกจะแสดงให้เห็นสภาพของความพึงพอใจ และทัศนคติด้านลบจะแสดงให้เห็นสภาพความไม่พึงพอใจในสิ่งนั้น ๆ ความพึงพอใจจึงเป็นเรื่องของทัศนคติหรือเจตคติโดยตรง (Morse, 1958; Vroom, 1967; Wolman, 1989; สร้อยตระกูล อรรถมานะ, 2541)

วอลเลอ์สไตน์ (Wallerstein, 1971) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย และอธิบายว่าความพึงพอใจเป็นการกระทำทางจิตวิทยาไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน แต่สามารถคาดคะเนได้ว่ามีหรือไม่มีจากการ

สังเกตพฤติกรรมเท่านั้น การที่จะทำให้คนเกิดความพึงพอใจจะต้องอาศัยปัจจัยและองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุแห่งความพึงพอใจ

พรพรณี ชูชัย เจนจิต (2545) อธิบายความหมายของความพึงพอใจว่า เป็นเรื่องของความรู้สึกที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งมีอิทธิพลทำให้แต่ละคนตอบสนองต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันไป

ประสาธ อิศรปริดา (2549) ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า หมายถึง พลังที่เกิดจากพลังจิตที่มีผลไปสู่เป้าหมายที่ต้องการและหาสิ่งที่ต้องการมาตอบสนอง

จิรณัฐ วงษ์อารักษ์ (2558) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกในทางที่ดีหรือในทางบวกต่อสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหรือผ่านเข้ามาในชีวิตและตอบสนองความต้องการของร่างกาย จิตใจ ทำให้มนุษย์มีความสุข มีความรู้สึกชอบ มีความรู้สึกดี มีความสมหวัง ความพึงพอใจของแต่ละ คนขึ้นอยู่กับความสามารถที่จะปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างความต้องการ และการได้รับการตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ

จากการศึกษาความหมายของความพึงพอใจ อาจสรุปความหมายของความพึงพอใจ ได้ว่า ความรู้สึกหรือความคิดเห็นในเชิงบวกที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เมื่อความต้องการได้รับการตอบสนอง

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

มีนักจิตวิทยาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจไว้ดังนี้

การที่บุคคลจะเกิดความพึงพอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ ก็ต่อเมื่อความต้องการหรือแรงจูงใจได้รับการตอบสนอง ซึ่ง อับราฮัม มาสโลว์ (Abraham H. Maslow, 1954) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับแรงจูงใจและตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมมนุษย์ไว้ดังนี้

1. มนุษย์มีความต้องการอย่างไม่สิ้นสุด เมื่อความต้องการใดได้รับการตอบสนองแล้วความต้องการอื่นจะเข้ามาแทนที่ กระบวนการเช่นนี้ไม่มีที่สิ้นสุด
2. ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองแล้ว จะไม่เป็นเครื่องจูงใจของพฤติกรรมอีกต่อไป ความต้องการที่ไม่ได้รับการตอบสนองเท่านั้นที่เป็นสิ่งจูงใจของพฤติกรรม
3. ความต้องการของมนุษย์เป็นลำดับขั้นตามความสำคัญ โดยเมื่อความต้องการขั้นต่ำได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการขั้นสูงก็จะเรียกร้องให้มีการตอบสนองตามมา

มาสโลว์ได้แบ่งระดับความต้องการของมนุษย์ไว้ 5 ระดับ จากระดับต่ำสุดถึงระดับสูงสุดดังนี้

1. ความต้องการทางด้านร่างกาย (Physiology Needs) เป็นความต้องการขั้นแรกของมนุษย์เพื่อความอยู่รอด เช่น ความต้องการอาหาร น้ำ ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค อุณหภูมิที่เหมาะสม เป็นต้น ความต้องการทางด้านร่างกายนี้จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของคนก็ต่อเมื่อความต้องการด้านร่างกายยังไม่ได้รับการตอบสนอง

2. ความต้องการทางด้านความปลอดภัย หรือความมั่นคง (Security of Safety Needs) ถ้าหากความต้องการทางด้านร่างกายได้รับการตอบสนองตามสมควรแล้ว มนุษย์ก็จะมีความต้องการในขั้นต่อไปที่สูงขึ้น คือ ความต้องการทางด้านความปลอดภัย หรือความมั่นคงต่าง ๆ

3. ความต้องการการยอมรับทางสังคม (Social Belongingness Needs) เป็นความต้องการในระดับที่สูงขึ้น ความต้องการการยอมรับทางสังคมนี้เป็นความต้องการเกี่ยวกับการอยู่ร่วมกัน คือ การได้รับการยอมรับนับถือจากบุคคลอื่น ทำให้เกิดความรู้สึกว่าตนเองนั้นมีความผูกพันในฐานะเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มทางสังคมนั้น

4. ความต้องการสถานภาพในสังคม (Esteem or Status Needs) ความต้องการขั้นนี้เป็นความต้องการที่จะสร้างความมั่นใจในตนเองในเรื่องความสามารถ ความรู้ และคุณค่าของตนเอง ความต้องการที่จะมีฐานะ ชื่อเสียง เกียรติยศ การเป็นที่ยอมรับของบุคคลอื่น หรืออยากให้บุคคลอื่นยกย่องสรรเสริญในหน้าที่การงานและความสำเร็จของตน

5. ความต้องการความสำเร็จสูงสุดในชีวิต (Self-Actualization Needs) ลำดับขั้นความต้องการสูงสุดของมนุษย์ คือ ความต้องการที่จะสำเร็จในชีวิตตามความนึกคิด หรือความคาดหวัง ทะเยอทะยาน มักเป็นความต้องการที่เป็นอิสระเฉพาะของแต่ละคน ซึ่งต่างก็มีความนึกคิด ความใฝ่ฝันในทัศนะของตน

3.3 การวัดความพึงพอใจ

มีนักจิตวิทยาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการวัดความพึงพอใจไว้ดังนี้

วรูม (Vroom, 1967) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจโดยทั่วไปจะใช้วิธีการสัมภาษณ์หรือใช้แบบสอบถาม การจะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับกลุ่มตัวอย่างที่จะวัด เช่น กลุ่มบุคคลที่สามารถอ่านและเข้าใจสื่อภาษาได้จะใช้แบบสอบถาม นอกจากประหยัดเวลาแล้วผู้ตอบ

แบบสอบถามยังมีอิสระที่จะตอบ ส่วนกรณีที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถอ่านสื่อภาษาได้ จำเป็นต้องใช้วิธีการสัมภาษณ์แต่ต้องแก้ปัญหาเรื่องความอิสระของผู้ตอบคำถาม

ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีลักษณะเป็นนามธรรมจึงไม่สามารถวัดได้ โดยตรง ดังนั้นในการวัดความพึงพอใจของบุคคลจึงใช้การวัดทางอ้อมโดยวัดได้จากแนวโน้มของบุคคลที่แสดงออกทางภาษาและวัดในรูปของความเห็น หรือพฤติกรรมที่บุคคลนั้นแสดงออกต่อผู้คนที่เหตุการณ์ที่เป็นเป้าหมายแทน นักการศึกษาได้ เสนอแนวทางในการวัดความพึงพอใจไว้ ดังนี้ (Cowell, 1986)

1. การใช้แบบสอบถาม เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง ที่ผู้สอบถามจะออกแบบแบบสอบถามเพื่อต้องการที่จะทราบความคิดเห็น ซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอย่างอิสระ
2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเทคนิคและความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ที่จะจูงใจให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามได้ตรงกับข้อเท็จจริง
3. การสังเกต เป็นวิธีการที่จะทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้มาใช้บริการได้โดยสังเกตจากพฤติกรรมของบุคคลหลายด้าน เช่น การพูด กิริยา หรือท่าทาง วิธีการนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีแบบแผน

จากการศึกษาแนวทางในการวัดความพึงพอใจสามารถสรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจสามารถทำได้หลายรูปแบบโดยพิจารณาให้เหมาะสมกับปัญหา วัดอุปประสงค์ รูปแบบการวิจัย และกลุ่มประชากร ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวัดความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ซึ่งประกอบด้วย การวัดทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และด้านผู้สอน

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

คุณากร จำปาหอม สมนึก ภัททิยธนี และ มะลิวัลย์ ฤณาพรณ์ (2018) ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระหว่างกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติและนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการจัดกลุ่มนักเรียนที่แตกต่างกัน และเรียงลำดับเนื้อหาใหม่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศรีหนองขาววิทยา จังหวัดขอนแก่น จำนวน 83 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เพื่อแบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 1 ห้อง จำนวน 32 คน กลุ่มทดลอง 2 ห้อง ห้องละ 28 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการจัดกลุ่มนักเรียนแตกต่างกันและเรียงลำดับ

เนื้อหาใหม่มีความพึงพอใจต่อการสอนเรื่อง ลำดับและอนุกรม มากกว่านักเรียนกลุ่มปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปกเกศ ชนะโยธา (2551) ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนนักเรียน 48 คน จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 40 คนและกลุ่มควบคุม 40 คน จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์) จังหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์อยู่ในระดับมากที่สุด

กนกพร เทพธิ (2558) ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL กับกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร โรงเรียนละหานทรายรัชดาภิเษก อำเภอละหานทราย จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 94 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL อยู่ในระดับมาก

ชัยพียะห์ สาและ (2018) ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง ค่ากลางของข้อมูล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี จำนวน 75 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL อยู่ในระดับมาก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา คณ 211 (สมการเชิงอนุพันธ์) ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร ประจำปีการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 31 คน กลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

1.1 การเตรียมงานด้านวิชาการ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ดังนี้

1.1.1 ศึกษาเนื้อหา เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จากหนังสือและเอกสารต่าง ๆ

- 1) แคลคูลัสเบื้องต้น (ธนศักดิ์ หมวกทองกลาง, 2557)
- 2) สมการเชิงอนุพันธ์ (พรชัย สาตราหา, 2544)
- 3) สมการเชิงอนุพันธ์ (สุพัฒนา เอื้อทวีเกียรติ, 2558)
- 4) ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์สมการเชิงอนุพันธ์ (เอย์เรส แฟรงค์, 2542)
- 5) โจทย์ 2500 ชื่อ: สมการเชิงอนุพันธ์ Schaum's outline series: 2500 solved problems in differential equations (บรอนสัน ริชาร์ด, 2542)
- 6) Elementary differential equations and boundary value problems (Boyce, 1986)

7) สมการเชิงอนุพันธ์ (สุพจน์ ไวทยางกูร, 2550)

8) สมการเชิงอนุพันธ์ (สำเริง ชื่นรังสิกุล, 2555)

1.1.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

1.1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค KWDL

1.1.4 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์

1.2 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง เวลาที่ใช้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาแผนละ 150 นาที

1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อคณะกรรมการควบคุม ปรินทิพนิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา ระยะเวลา และภาษาที่ใช้ รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการควบคุม ปรินทิพนิพนธ์ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และนำเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปรินทิพนิพนธ์จนกระทั่งผ่านการพิจารณา

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากข้อ 1.4 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ ระยะเวลา และภาษาที่ใช้ รวมทั้งความถูกต้องของเนื้อหา

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากข้อ 1.6 ไปทดลองใช้กับนิสิตที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ศึกษาในหลักสูตร การศึกษาดัชนี จำนวน 40 คน เพื่อดูความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา และ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้ทดสอบหลังเสร็จสิ้นการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึง 4 ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ รวมทั้งหมด 65 คะแนน ใช้เวลาในการสอบ 120 นาที โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และหลักการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ปรับปรุงจากแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและคนอื่น ๆ (ธีรพล พากเพียรกิจ, 2558; ปิยะนาถ เหมวิเศษ, 2551; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.), 2555a) ซึ่งพิจารณาลักษณะที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ ตามขั้นตอน KWDL

K What I know	คะแนน
- ระบุสิ่งสำคัญที่สรุปได้จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด	2
- ระบุสิ่งสำคัญที่สรุปได้จากสถานการณ์ปัญหาได้บ้าง แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด	1
- ระบุสิ่งสำคัญที่สรุปได้จากสถานการณ์ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ	0
W What I want to find out	คะแนน
- ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องทั้งหมด	1
- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ	0

ตาราง 5 (ต่อ)

- วางแผนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
- วางแผนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน	1
- วางแผนการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่วางแผน	0
D What I did (สำหรับข้อ 1,2,3)	คะแนน
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	3
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	2
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน	1
- แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงวิธีการหาคำตอบ	0
D What I did (สำหรับข้อ 4)	คะแนน
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	4
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน	2
- แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงวิธีการหาคำตอบ	0
D What I did (สำหรับข้อ 5,6)	คะแนน
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	5
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน	2
- แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงวิธีการหาคำตอบ	0
L What I learned	
- สรุปคำตอบของโจทย์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
- สรุปคำตอบของโจทย์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
- สรุปคำตอบของโจทย์ไม่ถูกต้องหรือไม่สรุปคำตอบ	0

2.2 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง
สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 12 ข้อ ให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้

จากนั้นนำแบบทดสอบดังกล่าวเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและตรวจสอบความถูกต้อง

2.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำไปให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาโทตรวจสอบจนผ่านการพิจารณา

2.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ได้จากข้อ 2.4 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Objective Congruence) ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

คะแนน +1 หมายถึง ข้อสอบมีความสอดคล้อง

คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องหรือไม่

คะแนน -1 หมายถึง ข้อสอบไม่มีความสอดคล้อง

2.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาคำนวณหาค่า IOC แล้วคัดเลือกเฉพาะข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งจากการคำนวณพบว่า ข้อสอบมีค่า IOC อยู่ในช่วง 0.33-1.00

2.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ที่ได้จากข้อ 2.6 ไปทดลองใช้กับนิสิตที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ศึกษาในหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต จำนวน 40 คน และตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.8 นำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 2.7 มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ ซึ่งผลจากการคำนวณพบว่า ค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ในช่วง 0.61-0.80 และค่าอำนาจจำแนก มีค่าอยู่ในช่วง 0.27-0.46 จากนั้นคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 6 ข้อ

2.9 คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.73

3. แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และด้านผู้สอน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดความพึงพอใจจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ในการวัดความพึงพอใจ

3.2 สร้างแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 25 ข้อ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความพึงพอใจโดยปรับปรุงแนวคิดมาจากแบบสอบถามความพึงพอใจของสรัยตระกูล อรรถมานะ (2541) ซึ่งใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert rating Scale) ดังนี้

5 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

3.3 นำแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาตรวจสอบ ปรับปรุง และแก้ไขเกี่ยวกับความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้เบื้องต้น

3.4 นำแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทมาปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำ ในเรื่องเกี่ยวกับความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นนำไปให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาโทตรวจสอบจนผ่านการพิจารณา

3.5 นำแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตรเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาว่าข้อความในแบบวัดความพึงพอใจที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมินหรือไม่ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Objective Congruence) ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

คะแนน +1 หมายถึง ข้อความมีความสอดคล้อง

คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อความสอดคล้องหรือไม่

คะแนน -1 หมายถึง ข้อความไม่สอดคล้อง

3.6 นำแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ได้จากข้อ 3.5 มาคำนวณหาค่า IOC ถ้าข้อความใดมีค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ผู้วิจัยจะนำมาปรับปรุง จากนั้นนำไปให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตรตรวจสอบจนผ่านการพิจารณาแล้วจึงนำมาใช้ในการทดลองกับนิสิตกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 ข้อ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ และศึกษาความพึงพอใจของนิสิตกลุ่มตัวอย่างหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว มีการทดสอบหลังเรียนเท่านั้น (One-Group Posttest-Only Design) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัยดังนี้

ตาราง 6 แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Posttest-Only Design

กลุ่ม	ทดลอง	สอบ
E	X	T

เมื่อ E แทน กลุ่มทดลอง

X แทน การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL

T แทน การทดสอบหลังเรียนของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง

การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที และใช้เวลาในการทดสอบหลังเรียน 120 นาที ซึ่งรายละเอียดการดำเนินการทดลอง มีดังนี้

1. ผู้วิจัยทำเรื่องขอความร่วมมือกับภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในการขอใช้นิสิตเป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลอง โดยการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์

2. ผู้วิจัยชี้แจงให้นิสิตกลุ่มตัวอย่างทราบถึงการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ เพื่อให้นิสิตได้ปฏิบัติตนได้ถูกต้องในระหว่างการเรียนรู้

3. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้กับนิสิตกลุ่มตัวอย่างจำนวน 31 คน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อเสร็จสิ้นการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึง 4 ผู้วิจัยให้นิสิตกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ และแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ และตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4. ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ และแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนิสิตมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตรวจสอบจำนวนนิสิตที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

3. ทดสอบสมมติฐานว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด โดยใช้การทดสอบทวินาม (Binomial Test)

4. นำคะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลผลความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL โดยการแปลผลระดับความพึงพอใจใช้เกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 4.50-5.00 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจมากที่สุดหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 3.50-4.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจมากหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 2.50-3.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจปานกลางหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.50-2.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจน้อยหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.00-1.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจน้อยที่สุดหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นโดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) สำหรับแบบทดสอบอัตนัย
3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบทวินาม (Binomial Test)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL และศึกษาความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่เป็นกลุ่มทดลอง

แหล่งที่มาของ คะแนน	คะแนน เต็ม	ค่าเฉลี่ย เลขคณิต ($\bar{X}$)	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต คิดเป็นร้อยละของ คะแนนเต็ม	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
แบบทดสอบ	65	45.31	69.71	13.27

จากตาราง 7 พบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 45.31 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 69.71 ของคะแนนเต็ม และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.27

1.2 การทดสอบสมมติฐาน

เพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด ผู้วิจัยได้หาจำนวนนิสิตที่ได้คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม จากนั้นทดสอบสมมติฐานของการวิจัย โดยใช้การทดสอบทวินาม (Binomial Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย แสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด

จำนวนนิสิต (คน)	จำนวนนิสิตที่ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ของคะแนนเต็ม (คน)	ค่าสัดส่วนทดสอบ (Test. Prop.)	Exact Sig. (1-tailed)
31	24	0.60	0.033

*ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตาราง 8 พบว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 จำนวน 24 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 77.42 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด และนิสิตที่ได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 มีจำนวน 7 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.58 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด จากการทดสอบทวินาม (Binomial Test) พบว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .05

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ในการศึกษาความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความพึงพอใจของนิสิต โดยปรับปรุงแนวคิดมาจากแบบวัดความพึงพอใจของสร้อยตระกูล อรรถมานะ (2541) ใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert rating Scale) ดังนี้

5 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลผลความพึงพอใจโดยใช้เกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 4.50-5.00 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจมากที่สุดหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 3.50-4.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจมากหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 2.50-3.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจปานกลางหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.50-2.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจน้อยหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.00-1.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจน้อยที่สุดหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ผลการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ของนิสิตกลุ่มตัวอย่างจำนวน 31 คน แสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ข้อที่	ข้อความ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	ด้านการจัดการเรียนรู้			
1	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ทำให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์น่าสนใจมากขึ้น	4.06	0.73	พึงพอใจมาก
2	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนมากยิ่งขึ้น	4.00	0.68	พึงพอใจมาก
3	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน	4.10	0.65	พึงพอใจมาก
4	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในการแสดงความคิดเห็น และแก้ปัญหาร่วมกัน	4.19	0.70	พึงพอใจมาก
5	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดอย่างอิสระ	4.16	0.82	พึงพอใจมาก
6	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL มีขั้นตอนที่ชัดเจนเข้าใจง่าย	4.19	0.79	พึงพอใจมาก
7	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ส่งเสริมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาย่อยอย่างเป็นลำดับขั้นตอน	4.39	0.62	พึงพอใจมาก
8	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง	4.42	0.81	พึงพอใจมาก
9	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบ และมีความรอบคอบ	4.23	0.72	พึงพอใจมาก
10	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการแก้โจทย์ปัญหามากขึ้น	4.10	0.91	พึงพอใจมาก
11	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น	4.23	0.76	พึงพอใจมาก
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้านการจัดการเรียนรู้	4.19	0.75	พึงพอใจมาก

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้			
12	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน	4.13	0.62	พึงพอใจมาก
13	เนื้อหาเรียงตามลำดับจากง่ายไปยากได้อย่างเหมาะสม	4.16	0.78	พึงพอใจมาก
14	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับระยะเวลา	4.16	0.73	พึงพอใจมาก
15	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.13	0.72	พึงพอใจมาก
16	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีการประยุกต์เข้ากับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ	4.06	0.81	พึงพอใจมาก
17	ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย ไม่สับสน	4.00	0.89	พึงพอใจมาก
18	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้น่าสนใจ กระตุ้นความคิด และท้าทาย	4.19	0.70	พึงพอใจมาก
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	4.12	0.75	พึงพอใจมาก
	ด้านผู้สอน			
19	ผู้สอนให้ความเป็นกันเอง ทำให้บรรยากาศในการเรียนไม่ตึงเครียด	4.58	0.56	พึงพอใจมากที่สุด
20	ผู้สอนให้ความสนใจแก่ผู้เรียนอย่างทั่วถึงขณะสอน	4.10	0.83	พึงพอใจมาก
21	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่าง	4.45	0.72	พึงพอใจมาก

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
22	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามข้อสงสัย และสามารถตอบคำถามผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม	4.39	0.72	พึงพอใจมาก
23	ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ	4.23	0.62	พึงพอใจมาก
24	ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้เป็นไปตามแผนการและระยะเวลาที่กำหนดไว้	4.39	0.67	พึงพอใจมาก
25	ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม/ทีม	4.00	0.86	พึงพอใจมาก
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้านผู้สอน	4.30	0.73	พึงพอใจมาก
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตรวมทั้งฉบับ	4.20	0.75	พึงพอใจมาก

จากตาราง 9 พบว่า แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ซึ่งมีทั้งหมด 25 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ จำนวน 11 ข้อ ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 7 ข้อ และด้านผู้สอน จำนวน 7 ข้อ ผลการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจของนิสิตด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และด้านผู้สอน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 4.19, 4.12 และ 4.30 ตามลำดับ ซึ่งแปลความหมายตามเกณฑ์ได้ว่า นิสิตมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยที่ข้อความที่มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตมากที่สุดในด้านการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ “การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง” สำหรับด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และด้านผู้สอน ได้แก่ “เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ น่าสนใจ กระตุ้นความคิด และท้าทาย” และ “ผู้สอนให้ความเป็นกันเอง ทำให้บรรยากาศในการเรียนไม่ตึงเครียด” ตามลำดับ จากภาพรวมของการประเมิน พบว่า ผลการวัดความพึงพอใจของนิสิตมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตรวมทั้งฉบับเท่ากับ 4.20 ซึ่งแปลผลได้ว่า นิสิตมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

ความมุ่งหมาย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ โดยได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL

2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

สมมติฐานของการวิจัย

นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา คณ 211 (สมการเชิงอนุพันธ์) ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร ประจำปีการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 31 คน กลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหาในรายวิชา คณ 211 (สมการเชิงอนุพันธ์) ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ตัวแปรตาม คือ

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์
2. ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิง

อนุพันธ์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. กำหนดกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL

การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาแผนละ 150 นาที

2. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แต่ละแผนใช้เวลา 150 นาที 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และ 3) แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

หลังจากสร้างเครื่องมือวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำเครื่องมือเสนอต่อ คณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตรเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำเครื่องมือที่ผ่านการพิจารณาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความชัดเจนของข้อความ ความยากง่ายของปัญหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำเครื่องมือไปทดลองกับนิสิตที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ศึกษาในหลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต จำนวน 40 คน ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร แล้วปรับปรุงแก้ไขเครื่องมืออีกครั้งก่อนนำไปทดลองกับนิสิตกลุ่มตัวอย่าง

3. เก็บรวบรวมข้อมูล

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว มีการทดสอบหลังเรียนเท่านั้น (One-Group Posttest-Only Design) สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ บทบาทของครูและบทบาทของนิสิตในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ในแต่ละคาบให้นิสิตกลุ่มตัวอย่างได้ทราบ
2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้กับนิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 31 คน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แต่ละแผนใช้เวลา 150 นาที
3. เมื่อดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 4 แผนเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยให้นิสิตกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ จำนวน 6 ข้อ โดยใช้เวลาทำแบบทดสอบ 120 นาที และให้ทำแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ โดยใช้เวลา 10 นาที
4. ผู้วิจัยตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ แล้วนำคะแนนของนิสิตกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้

4. วิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ผู้วิจัยตรวจสอบจำนวนของนิสิตกลุ่มตัวอย่างที่ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป ของคะแนนเต็ม จากนั้นตรวจสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด โดยใช้การทดสอบทวินาม (Binomial Test)
3. ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลผลความพึงพอใจโดยใช้เกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 4.50-5.00 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจมากที่สุด หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 3.50-4.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจมากหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 2.50-3.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจปานกลาง
หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.50-2.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจน้อยหลังจาก
ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.00-1.49 หมายถึง นิสิตมีความพึงพอใจน้อยที่สุด
หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

สรุปผลการวิจัย

1. นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05

2. ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ของนิสิตอยู่ในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL พบว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากประเด็นต่อไปนี้

1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เป็นเทคนิคการสอนที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการสอนเรื่องการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นิสิตได้คิดวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ทั้งยังเปิดโอกาสให้นิสิตได้แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้นิสิตสามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและหลากหลายยิ่งขึ้น โดยขั้นตอนการแก้ปัญหตามขั้นตอน KWDL แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 K (What we know) เป็นขั้นตอนที่ให้นิสิตวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ จัดลำดับข้อมูล แยกแยะประเด็นปัญหา ในขั้นตอนนี้จะช่วยให้นิสิตทำความเข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจน จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า นิสิตส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง โดยระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ครบถ้วน มีเพียงนิสิตบางคนที่จะระบุ

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ไม่ครบถ้วนหรือไม่ระบุเลย ตัวอย่างเช่น “จงหาผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันที่กำหนดให้โดยใช้นิยามของผลการแปลงลาปลาซ เมื่อกำหนดให้ $f(t) = 1$ สำหรับ $t > 0$ ” นิสิตเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เพียง $f(t) = 1$ ซึ่งไม่ถูกต้อง ครูจึงอธิบายเพิ่มเติมจนกระทั่งนิสิตสามารถหาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ครบถ้วน คือ $f(t) = 1$ สำหรับ $t > 0$

ขั้นที่ 2 W (What we want to know) เป็นขั้นตอนที่ให้นิสิตวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ หาความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบเพื่อกำหนดแนวทางหรือวางแผนในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้นิสิตสามารถกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาหลากหลาย โดยครูเปิดโอกาสให้นิสิตได้แสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า นิสิตส่วนใหญ่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและวางแผนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง มีเพียงนิสิตบางคนที่จะระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ไม่ครบถ้วนหรือไม่ระบุเลยและวางแผนการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น ในเอกสารแนบแนวทาง 2 ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ “จงหาผลการแปลงลาปลาซของ $t(2 * \text{cost})$ ” นิสิตวางแผนการแก้ปัญหาโดยการหาค่าของ $2t * t \text{ cost}$ โดยใช้ทฤษฎีบทของสังวนนาการ จากนั้นจึงหาผลการแปลงลาปลาซของ $2t * t \text{ cost}$ ซึ่งไม่ถูกต้อง ครูจึงต้องอธิบายเพิ่มเติมและเน้นย้ำถึงสมบัติของผลการแปลงลาปลาซสังวนนาการ ซึ่งการวางแผนที่ถูกต้องคือ หาผลการแปลงลาปลาซของ $2 * \text{cost}$ จากนั้นจึงใช้สมบัติการคูณฟังก์ชันด้วย t หรืออีกวิธีหนึ่งคือ หาค่าของ $2 * \text{cost}$ โดยใช้ทฤษฎีบทของสังวนนาการ จากนั้นคูณด้วย t แล้วจึงหาผลการแปลงลาปลาซของ $t(2 * \text{cost})$

ขั้นที่ 3 D (What we do to find out) เป็นขั้นตอนที่ให้นิสิตดำเนินการแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบไว้โดยอาศัยข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 และ 2 ในขั้นตอนนี้นิสิตสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า นิสิตส่วนใหญ่แสดงวิธีหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง มีเพียงนิสิตบางคนที่เกิดความผิดพลาดในการคำนวณจนไม่สามารถแสดงการหาคำตอบที่ถูกต้องได้ ตัวอย่างเช่น ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ “จงหาผลเฉลยของระบบสมการเชิงอนุพันธ์โดยใช้การแปลงลาปลาซ โดยที่ $x' - 6x = -4y$, $y' - 2y = x$ และ $x(0) = 2$, $y(0) = 3$ เมื่อกำหนดให้ $L\{y(t)\} = Y(s)$ และ $L\{x(t)\} = X(s)$ ” สำหรับขั้นตอนการหาผลการแปลงลาปลาซผกผันเพื่อหาผลเฉลยของระบบสมการเชิงอนุพันธ์ ครูเปิดโอกาสให้นิสิตใช้เทคนิคต่าง ๆ ได้ตามความถนัด มีนิสิตบางส่วนใช้การแยกเศษส่วนย่อยและแยกเศษส่วนย่อยได้ไม่ถูกต้อง ทำให้หาผลการแปลงลาปลาซผกผันได้ไม่ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 L (What we learned) เป็นขั้นตอนที่ให้นิสิตสรุปสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นสอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดหรือไม่ และสรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า นิสิตส่วนใหญ่สามารถสรุปสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้อง ครบถ้วน มีเพียงนิสิตบางคนสรุปสิ่งที่โจทย์ไม่ถูกต้องเนื่องจากความผิดพลาดในการคำนวณในขั้นตอนที่ 3 สำหรับการสรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา นิสิตส่วนใหญ่เขียนความรู้ เทคนิคที่ได้จากการแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้นิสิตได้เห็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในครั้งต่อไป ตัวอย่างเช่น จัดรูปโดยใช้การแยกเศษส่วนย่อยจะทำให้หาผลแปลงลาปลาซผกผันที่ละพจน์ได้ง่ายขึ้น

จากขั้นตอนการแก้ปัญหาตามขั้นตอน KWDL ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในแต่ละขั้นตอนเป็นการเขียนสื่อสารที่ไม่ได้มุ่งหาคำตอบเพียงอย่างเดียว แต่ต้องการให้นิสิตวิเคราะห์เรียบเรียง และเขียนกระบวนการแก้ปัญหาอย่างละเอียดเพื่อให้คนอื่นเข้าใจวิธีการคิดของตนเอง ซึ่งมีส่วนช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวนีย์ บุญแก้ว(2554) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช และกฤษฎา วรพิน (2554) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL และการใช้คำถามระดับสูง ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ จักรพงษ์ ผิวนวล (2556) ที่ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษาและรุจิธร รักใหม่ (2557) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีพัทลุง จังหวัดพัทลุง ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวมานั้นได้ผลการวิจัยที่สอดคล้องกันว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ นิสิตส่วนใหญ่จึงมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี และสามารถใช้เทคนิค/วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา เมื่อครูเปิดโอกาสให้นิสิตได้ออกมานำเสนอผลการแก้ปัญหาที่ละขั้นตอนหน้าชั้นเรียน และให้นิสิตที่เหลือร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่เพื่อนนำเสนอ ซึ่งการฟังเพื่อนอธิบายอาจทำให้เกิดความเข้าใจมากกว่าการ

ฟังครูอธิบาย หากมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ครูสามารถปรับแก้ ให้คำแนะนำเพิ่มเติม สอดคล้องกับข้อสรุปของกรมวิชาการที่ว่า ครูควรเปิดโอกาสให้นิสิตได้นำเสนอแนวคิดของตนเองหรือเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม เพราะในการนำเสนอแต่ละครั้ง นิสิตมีโอกาสดำเนินการเห็นร่วมกัน หรือซักถามกันด้วยเหตุผล ครูสามารถอธิบายเพิ่มเติม หรือสรุปประเด็นสำคัญ ๆ ของสาระที่นำเสนอทำให้นิสิตเกิดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น จดจำสาระที่นำเสนอได้นาน และมีเจตคติที่ดีต่อการนำเสนอผลงานของตนเอง พร้อมที่จะให้ความร่วมมือกับกิจกรรมนั้น ๆ หรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (กรมวิชาการ, 2545)

1.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ บทนิยามของผลการแปลงลาปลาซ ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ ผลการแปลงลาปลาซผกผัน และการแก้สมการเชิงอนุพันธ์และระบบสมการเชิงอนุพันธ์โดยใช้การแปลงลาปลาซ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา คณ 211 (สมการเชิงอนุพันธ์) ที่เปิดสอนในหมวดวิชาบังคับตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2561 สำหรับนิสิตปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ นิสิตส่วนใหญ่จึงให้ความสนใจ มีความตั้งใจในการเรียน และเห็นประโยชน์ของเนื้อหาที่นำไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ หรือการศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับสูงต่อไป สังเกตได้จากนิสิตส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ซักถาม แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน เป็นการช่วยส่งเสริมบรรยากาศในการเรียนรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันภายในชั้นเรียน สอดคล้องกับอัมพร ม้าคนอง(2559) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้คิด แสดงวิธีคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์และสะท้อนความคิดของตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทน นอกจากนี้ หากผู้สอนยอมรับฟังความเห็นที่แตกต่างและเปลี่ยนความผิดพลาดเป็นโอกาสในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ผู้เรียนจะสะดวกใจที่จะเรียนรู้ และมีส่วนร่วมในชั้นเรียน

2. จากการศึกษาค้นคว้าความพึงพอใจของนิสิตปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ โดยภาพรวมพบว่า ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL อยู่ในระดับพึงพอใจมาก เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่า มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ส่งเสริมให้นิสิตมีส่วนร่วมในการเรียนมากยิ่งขึ้น โดยเปิดโอกาสให้นิสิตได้แสดงความคิดเห็นและแก้ปัญหาร่วมกัน นอกจากนี้ยังฝึกการคิด การแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างเป็นขั้นเป็นตอน การเรียนรู้จึงมีความหมายสำหรับนิสิต เมื่อการแก้ปัญหาประสบผลสำเร็จจึง

ทำให้เกิดความพึงพอใจ ภาคภูมิใจในผลของตนเอง สอดคล้องกับกฎการเรียนรู้ตามแนวคิดของ ฮัลล์ (Hull's systematics behavior theory) ที่กล่าวถึงแนวทางในการจัดการเรียนรู้ว่า การให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่เรียนมากขึ้น และการตอบสนองต่อการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อผู้เรียนได้รับการเสริมแรงในทางบวกเมื่อเข้าใกล้บรรลุเป้าหมาย (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, 2551) ทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของกนกพร เทพธิ (2558) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนการสอน

1.1 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหาโดยนิสิตต้องบันทึกที่ละขั้นตอนอย่างละเอียด ซึ่งอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายหรือรู้สึกเสียเวลาได้ ครูจึงควรเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการบันทึกในแต่ละขั้นตอน

1.2 ในช่วงเริ่มต้นของการจัดการเรียนรู้นิสิตบางคนจึงแก้ปัญหาตามเทคนิค KWDL ได้ไม่ครบถ้วน ครูจึงควรให้ความสำคัญกับการตรวจใบตรวจสอบความรู้เพื่อให้นักเรียนได้ทราบถึงข้อบกพร่องของตนเองและมีการเสริมแรงทางบวกเพื่อเป็นกำลังใจในการแก้ไขและพัฒนาตนเองต่อไป

1.3 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ใช้เวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นครูควรวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสม ในขณะเดียวกันครูควรชี้แนะ แนะนำ ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ปัญหาโดยไม่จำกัดเวลาจนเกินไป เพื่อให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมได้อย่างเต็มที่ และเตรียมแบบฝึกหัดเพิ่มเติมสำหรับนิสิตที่ทำงานเสร็จก่อน หากนิสิตทำงานไม่เสร็จในเวลาที่กำหนด ให้นักเรียนทำการบ้านและนำมาส่งในคาบถัดไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับเนื้อหาอื่น ๆ ที่เป็นโจทย์สถานการณ์ในระดับอุดมศึกษา โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL

2.2 ควรมีการวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เช่น การสื่อสาร การให้เหตุผล

บรรณานุกรม

- Baroody, A. J., & Coslick, R. T. (1993). *Problem Solving, Reasoning, and Communicating, K-8: Helping Children Think Mathematically*: Merrill.
- Bitter, G. G., Hatfield, M. M., & Edwards, N. T. (1989). *Mathematics methods for the elementary and middle school : a comprehensive approach*. Boston: Allyn and Bacon.
- Boyce, W. E. (1986). *Elementary differential equations and boundary value problems* (4 ed.). Singapore: John Wiley & Sons.
- Carr, E., & Ogle, D. (1987). K-W-L Plus: A Strategy for Comprehension and Summarization. *Journal of Reading*, 30(7), 626-631.
- Charles, R. I., Lester, F. K., & O'Daffer, P. G. (1987). *How to Evaluate Progress in Problem Solving*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- Cowell, D. W. (1986). *The marketing of services*. London: Heinemann.
- Czocher, J., & Tague, J. (2016). A Theoretical Approach to Ensuring Instructional and Curricular Coherence in the Flipped Classroom Model of a Differential Equations Course. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 2(2), 223-245.
- Finizio, N., & Ladas, G. E. (1982). *An introduction to differential equations with difference equations, Fourier series and partial differential equations*: Belmont, Calif. : Wadsworth Pub.
- Jackson, L. (2000). *Increasing Critical Thinking Skills To Improve Problem-Solving Ability in Mathematics*. (Dissertations (Master of Arts Action Research Project)), Saint Xavier University and Skylight Professional Development, Chicago.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2002). *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*.
- Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1987). *Problem solving : a handbook for teachers* (2 ed.). Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Maslow, A. H. (1954). *Motivation and personality*: New York: Harper.

- Maslow, A. H. (1970). *Motivation and personality* (2 ed.). New York: Harper & Row.
- Morse, N. C. (1958). *Satisfactions in the White-collar Job*. Michigan: University of Michigan.
- Ogle, D. M. (1986). K-W-L: A Teaching Model That Develops Active Reading of Expository Text. *The Reading Teacher*, 39(6), 564-570.
- Pólya, G. (1957). *How to Solve it: A New Aspect of Mathematical Method* (2 ed.). New York: Doubleday and Company.
- Rungfa Janjaruporn. (2005). *The development of a problem-solving instructional program to develop preservice teachers' competence in solving mathematical problems and their beliefs related to problem solving*. (A Disertation (Ed.D. (Mathematics Education))), Graduate School, Srinakharinwirot University, Bangkok.
- Shaw, J. M., & et al. (1997). Cooperative Problem Solving: Using K-W-D-L as an Organizational Technique. *Teaching Children Mathematics*, 3(9), 482-486.
- Tok, S. (2013). Effects of the know-want-learn strategy on students' mathematics achievement, anxiety and metacognitive skills. *Metacognition and Learning*, 8(2), 193-212. doi:10.1007/s11409-013-9101-z
- Vroom, V. H. (1967). *Work and motivation*. New York; London; Sydney: John Wiley and Sons, Inc.
- Wallerstein, H. (1971). *A dictionary of psychology*. New York: Penquin Book.
- Williams, K. M. (2003). Writing about the Problem-Solving Process to Improve Problem-Solving Performance. *mathteacher The Mathematics Teacher*, 96(3), 185-187.
- Wilson, J. W., Fernandez, M. L., & Hadaway, N. (1993). *Research ideas for the classroom: High school mathematics*. New York: Macmillan Publish Company.
- Wittmann, M. C., & Black, K. E. (2015). Mathematical Actions as Procedural Resources: An Example from the Separation of Variables. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2). doi:10.1103/PhysRevSTPER.11.020114
- Wolman, B. B. (1989). *Dictionary of Behavioral Science*. San Diego: Academic Press.
- กนกพร เทพธิ. (2558). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องระบบสมการเชิงเส้นสอง

ตัวแปร. (วิทยานิพนธ์ วท.ม.(คณิตศาสตร์ศึกษา)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

กมลกาญจน์ นพโสภณ. (2554). การศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง
"ร้อยละ" ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้เทคนิค K-W-D-L โรงเรียนประชา
นิเวศน์ กรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (สาขาการสอนคณิตศาสตร์)), บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการ. (2545). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน: กรุงเทพฯ :
กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

กฤษฎา วรพิน. (2554). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิลยู ดี
แอล และการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และ
ความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.
(การศึกษาคณิตศาสตร์)), บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คุณากร จำปาหอม, สมนึก ภัททิยธนี, & มะลิวัลย์ ฤณาพรธน์. (2018). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องลำดับและอนุกรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการสอน ที่มีการจัดกลุ่มนักเรียนและเรียงลำดับเนื้อหา
สาระต่างกัน. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

จักรพงษ์ ผิวฉวน. (2556). การศึกษาความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องการแปรผันโดยการ
จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิค K-W-D-L ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (สาขา
การสอนคณิตศาสตร์)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิรุตษ์ วงษ์อารักษ์. (2558). ความพึงพอใจต่อการเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรของนิสิตคณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การบริหารและการจัดการ
การศึกษา)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ชญาภา ใจโปร่ง. (2554). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่
หลากหลายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์)), บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ชัยพียะห์ สาละ. (2018). ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง ค่ากลางของข้อมูลที่มีต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น

- มัธยมศึกษาปีที่ 5. *JOURNAL OF EDUCATION NARESUAN UNIVERSITY*.
- ธนศักดิ์ หมวกทองกลาง. (2557). แคลคูลัสเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 1. ed.). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ธีรพล พากเพียรกิจ. (2558). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดโมเดลเมธอดและการเรียนการสอนแบบเน้นให้รู้คิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาคณิตศาสตร์)), บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- เนตรนรินทร์ พิมพ์มาศ. (2549). การพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน โดยใช้เทคนิคทีมเกมแข่งขัน TGT ร่วมกัน เทคนิค KWDL. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.
- บรอนสัน ริชาร์ด. (2542). โจทย์ 2500 ข้อ : สมการเชิงอนุพันธ์ (*Schaum's outline series : 2500 solved problems in differential equations*). กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล อินเทอร์เน็ตชันแนล เอ็นเตอร์ไพรส์.
- ปกเกศ ชนะโยธา. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเครือข่าย อินเทอร์เน็ต ที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ประสาธ อิศรปรีดา. (2549). สารัตถะจิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6 [แก้ไขปรับปรุง]. ed.). มหาสารคาม: ภาควิชาจิตวิทยา การศึกษาและการแนะแนว คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปราโมทย์ เดชะอำไพ. (2555). แคลคูลัสและสมการเชิงอนุพันธ์: วิชาヤขมที่ถูกบังคับให้เรียน. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ, (67), 11-14. Retrieved from https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/countfavor_article.asp?a=load&fileid=434&Run_no=dlikeiadbz
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์: ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12-15. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปรียา ชุมทรัพย์. (2550). สมการเชิงอนุพันธ์ 1. กรุงเทพฯ: ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2551). จิตวิทยาการศึกษา(*Educational psychology*): กรุงเทพฯ : ศูนย์

สื่อเสริมกรุงเทพ.

ปิยะนาถ เหมวิเศษ. (2551). การสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พรชัย สาตตราหา. (2544). สมการเชิงอนุพันธ์ = *Differential equations*. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรณี ชูทัย เจนจิต. (2545). จิตวิทยาการเรียนการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 5, [ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม] ed.). กรุงเทพฯ: เมธีพิปส์.

รุจิอร รักใหม่. (2557). การศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง ลำดับและอนุกรม โดยใช้เทคนิค KWDL สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีพัทลุง จังหวัดพัทลุง. (ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

วัชรวิภา เล่าเรียนดี. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 12 ed.). นครปฐม: เพชรเกษมพรินติ้ง กรุ๊ป.

ศิริพัฒน์ คงศักดิ์. (2550). การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเวลาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล และการจัดการเรียนรู้ตามแนว สสวท. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.). (2555a). การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: เอ็ดดูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.). (2555b). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3, แก้ไขเพิ่มเติม ed.). กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.

สร้อยตระกูล อรรถมานะ. (2541). พฤติกรรมองค์การ : ทฤษฎีและการประยุกต์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สำเร็จ ชื่นรังสิกุล. (2555). สมการเชิงอนุพันธ์ = *Differential equations* (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพจน์ ไร่ยางกูร. (2550). สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุพัฒนา เอื้อทวิเกียรติ. (2558). สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ (พิมพ์ครั้งที่ 2, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ] ed.).

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสาวนีย์ บุญแก้ว. (2554). การศึกษาความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค K-W-D-L โรงเรียนจุฬา
ภรณ์ราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช. (ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (การศึกษาคณิตศาสตร์)),
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัมพร ม้าคนอง. (2559). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ (พิมพ์
ครั้งที่ 3 ed.). กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

เอนก จันทจรูญ. (2545). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ชุดการเรียนการสอน. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์)),
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เอย์เรส แฟรงค์. (2542). ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์สมการเชิงอนุพันธ์ (*Theory and problems of
differential equations, SI (metric) ed*) (ฉบับระบบ SI (เมตริกซ์) ed.). กรุงเทพฯ: แมค
กรอ-ฮิล.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารแนบแนวทาง ตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ รวมทั้งความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีดังนี้

1. ผศ.ดร.พิศุทธรวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล

อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. ผศ.ปัญญาวัฒน์ หาอาษา

อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. อ.ดร.ธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์

อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคผนวก ข
การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

1.1 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทและผู้เชี่ยวชาญ 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยพิจารณาว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

คะแนน +1 หมายถึง ข้อสอบมีความสอดคล้อง

คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องหรือไม่

คะแนน -1 หมายถึง ข้อสอบไม่มีความสอดคล้อง

1.2 คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแต่ละข้อสอบ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยใช้สูตรคำนวณ คือ

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
	R_i	แทน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i
	i	แทน	จำนวนตั้งแต่ 1 ถึง N
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า IOC ของแต่ละข้อคำถาม เป็นดังที่แสดงในตาราง 10

ตาราง 10 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

แบบทดสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	0	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
2	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

คัดเลือกแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ เฉพาะข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งทุกข้อมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ยกเว้นข้อที่ 1

2. หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

2.1 หาค่าความยากง่ายแต่ละข้อของแบบทดสอบ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบแบบ
อันดับของวิทนีและซาเบอร์ส (Whitney and Sabers)

$$p = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากง่าย
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำที่สุด

2.2 หาค่าอำนาจจำแนกแต่ละข้อ โดยใช้สูตรของวิทนีและซาเบอร์ส (Whitney and Sabers)

$$r = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำที่สุด

ตาราง 11 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.61	0.27
2	0.67	0.46
3	0.79	0.28
4	0.80	0.38
5	0.75	0.39
6	0.69	0.35

คัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20-1.00 :ซึ่งทุกข้อมีค่าค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบัค (Cronbach) สำหรับแบบทดสอบอัตนัย

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด
	n	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	$\sum$	แทน	ผลรวม
	s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ
	s_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของ ครอนบัค สำหรับแบบทดสอบอัตนัย เท่ากับ 0.73



ภาคผนวก ค
การหาคุณภาพของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL
เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

การหาคุณภาพของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วย
เทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัด
ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

1.1 นำแบบวัดความพึงพอใจที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญา
นิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยพิจารณาว่าแบบวัด
ความพึงพอใจที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมินหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

คะแนน +1 หมายถึง ข้อความมีความสอดคล้อง

คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อความสอดคล้องหรือไม่

คะแนน -1 หมายถึง ข้อความไม่สอดคล้อง

1.2 คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแต่ละข้อความ แล้วคัดเลือก
ข้อความที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยใช้สูตรคำนวณ คือ

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความกับจุดประสงค์
	R_i	แทน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i
	i	แทน	จำนวนตั้งแต่ 1 ถึง N
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า IOC ของแต่ละข้อความ เป็นดังที่แสดงในตาราง 12

ตาราง 12 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ข้อความ ที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 12 (ต่อ)

ข้อความที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

คัดเลือกแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง
 สมการเชิงอนุพันธ์ เฉพาะข้อความที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความกับด้านที่ต้องการ
 ประเมิน (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งทุกข้อมีค่า IOC มากกว่า 0.5





ภาคผนวก ง
การทดสอบสมมติฐานของงานวิจัย

ตาราง 13 คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง
สมการเชิงอนุพันธ์ ของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 65 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละของ คะแนนเต็ม
1	42	64.62
2	39	60.00
3	47.5	73.08
4	26.5	40.77
5	39	60.00
6	57	87.69
7	28	43.08
8	63	96.92
9	65	100.00
10	59.5	91.54
11	53	81.54
12	53.5	82.31
13	41.5	63.85
14	60.5	93.08
15	30.5	46.92
16	17	26.15
17	46	70.77
18	65	100.00
19	39	60.00
20	63.5	97.69
21	39	60.00
22	31	47.69
23	56.5	86.92

ตาราง 13 (ต่อ)

คนที่	คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 65 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละของ คะแนนเต็ม
24	48	73.85
25	49.5	76.15
26	48.5	74.62
27	41	63.08
28	21.5	33.08
29	57	87.69
30	30.5	46.92
31	46	70.77

การทดสอบสมมติฐานที่ว่า นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด โดยใช้การทดสอบทวินาม (Binomial Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตาราง 14

ตาราง 14 การทดสอบทวินาม (Binomial Test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

	Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Asymp. Sig. (1-tailed)	Exact Sig. (1-tailed)
Group 1	1.00	24	.8	.6	.033 ^a	.033
Group 2	.00	7	.2			
Total		31	1.0			

a. Based on Z Approximation

สมมติฐาน คือ $H_0 : p \leq 0.60$

$H_1 : p > 0.60$

สถิติทดสอบ คือ $\Pr(X \geq 24 \text{ เมื่อ } p = 0.60)$

ขอบเขตวิกฤติของการทดสอบ คือ ปฏิเสธ H_0 ถ้า $\Pr(X \geq 24 \text{ เมื่อ } p = 0.60) < .05$

เนื่องจาก $0.033 < 0.05$ เพราะฉะนั้น ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

นั่นคือ นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05





ภาคผนวก จ
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา คณ 211 สมการเชิงอนุพันธ์

เรื่อง ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ

ปีการศึกษา 2561 ภาคการศึกษาที่ 2

เวลา 150 นาที

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์: เพื่อให้นิสิต

1.1.1 หาผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันแกมมาที่กำหนดให้ได้

1.1.2 หาผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันการของฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้

1.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: เพื่อให้นิสิต

1.2.1 แก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนที่ KWDL

1.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์: เพื่อให้นิสิต

1.3.1 มีส่วนร่วมในการทำงานที่มอบหมาย

1.3.2 มีความรับผิดชอบในการทำงานที่มอบหมาย

1.3.3 มีความรับผิดชอบในการทำงานของกลุ่ม

1.3.4 มีส่วนร่วมในการอภิปรายของชั้นเรียน

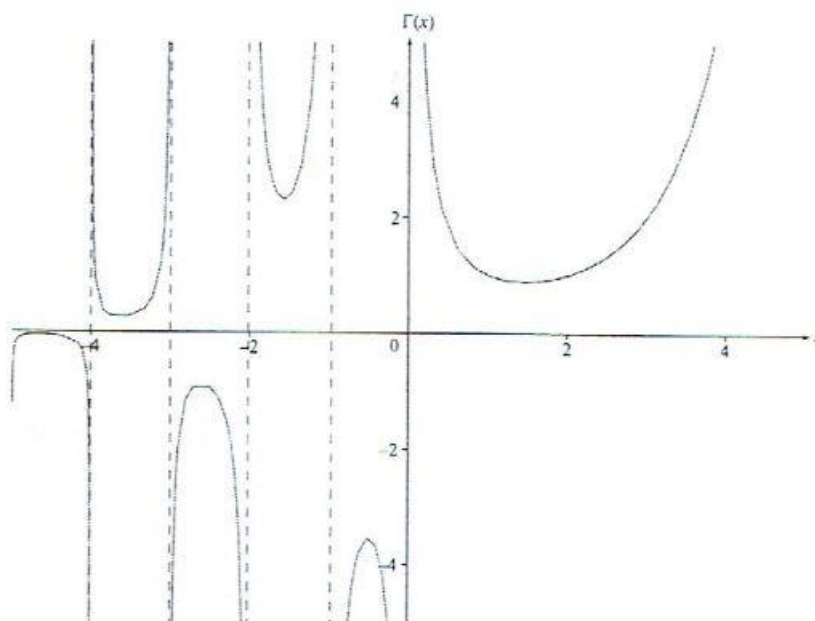
2. สาระสำคัญ

2.1 ฟังก์ชันแกมมา(gamma function)

บทนิยาม 3.1 ฟังก์ชันแกมมา(gamma function) นิยามโดย

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{x-1} du$$

กราฟของฟังก์ชันแกมมา



สมบัติของฟังก์ชันแกมมา

1. $\Gamma(1) = 1$
2. $\Gamma(a+1) = a\Gamma(a)$, $a > 0$
3. $\Gamma(n+1) = n!$, $n = 0, 1, 2, \dots$
4. $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$

2.2 ผลการแปลงลาปลาซของสังวัตนาการ

บทนิยาม 4.1 กำหนดให้ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องเป็นช่วงบน $[0, \infty)$ และเป็นฟังก์ชันที่มีอันดับชี้กำลัง สังวัตนาการ(convolution) ของฟังก์ชัน $f(t)$ และ $g(t)$ เขียนแทนด้วย $f(t) * g(t)$ หรือ $(f * g)(t)$ กำหนดโดย

$$f(t) * g(t) = \int_0^t f(t-t)g(t-t)dt$$

สมบัติของสังวนนาการ

1. สมบัติการสลับที่ $f * g = g * f$
2. สมบัติการแจกแจงสำหรับการบวก $f * (g + h) = (f * g) + (f * h)$
3. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ $f * (g * h) = (f * g) * h$

ทฤษฎีบท 4.1 ทฤษฎีบทสังวนนาการ

กำหนดให้ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องเป็นช่วงบน $[0, \infty)$ และเป็นฟังก์ชันที่มีอันดับชี้กำลัง โดยที่ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันที่มีผลการแปลงลาปลาซ ดังนั้น จะได้ว่า

$$L\{f(t) * g(t)\} = L\{f(t)\}L\{g(t)\}$$

3. สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารแนะแนวทาง 2 (สำหรับนิสิตแต่ละคน)
2. ใบตรวจสอบความรู้ 2 (สำหรับนิสิตแต่ละคน)

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ขั้นนำ มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ครูทบทวนความรู้เดิม เรื่อง นิยามของผลการแปลงลาปลาซ การหาผลการแปลงลาปลาซโดยใช้นิยามของผลการแปลงลาปลาซ สมบัติพื้นฐานของผลการแปลงลาปลาซ โดยใช้วิธีการถาม-ตอบและยกตัวอย่างประกอบ

4.2 ขั้นสอน มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ครูแจกเอกสารแนะแนวทาง 2 ให้นิสิตแต่ละคน ให้นิสิตศึกษาเอกสารแนะแนวทาง 2 น.1

4.2.2 ครูอธิบาย “บทนิยามของฟังก์ชันแกมมา” และ “สมบัติของฟังก์ชันแกมมา”

4.2.3 ครูยกตัวอย่างการหาค่าของฟังก์ชันแกมมา

4.2.4 ครุยยกตัวอย่างที่ 3.1 เพื่อแสดงการหาค่าปริพันธ์ของฟังก์ชันโดยใช้บทนิยามของฟังก์ชันแกมมาและสมบัติของฟังก์ชันแกมมา โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

1) สิ่งที่เราสนใจที่กำหนดให้คืออะไร

[นิสิตควรตอบว่า $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx, u = x, a = 3$]

2) สิ่งที่เราสนใจต้องการทราบคืออะไร

[นิสิตควรตอบว่า $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx$]

3) นิสิตมีวิธีการหาสิ่งที่เราต้องการทราบได้อย่างไร

[นิสิตควรตอบว่า ใช้บทนิยามของฟังก์ชันแกมมาและสมบัติของฟังก์ชันแกมมา]

4) จงแสดงวิธีการหาคำตอบตามที่กำหนดไว้ในข้อ 3)

[นิสิตควรตอบว่า $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx = \Gamma(4) = 3! = 6$]

5) สรุปคำตอบที่ได้จากข้อ 4)

[นิสิตควรตอบว่า $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx = 6$]

6) จากการดำเนินการปัญหา นิสิตได้เรียนรู้อะไร

[นิสิตควรตอบว่า การจัดรูปฟังก์ชันใหม่จะทำให้ง่ายขึ้น และสามารถใช้นิยามของผลการแปลงลาปลาซได้]

4.2.5 ครูอธิบายยกตัวอย่างที่ 3.2-3.4 โดยใช้ประเด็นคำถามในลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างที่ 3.1

4.2.6 เพื่อให้ นิสิตมีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของฟังก์ชันแกมมามากยิ่งขึ้น ครูให้นิสิตแต่ละคนลงมือแก้ปัญหาตัวอย่างที่ 3.5-3.6 ด้วยตนเอง โดยใช้ประเด็นคำถามในลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างที่ 3.1

4.2.7 ในระหว่างที่ นิสิตแต่ละคนลงมือแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย ครูเป็นผู้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม

4.2.8 ครูสุ่มหรือเลือกนิสิต 1-2 คน ให้นิสิตนำเสนอคำตอบของตัวอย่างที่ 3.5-3.6

4.2.9 ขณะที่นิสิตนำเสนอคำตอบหน้าชั้นเรียน ครูให้นิสิตที่เหลือร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่เพื่อนนำเสนอหน้าชั้นเรียน

4.2.10 ครูตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่นิสิตนำเสนอหน้าชั้นเรียน ถ้ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ให้ครูปรับแก้ให้ถูกต้องทันที

4.2.11 ครูอธิบาย “บทนิยามของสังวัตนาการ(convolution) ของฟังก์ชัน” และ “สมบัติของสังวัตนาการ”

4.2.12 ครูยกตัวอย่างที่ 4.1 เพื่อแสดงการหาค่าสังวัตนาการ (convolution) ของฟังก์ชัน โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

1) สิ่ง โจทย์กำหนดให้คืออะไร

[นิสิตควรตอบว่า $f(t) = e^{3t}$, $g(t) = e^{2t}$]

2) สิ่ง โจทย์ต้องการทราบคืออะไร

[นิสิตควรตอบว่า $e^{3t} * e^{2t}$]

3) นิสิตมีวิธีการหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้อย่างไร

[นิสิตควรตอบว่า ใช้บทนิยามสังวัตนาการ]

4) จงแสดงวิธีการหาคำตอบตามที่กำหนดไว้ในข้อ 3)

¥

[นิสิตควรตอบว่า $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx = G(4) = 3! = 6$]

5) สรุปคำตอบที่ได้จากข้อ 4)

[นิสิตควรตอบว่า

$$\begin{aligned} e^{3t} * e^{2t} &= \int_0^t e^{3t} e^{2(t-t)} dt = e^{2t} \int_0^t e^{3t} e^{-2t} dt = e^{2t} \int_0^t e^t dt \\ &= e^{2t} \left[e^t \right]_0^t = e^{2t} (e^t - 1) = e^{3t} - e^{2t} \end{aligned}$$

6) จากการดำเนินการปัญหา นิสิตได้เรียนรู้อะไร

[นิสิตควรตอบว่า จัดรูปฟังก์ชันใหม่จะทำให้ง่ายขึ้น และสามารถใช้บทนิยามของ ผลการแปลงลาปลาซได้]

4.2.13 เพื่อให้ นิสิตมีความเข้าใจเกี่ยวกับการหาค่าสังวัตนาการของฟังก์ชัน มาก ยิ่งขึ้น ครูให้นิสิตลงมือแก้ปัญหาในตัวอย่างที่ 4.2-4.3 ด้วยตนเอง โดยใช้ประเด็นคำถามใน ลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างที่ 4.1

4.2.14 ครูอธิบาย “ทฤษฎีบทผลการแปลงลาปลาซของสังวัตนาการของฟังก์ชัน”

4.2.15 ครูยกตัวอย่าง 4.4, 4.6 โดยใช้ประเด็นคำถามในลักษณะเดียวกันกับตัวอย่าง ที่ 4.1

4.2.16 เพื่อให้ นิสิตมีความเข้าใจเกี่ยวกับผลการแปลงลาปลาซของสังวัตนาการของ ฟังก์ชันมากยิ่งขึ้น ครูให้นิสิตลงมือแก้ปัญหาในตัวอย่างที่ 4.5, 4.7 ด้วยตนเอง โดยใช้ประเด็น คำถามในลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างที่ 4.1

4.2.17 ในระหว่างที่นิสิตแต่ละคนลงมือแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย ครูเป็นผู้ให้ คำแนะนำเพิ่มเติม

4.2.18 ครูสุ่มหรือเลือกนิสิต 1-2 คน ให้นิสิตนำเสนอคำตอบของตัวอย่างที่ 4.5, 4.7

4.2.19 ขณะที่นิสิตนำเสนอคำตอบหน้าชั้นเรียน ครูให้นิสิตที่เหลือร่วมกันตรวจสอบ ความถูกต้องของคำตอบที่เพื่อนนำเสนอหน้าชั้นเรียน

4.3 ขั้นสรุป มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนิสิตแต่ละคน ครูแจกใบตรวจสอบความรู้ให้ นิสิตแต่ละคน เพื่อเขียนคำตอบของตน

4.3.2 ครูและนิสิตร่วมกันสรุปสาระสำคัญ โดยการถามตอบจากใบตรวจสอบความรู้ ที่นิสิตได้ทำไป โดยครูเลือกนิสิตออกมาเป็นตัวแทนนำเสนอความคิดในการแก้โจทย์ปัญหา

4.3.3 ครูตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบแต่ละข้อของนิสิต พร้อมทั้งสรุปคำตอบ แต่ละข้ออีกครั้ง

4.3.4 ครูเก็บใบตรวจสอบความรู้ของนิสิตแต่ละคน เพื่อประเมินผลการเรียนรู้

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบนี้ มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ : 1. หาผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันเกมมาที่กำหนดให้ได้ 2. หาผลการแปลงลาปลาซของสังวัตนาการของฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้	วิธีวัดผล : พิจารณาจากการตอบคำถามในใบตรวจสอบความรู้ของนิสิต เครื่องมือวัดผล : ใบตรวจสอบความรู้ 2	เกณฑ์การประเมินผล : ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 1 ถ้า นิสิตได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 60 ถือว่าผ่าน
ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : 1. แก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอน KWDL	วิธีวัดผล : พิจารณาจากการตอบคำถามในใบตรวจสอบความรู้ของนิสิต เครื่องมือวัดผล : ใบตรวจสอบความรู้ 2	เกณฑ์การประเมินผล : ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 1 ถ้า นิสิตได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 60 ถือว่าผ่าน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ : 1. มีส่วนร่วมในการทำงานที่มอบหมาย 2. มีความรับผิดชอบในการทำงานที่มอบหมาย 3. มีความรับผิดชอบในการทำงานของกลุ่ม 4. มีส่วนร่วมในการอภิปรายของชั้นเรียน	วิธีวัดผล : พิจารณาพฤติกรรมหรือการแสดงออกของนิสิตขณะทำงานที่มอบหมายโดยมีครูเป็นผู้สังเกตแล้วบันทึกในแบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานของนิสิต เครื่องมือวัดผล : แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานของนิสิต	เกณฑ์การให้คะแนน : ในแต่ละข้อของแบบสังเกตพฤติกรรม ถ้า นิสิต แสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัด จะได้ คะแนน 2 คะแนน ถ้า นิสิต แสดงออกให้เห็นเพียงเล็กน้อย จะได้ คะแนน 1 คะแนน ถ้า นิสิต ไม่แสดงออกเลย จะได้ คะแนน 0 คะแนน เกณฑ์การประเมินผล : ถ้า นิสิต ได้คะแนน มากกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ถือว่าผ่าน

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานของนิสิต

วันที่: _____ เวลา _____

ชื่อกิจกรรม: _____

การให้คะแนน: ถ้าแสดงพฤติกรรมให้เห็นอย่างเด่นชัด จะได้ คะแนน 2 คะแนน

ถ้าแสดงพฤติกรรมให้เห็นเพียงเล็กน้อย จะได้ คะแนน 1 คะแนน

ถ้าไม่แสดงพฤติกรรมเลย จะได้ คะแนน 0 คะแนน

	พฤติกรรมที่ต้องการวัด และประเมินผล	นิสิตคนที่ 1 -10									
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
01	มีส่วนร่วมในการทำงานที่มอบหมาย										
02	มีความรับผิดชอบในการทำงานที่มอบหมาย										
03	มีความรับผิดชอบในการทำงานของกลุ่ม										
04	มีส่วนร่วมในการอภิปรายของชั้นเรียน										
รวมคะแนน											

หมายเหตุ อาจสังเกตนิสิตมากกว่า 10 คนได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความต้องการของครูผู้สอน

6. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

6.1 ด้านนิสิต

(ระบุ ความรู้ /ทักษะและกระบวนการ/คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนิสิตที่พบ)

6.2 ด้านผู้สอน

(ระบุ ปัญหาหรือผลการจัดการเรียนรู้/ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป)

6.3 ด้านอื่นๆ (ถ้ามี)

ตารางการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ ตามขั้นตอน KWDL

K What I know	คะแนน
- ระบุสิ่งสำคัญที่สรุปได้จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด	2
- ระบุสิ่งสำคัญที่สรุปได้จากสถานการณ์ปัญหาได้บ้าง แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด	1
- ระบุสิ่งสำคัญที่สรุปได้จากสถานการณ์ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ	0
W What I want to find out	คะแนน
- ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องทั้งหมด	2
- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้บ้าง แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด	1
- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ	0
- วางแผนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
- วางแผนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน	1
- วางแผนการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่วางแผน	0
D What I did	คะแนน
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	3
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	2
- แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน	1
- แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงวิธีการหาคำตอบ	0
L What I learned	
- สรุปคำตอบของโจทย์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
- สรุปคำตอบของโจทย์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
- สรุปคำตอบของโจทย์ไม่ถูกต้องหรือไม่สรุปคำตอบ	0

เอกสารแนะนำแนวทาง 2: ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ

ในเอกสารแนะนำแนวทางนี้ เราจะศึกษาเกี่ยวกับผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ ได้แก่

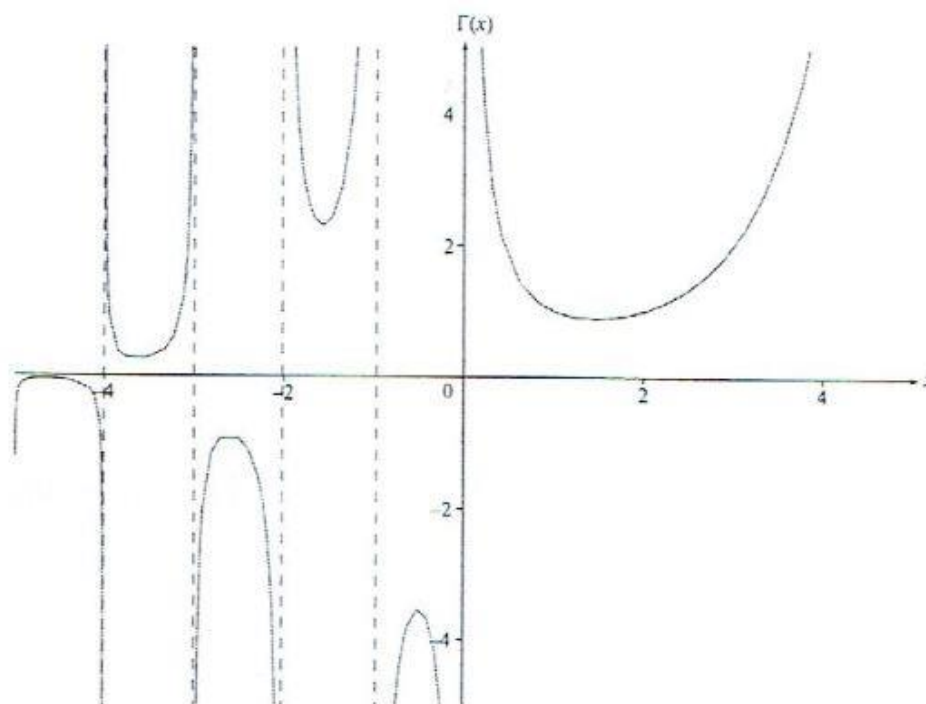
- 1) ฟังก์ชันแกมมา (gamma function)
- 2) ผลการแปลงลาปลาซของสังวัตนาการ (convolution)

3. ฟังก์ชันแกมมา(gamma function)

บทนิยาม 3.1 ฟังก์ชันแกมมา(gamma function) นิยามโดย

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{a-1} du, a > 0$$

กราฟของฟังก์ชันแกมมา



สมบัติของฟังก์ชันแกมมา

1. $\Gamma(1) = 1$
2. $\Gamma(a+1) = a\Gamma(a)$, $a > 0$ $\Gamma(a+1) = a\Gamma(a)$, $a > 0$
3. $\Gamma(n+1) = n!$, $n = 0, 1, 2, \dots$
4. $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{p}$

ตัวอย่างการหาค่าของฟังก์ชันแกมมา

1. $\Gamma(3) = \Gamma(2+1) = 2! = 2$
2. $\Gamma(5) =$
3. $\Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \Gamma\left(\frac{1}{2} + 1\right) = \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2} \sqrt{p}$
4. $\Gamma\left(\frac{5}{2}\right) =$
5. $\Gamma\left(\frac{7}{2}\right) =$
6. $\Gamma\left(\frac{4}{3}\right) = \Gamma\left(\frac{1}{3} + 1\right) = \frac{1}{3} \Gamma\left(\frac{1}{3}\right)$
7. $\Gamma\left(\frac{7}{3}\right) =$
8. $\Gamma\left(\frac{5}{4}\right) =$
9. $\Gamma\left(\frac{7}{5}\right) =$

ตัวอย่างที่ 3.1 จงหาค่าของ $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 3.2 จงหาค่าของ $\int_0^{\infty} x^6 e^{-2x} dx$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 3.3 จงหาค่าของ $\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 3.4 จงหาค่าของ $L\{t^a\}$, $a > -1$, $s > 0$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 3.5 จงหาค่าของ $L\{t^{\frac{1}{2}}\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 3.6 จงหาค่าของ $L\{t^{-\frac{1}{2}}\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

4. ผลการแปลงลาปลาซของสังวัตนาการ

บทนิยาม 4.1 กำหนดให้ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องเป็นช่วงบน $[0, \infty)$ และเป็นฟังก์ชันที่มีอันดับชี้กำลัง สังวัตนาการ(convolution) ของฟังก์ชัน $f(t)$ และ $g(t)$ เขียนแทนด้วย $f(t) * g(t)$ หรือ $(f * g)(t)$ กำหนดโดย

$$f(t) * g(t) = \int_0^t f(t-\tau)g(\tau) d\tau$$

สมบัติของสังวัตนาการ

1. สมบัติการสลับที่ $f * g = g * f$
2. สมบัติการแจกแจงสำหรับการบวก $f * (g + h) = (f * g) + (f * h)$
3. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ $f * (g * h) = (f * g) * h$

ตัวอย่างที่ 4.1 จงหาค่าของ $e^{3t} * e^{2t}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 4.2 จงหาค่าของ $t * \cos t$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 4.3 จงหาค่าของ $1 * t^2$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ทฤษฎีบท 4.1 ทฤษฎีบทสังวัตนาการ

กำหนดให้ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องเป็นช่วงบน $[0, \infty)$ และเป็นฟังก์ชันที่มีอันดับชี้กำลัง โดยที่ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันที่มีผลการแปลงลาปลาซ ดังนั้น จะได้ว่า

$$L\{f(t) * g(t)\} = L\{f(t)\}L\{g(t)\}$$

ตัวอย่างที่ 4.4 จงหาค่าของ $L\{e^{-3t} * \cos 2t\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 4.5 จงหาค่าของ $L\{t^2 * \sinh 3t * e^{-3t}\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 4.6 จงหา $L\{t(2 * \cos t)\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่างที่ 4.7 กำหนดให้ $f(t) = e^{-t} + \int_0^t f(t) \sin(t - \tau) d\tau$ จงหา $F(s)$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

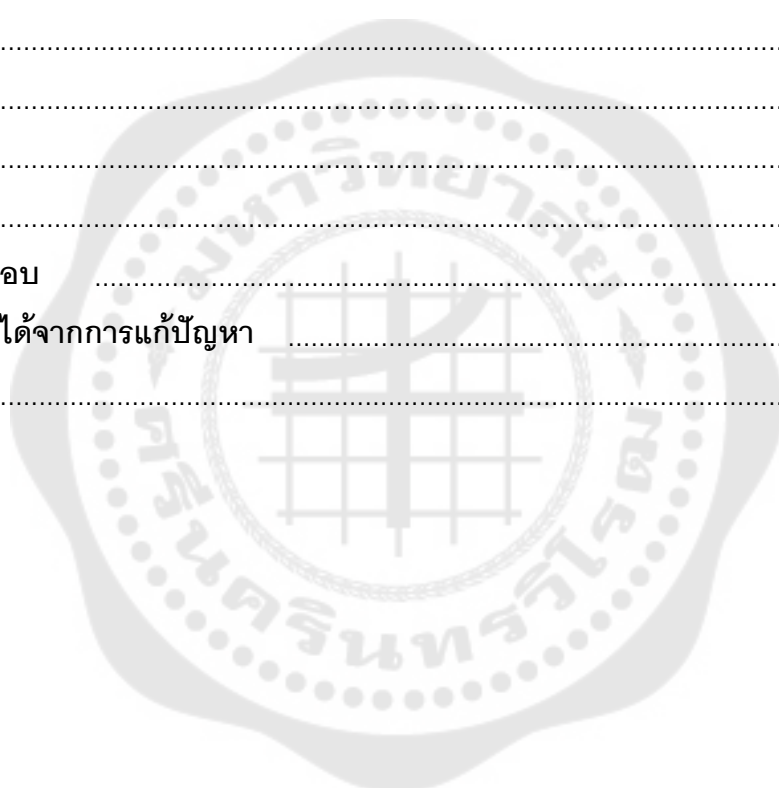
.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....



ชื่อ-สกุล..... เลขประจำตัวนิสิต..... section SC21

ใบตรวจสอบความรู้ 2: ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ

1. จงหาค่าของ $L\{t^{\frac{3}{2}}\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

2. จงหาค่าของ $L\{e^{2t}(3 * \sin 2t)\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

เฉลยเอกสารแนะแนวทาง 2: ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ

ในเอกสารแนะแนวทางนี้ เราจะศึกษาเกี่ยวกับผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ ได้แก่

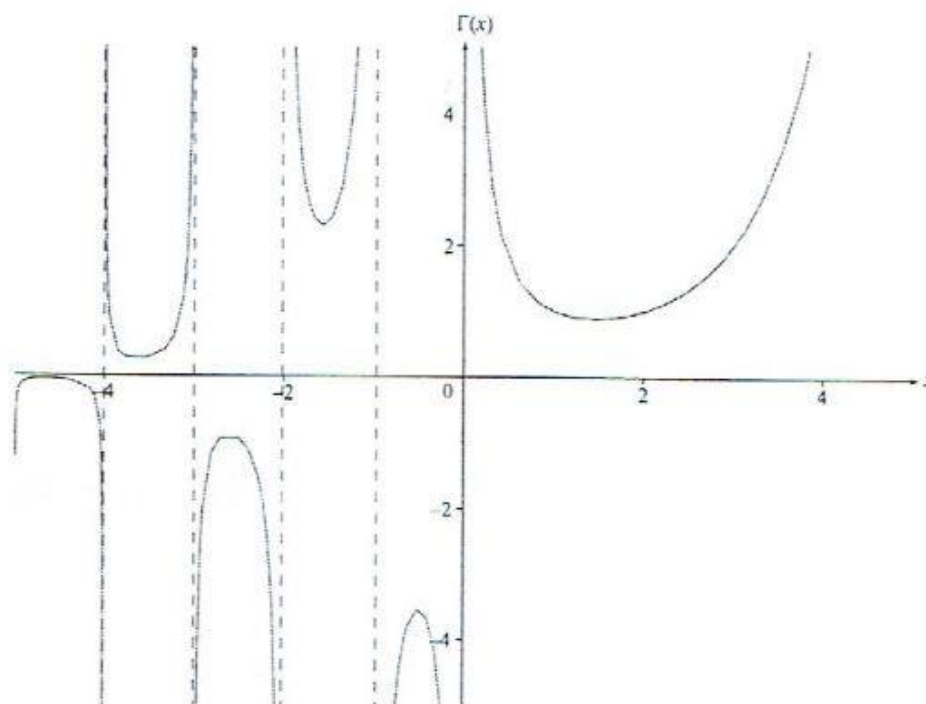
- 1) ฟังก์ชันแกมมา (gamma function)
- 2) ผลการแปลงลาปลาซของสังวัตนาการ (convolution)

3. ฟังก์ชันแกมมา(gamma function)

บทนิยาม 3.1 ฟังก์ชันแกมมา(gamma function) นิยามโดย

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{a-1} du, a > 0$$

กราฟของฟังก์ชันแกมมา



สมบัติของฟังก์ชันแกมมา

1. $\Gamma(1) = 1$
2. $\Gamma(a+1) = a\Gamma(a)$, $a > 0$ $\Gamma(a+1) = a\Gamma(a)$, $a > 0$
3. $\Gamma(n+1) = n!$, $n = 0, 1, 2, \dots$
4. $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{p}$

ตัวอย่างการหาค่าของฟังก์ชันแกมมา

1. $\Gamma(3) = \Gamma(2+1) = 2! = 2$
2. $\Gamma(5) = \Gamma(4+1) = 4! = 24$
3. $\Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \Gamma\left(\frac{1}{2} + 1\right) = \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2} \sqrt{p}$
4. $\Gamma\left(\frac{5}{2}\right) = \Gamma\left(\frac{3}{2} + 1\right) = \frac{3}{2} \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{3}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2} + 1\right) = \frac{3}{2} \times \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{3}{4} \sqrt{p}$
5. $\Gamma\left(\frac{7}{2}\right) = \Gamma\left(\frac{5}{2} + 1\right) = \frac{5}{2} \Gamma\left(\frac{5}{2}\right) = \frac{5}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{15}{8} \sqrt{p}$
6. $\Gamma\left(\frac{4}{3}\right) = \Gamma\left(\frac{1}{3} + 1\right) = \frac{1}{3} \Gamma\left(\frac{1}{3}\right)$
7. $\Gamma\left(\frac{7}{3}\right) = \Gamma\left(\frac{4}{3} + 1\right) = \frac{4}{3} \Gamma\left(\frac{4}{3}\right) = \frac{4}{3} \times \frac{1}{3} \Gamma\left(\frac{1}{3}\right) = \frac{4}{9} \Gamma\left(\frac{1}{3}\right)$
8. $\Gamma\left(\frac{15}{4}\right) = \frac{11}{4} \times \frac{7}{4} \times \frac{3}{4} \Gamma\left(\frac{3}{4}\right) = \frac{231}{64} \Gamma\left(\frac{3}{4}\right)$
9. $\Gamma\left(\frac{17}{5}\right) = \frac{12}{5} \times \frac{7}{5} \times \frac{2}{5} \Gamma\left(\frac{2}{5}\right) = \frac{168}{125} \Gamma\left(\frac{2}{5}\right)$

ตัวอย่างที่ 3.1 จงหาค่าของ $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $u = x, a = 4$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้นิยามของฟังก์ชันแกมมา โดยให้ $u = x, a = 4$

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$\text{จาก } \Gamma(a) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{a-1} du, a > 0$$

$$\text{ให้ } u = x, a = 4 \text{ จะได้ } \int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx = \Gamma(4) = 3! = 6$$

สรุปคำตอบ $\int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx = 6$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา พยายามจัดรูปให้ตรงกับนิยามของฟังก์ชันแกมมาจะทำให้ง่ายขึ้น

ตัวอย่างที่ 3.2 จงหาค่าของ $\int_0^{\infty} x^6 e^{-2x} dx$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $u = 2x$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $\int_0^{\infty} x^6 e^{-2x} dx$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้นิยามของฟังก์ชันแกมมา โดยให้ $u = 2x$

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$\text{จาก } \Gamma(a) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{a-1} du, a > 0$$

ให้ $u = 2x$ จะได้ว่า

$$\int_0^{\infty} x^6 e^{-2x} dx = \int_0^{\infty} \left(\frac{u}{2}\right)^6 e^{-u} \frac{1}{2} du = \frac{1}{2^7} \int_0^{\infty} u^6 e^{-u} du = \frac{\Gamma(7)}{2^7} = \frac{6!}{2^7} = \frac{45}{8}$$

สรุปคำตอบ $\int_0^{\infty} x^6 e^{-2x} dx = \frac{45}{8}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา ใช้บทนิยามของผลการแปลงลาปลาซแทนก็ได้

$$L\{t^6\} = \frac{6!}{s^7}; s = 2$$

ตัวอย่างที่ 3.3 จงหาค่าของ $\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$u = x^2$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

$$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx$$

วางแผนการแก้ปัญหา

ใช้นิยามของฟังก์ชันแกมมา โดยให้ $u = x^2$

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

จาก $G(a) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{a-1} du, a > 0$

ให้ $u = x^2$ จะได้ว่า $\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} e^{-u} u^{-\frac{1}{2}} du = \frac{1}{2} G\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2} \sqrt{\pi}$

สรุปคำตอบ $\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\pi}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา คำตอบที่ได้เป็นค่าคงที่ ไม่ใช่ตัวแปร

ตัวอย่างที่ 3.4 จงหาค่าของ $L\{t^a\}$, $a > -1, s > 0$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$L\{t^a\}, a > -1, s > 0$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

$$L\{t^a\}$$

วางแผนการแก้ปัญหา

ใช้นิยามของผลการแปลงลาปลาซและนิยามของฟังก์ชันแกมมา โดยให้ $st = u$

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$L\{t^a\} = \int_0^\infty e^{-st} t^a dt$$

ให้ $st = u$ จะได้ว่า $dt = \frac{1}{s} du$

$$L\{t^a\} = \int_0^\infty e^{-st} t^a dt = \int_0^\infty e^{-u} \left(\frac{u}{s}\right)^a \frac{1}{s} du = \frac{1}{s^{a+1}} \int_0^\infty e^{-u} u^a du$$

$$\text{เนื่องจาก } \int_0^\infty e^{-u} u^a du = \Gamma(a+1)$$

$$\text{ดังนั้น } L\{t^a\} = \frac{1}{s^{a+1}} \int_0^\infty e^{-u} u^a du = \frac{1}{s^{a+1}} \Gamma(a+1), a > -1, s > 0$$

สรุปคำตอบ $L\{t^a\} = \frac{1}{s^{a+1}} \Gamma(a+1), a > -1, s > 0$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา กำหนดโดเมนของผลการแปลงลาปลาซด้วย

ตัวอย่างที่ 3.5 จงหาค่าของ $L\{t^{\frac{1}{2}}\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$f(t) = t^{\frac{1}{2}}$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

$$L\{t^{\frac{1}{2}}\}$$

วางแผนการแก้ปัญหา

ใช้สมบัติของฟังก์ชันแกมมา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

จากตัวอย่างที่ 3.4 จะได้

$$L\{t^{\frac{1}{2}}\} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2} + 1\right)}{s^{\frac{1}{2}+1}} = \frac{\frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{s^{\frac{3}{2}}} = \frac{1}{2s^{\frac{3}{2}}} \sqrt{p} = \frac{1}{2s} \sqrt{\frac{p}{s}}, s > 0$$

สรุปคำตอบ $L\{t^{\frac{1}{2}}\} = \frac{1}{2s} \sqrt{\frac{p}{s}}, s > 0$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

ถ้าโจทย์ไม่ได้กำหนดโดเมนของผลการแปลงลาปลาซไว้

โดเมนของผลการแปลงลาปลาซคือ $s > 0$

ตัวอย่างที่ 3.6 จงหาค่าของ $L\{t^{-\frac{1}{2}}\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$f(t) = t^{-\frac{1}{2}}$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

$$L\{t^{-\frac{1}{2}}\}$$

วางแผนการแก้ปัญหา

ใช้สมบัติของฟังก์ชันแกมมา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

จากตัวอย่างที่ 3.4 จะได้

$$L\{t^{-\frac{1}{2}}\} = \frac{\Gamma(\frac{1}{2} + 1)}{s^{-\frac{1}{2}+1}} = \frac{\Gamma(\frac{3}{2})}{s^{\frac{1}{2}}} = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{s}} = \sqrt{\frac{p}{s}}, s > 0$$

สรุปคำตอบ $L\{t^{-\frac{1}{2}}\} = \sqrt{\frac{p}{s}}, s > 0$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา ผูกใช้ตารางผลการแปลงลาปลาซ สังเกตเลขชี้กำลังของ t

4. ผลการแปลงลาปลาซของสังวัตนาการ

บทนิยาม 4.1 กำหนดให้ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องเป็นช่วงบน $[0, \infty)$ และเป็นฟังก์ชันที่มีอันดับชี้กำลัง สังวัตนาการ(convolution) ของฟังก์ชัน $f(t)$ และ $g(t)$ เขียนแทนด้วย $f(t) * g(t)$ หรือ $(f * g)(t)$ กำหนดโดย

$$f(t) * g(t) = \int_0^t f(t)g(t - t)dt$$

สมบัติของสังวนนาการ

1. สมบัติการสลับที่ $f * g = g * f$
2. สมบัติการแจกแจงสำหรับการบวก $f * (g + h) = (f * g) + (f * h)$
3. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ $f * (g * h) = (f * g) * h$

ตัวอย่างที่ 4.1 จงหาค่าของ $e^{3t} * e^{2t}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = e^{3t}, g(t) = e^{2t}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $e^{3t} * e^{2t}$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้บทนิยามสังวนนาการ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$\begin{aligned}
 \text{เนื่องจาก} \quad f(t) * g(t) &= \int_0^t f(t-t)g(t-t)dt \\
 e^{3t} * e^{2t} &= \int_0^t e^{3t}e^{2(t-t)}dt = e^{2t} \int_0^t e^{3t}e^{-2t}dt = e^{2t} \int_0^t e^t dt \\
 &= e^{2t} \left[e^t \right]_0^t = e^{2t}(e^t - 1) = e^{3t} - e^{2t}
 \end{aligned}$$

สรุปคำตอบ $e^{3t} * e^{2t} = e^{3t} - e^{2t}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา สังวนนาการมีสมบัติการสลับที่ ลองฝึกทำ $e^{2t} * e^{3t}$

ตัวอย่างที่ 4.2 จงหาค่าของ $t * \cos t$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = t, g(t) = \cos t$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $t * \cos t$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้บทนิยามสังวนนาการ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$\text{เนื่องจาก } f(t) * g(t) = \int_0^t f(t)g(t-t)dt$$

$$t * \cos t = \int_0^t t \cos(t-t)dt$$

$$\begin{aligned} \int_0^t t \cos(t-t)dt &= -t \sin(t-t) - \int_0^t -\sin(t-t)dt \\ &= -t \sin(t-t) - (-\cos(t-t)) \\ &= -t \sin(t-t) + \cos(t-t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_0^t t \cos(t-t)dt &= -t \sin(t-t) - (-\cos(t-t)) \Big|_0^t \\ &= [(-t \sin(0) + 1) - (0 + \cos t)] = 1 - \cos t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos t * t &= \int_0^t (t-t) \cos t dt = (t-t) \sin t \Big|_0^t - \int_0^t -\sin t dt \\ &= (t-t) \sin t - \cos t \Big|_0^t = -\cos t + 1 \end{aligned}$$

สรุปคำตอบ $t * \cos t = 1 - \cos t$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา สังเกตว่าการมีสมบัติสลับที่ ควรเลือกอินทิเกรตฟังก์ชันที่ง่ายกว่า

ตัวอย่างที่ 4.3 จงหาค่าของ $1 * t^2$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = 1, g(t) = t^2$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $1 * t^2$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้บทนิยามสังวนการ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$\text{เนื่องจาก } f(t) * g(t) = \int_0^t f(t)g(t-t)dt$$

$$1 * t^2 = t^2 * 1 = \int_0^t t^2 dt = \frac{t^3}{3} \Big|_0^t = \frac{t^3}{3}$$

สรุปคำตอบ $t^2 * 1 = \frac{t^3}{3}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

ทฤษฎีบท 4.1 ทฤษฎีบทสังวัตนาการ

กำหนดให้ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องเป็นช่วงบน $[0, \infty)$ และเป็นฟังก์ชันที่มีอันดับที่จำกัด โดยที่ $f(t)$ และ $g(t)$ เป็นฟังก์ชันที่มีผลการแปลงลาปลาซ ดังนั้น จะได้ว่า

$$L\{f(t) * g(t)\} = L\{f(t)\}L\{g(t)\}$$

ตัวอย่างที่ 4.4 จงหาค่าของ $L\{e^{-3t} * \cos 2t\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$f(t) = e^{-3t}, g(t) = \cos 2t$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

$$L\{e^{-3t} * \cos 2t\}$$

วางแผนการแก้ปัญหา

ใช้ทฤษฎีบทสังวัตนาการ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

เนื่องจาก

$$L\{f(t) * g(t)\} = L\{f(t)\}L\{g(t)\}$$

$$L\{e^{-3t} * \cos 2t\} = L\{e^{-3t}\}L\{\cos 2t\}$$

$$= \frac{1}{s+3} \times \frac{s}{s^2+4} = \frac{s}{(s+3)(s^2+4)}, s > -3$$

สรุปคำตอบ $L\{e^{-3t} * \cos 2t\} = \frac{s}{(s+3)(s^2+4)}, s > -3$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

กำหนดโดเมนของผลการแปลงลาปลาซด้วย

ตัวอย่างที่ 4.5 จงหาค่าของ $L\{t^2 * \sinh 3t * e^{-3t}\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = t^2$, $g(t) = \sinh 3t$, $h(t) = e^{-3t}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $L\{t^2 * \sinh 3t * e^{-3t}\}$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทฤษฎีบทสังวนการ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

เนื่องจาก $L\{f(t) * g(t)\} = L\{f(t)\}L\{g(t)\}$

$$L\{t^2 * \sinh 3t * e^{-3t}\} = L\{t^2\}L\{\sinh 3t\}L\{e^{-3t}\}$$

$$= \frac{2}{s^3} \times \frac{3}{s^2 - 9} \times \frac{1}{s - 3}$$

$$= \frac{6}{s^3(s^2 - 9)(s - 3)}, s > 3$$

สรุปคำตอบ $L\{t^2 * \sinh 3t * e^{-3t}\} = \frac{6}{s^3(s^2 - 9)(s - 3)}, s > 3$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา ผูกใช้ตารางผลการแปลงลาปลาซ

ตัวอย่างที่ 4.6 จงหา $L\{t(2 * \cos t)\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = 2$, $g(t) = \cos t$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $L\{t(2 * \cos t)\}$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้บทนิยามสังวนการ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

วิธีที่ 1 หาค่า $2 * \cos t$ ในวงเล็บก่อน

$$2 * \cos t = \cos t * 2 = \int_0^t 2 \cos t \, dt = 2(-\sin t) \Big|_0^t = 2 \sin t$$

$$L\{t(2 * \cos t)\} = L\{t(2 \sin t)\} = 2L\{t \sin t\} = 2 \frac{\partial}{\partial s} \frac{2s}{(s^2 + 1)^2} = \frac{4s}{(s^2 + 1)^2}$$

วิธีที่ 2 จาก $L\{t^n f(t)\} = (-1)^n F^{(n)}(s)$ ให้ $f(t) = 2 * \cos t$

$$L\{tf(t)\} = (-1)F'(s) = -\frac{d}{ds}(F(s))$$

$$F(s) = L\{2 * \cos t\} = L\{2\}L\{\cos t\} = \frac{2}{s} \times \frac{s}{s^2 + 1} = \frac{2}{s^2 + 1}$$

$$\begin{aligned} L\{t(\cos t * 2)\} &= (-1)F'(s) = (-1)\frac{d}{ds}\left(\frac{2}{s^2 + 1}\right) \\ &= -\frac{2 \cdot (-2s)}{(s^2 + 1)^2} = \frac{4s}{(s^2 + 1)^2} \end{aligned}$$

สรุปคำตอบ $L\{t(2 * \cos t)\} = \frac{4s}{(s^2 + 1)^2}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา ใช้วิธีไหนต้องหาคูฟังก์ชันหรือปริพันธ์

ตัวอย่างที่ 4.7 กำหนดให้ $f(t) = e^{-t} + \int_0^t f(t) \sin(t - \tau) d\tau$ จงหา $F(s)$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = e^{-t} + \int_0^t f(t) \sin(t - \tau) d\tau$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $F(s)$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทฤษฎีบทสังวนการ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$f(t) = e^{-t} + \int_0^t f(t) \sin(t - \tau) d\tau$$

$$f(t) = e^{-t} + (f(t) * \sin t)$$

$$L\{f(t)\} = L\{e^{-t} + (f(t) * \sin t)\}$$

$$F(s) = L\{e^{-t}\} + L\{f(t) * \sin t\}$$

$$\begin{aligned}
 F(s) &= \frac{1}{s+1} + F(s) \frac{1}{s^2+1} \\
 1 - \frac{1}{s^2+1} F(s) &= \frac{1}{s+1} \\
 \frac{s^2}{s^2+1} F(s) &= \frac{1}{s+1} \\
 F(s) &= \frac{s^2+1}{s^2(s+1)}, s > -1
 \end{aligned}$$

สรุปคำตอบ $F(s) = \frac{s^2+1}{s^2(s+1)}, s > -1$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา



เฉลยใบตรวจสอบความรู้ 2: ผลการแปลงลาปลาซของฟังก์ชันพิเศษ

1. จงหาค่าของ $\mathcal{L}\{t^{\frac{3}{2}}\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$f(t) = t^{\frac{3}{2}}$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

$$\mathcal{L}\{t^{\frac{3}{2}}\}$$

วางแผนการแก้ปัญหา

ใช้สมบัติของฟังก์ชันแกมมา

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$\begin{aligned} \mathcal{L}\{t^{\frac{3}{2}}\} &= \frac{\Gamma\left(\frac{3}{2} + 1\right)}{s^{\frac{3}{2} + 1}} \\ &= \frac{\frac{3}{2} \Gamma\left(\frac{3}{2}\right)}{s^{\frac{5}{2}}} \\ &= \frac{\frac{3}{2} \times \frac{1}{2} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{s^{\frac{5}{2}}} \\ &= \frac{3\sqrt{p}}{4s^{\frac{5}{2}}}, s > 0 \end{aligned}$$

สรุปคำตอบ $\mathcal{L}\{t^{\frac{3}{2}}\} = \frac{3\sqrt{p}}{4s^{\frac{5}{2}}}, s > 0$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

2. จงหาค่าของ $L\{e^{2t}(3 * \sin 2t)\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = 3, g(t) = \sin 2t$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $L\{e^{2t}(3 * \sin 2t)\} L\{e^{2t}(3 * \sin 2t)\}$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทฤษฎีบทสังวนและการสมบัติการเลื่อนบทที่หนึ่ง

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$3 * \sin t = \sin t * 3 = \int_0^t 3 \sin t \, dt = 3(-\cos t \Big|_0^t)$$

$$= 3(-\cos t + 1) = -3\cos t + 3$$

$$L\{e^{2t}(3 * \sin 2t)\} = L\{e^{2t}(-3\cos t + 3)\}$$

$$L\{-3\cos t + 3\} = -3L\{\cos t\} + L\{3\} = \frac{-3s}{s^2 + 1} + \frac{3}{s}$$

$$L\{e^{2t}(3 * \sin 2t)\} = \frac{-3(s-2)}{(s-2)^2 + 1} + \frac{3}{s-2}, s > 2$$

สรุปคำตอบ $L\{e^{2t}(3 * \sin 2t)\} = \frac{-3(s-2)}{(s-2)^2 + 1} + \frac{3}{s-2}, s > 2$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

ภาคผนวก จ
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

ชื่อ-สกุล..... เลขประจำตัวนิสิต..... section SC21

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง การแปลงลาปลาซ

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. จงหาผลการแปลงลาปลาซของ $f(t)$ โดยใช้บทนิยามของผลการแปลงลาปลาซ โดยที่

$$f(t) = \begin{cases} 2, & 0 \leq t \leq 1 \\ t, & t^3 \leq 1 \end{cases}$$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

.....

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (ต่อ)

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

2. จงหาค่าของ $\int_0^{\pi} t^2 e^{-t} \sin t \, dt$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

.....

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

3. จงหาค่าของ $L \frac{1}{t} (1 * t^{\frac{1}{2}}) \frac{1}{b}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

.....

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

4. จงหาค่าของ $L^{-1} \frac{7}{(s-9)^5}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

.....

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

5. จงหาผลเฉลยของปัญหาค่าเริ่มต้นโดยใช้การแปลงลาปลาซ

$$\frac{dy}{dt} = \sin t + \int_0^t y(t - \tau) \cos \tau \, d\tau$$

โดยที่ $y(0) = 0$, $L\{y(t)\} = Y(s)$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

.....

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. จงหาผลเฉลยของระบบสมการเชิงอนุพันธ์โดยใช้การแปลงลาปลาซ

$$\begin{aligned} x' - 6x &= -4y \\ y' - 2y &= x \end{aligned} \quad \text{และ } x(0) = 2, y(0) = 3$$

กำหนดให้ $L\{y(t)\} = Y(s)$ และ $L\{x(t)\} = X(s)$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

วางแผนการแก้ปัญหา

.....

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (ต่อ)

สรุปคำตอบ

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

.....

เฉลยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง การแปลงลาปลาซ

จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. จงหาผลการแปลงลาปลาซของ $f(t)$ โดยใช้บทนิยามของผลการแปลงลาปลาซ โดยที่

$$f(t) = \begin{cases} 2, & 0 \leq t \leq 1 \\ t, & t > 1 \end{cases}$$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = \begin{cases} 2, & 0 \leq t \leq 1 \\ t, & t > 1 \end{cases}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $L\{f(t)\}$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้บทนิยามของผลการแปลงลาปลาซ $L\{f(t)\} = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt$
โดยแบ่งออกเป็นสองช่วง คือ $0 \leq t \leq 1$ และ $t > 1$

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } L\{f(t)\} &= \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt \\ L\{f(t)\} &= \int_0^1 e^{-st} f(t) dt + \int_1^{\infty} e^{-st} f(t) dt \\ &= \int_0^1 e^{-st} (2) dt + \int_1^{\infty} e^{-st} (t) dt \\ &= 2 \int_0^1 e^{-st} dt + \lim_{R \rightarrow \infty} \int_1^R e^{-st} t dt \end{aligned}$$

พิจารณา $\int_0^1 e^{-st} dt$

ให้ $u = -st$, $du = -s dt$ จะได้ว่า

$$\int_0^1 e^{-st} dt = \int_0^{-s} e^u \left(\frac{1}{-s} du \right) = -\frac{e^u}{s} = -\frac{e^{-st}}{s}$$

พิจารณา $\int_0^\infty e^{-st} dt$

ให้ $u = t$, $du = dt$, $dv = e^{-st} dt$, $v = \int e^{-st} dt = -\frac{e^{-st}}{s}$

จาก $\int u dv = uv - \int v du$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\int_0^\infty e^{-st} dt &= \left[t \left(-\frac{e^{-st}}{s} \right) - \int_0^\infty \left(-\frac{e^{-st}}{s} \right) dt \right]_0^\infty = -\frac{te^{-st}}{s} - \frac{1}{s} \int_0^\infty e^{-st} dt \\ &= -\frac{te^{-st}}{s} - \frac{1}{s} \left(-\frac{e^{-st}}{s} \right) = -\frac{e^{-st}}{s^2} (st + 1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L\{f(t)\} &= \lim_{R \rightarrow \infty} \left[\left(-\frac{te^{-st}}{s} - \frac{1}{s} \int_0^\infty e^{-st} dt \right) \right]_0^R \\ &= \lim_{R \rightarrow \infty} \left[-\frac{Re^{-sR}}{s} - \frac{1}{s} \left(-\frac{e^{-sR}}{s} \right) + \frac{1}{s} \right] \\ &= \lim_{R \rightarrow \infty} \left[-\frac{Re^{-sR}}{s} - \frac{1}{s^2} e^{-sR} + \frac{1}{s} \right] \\ &= -\frac{2e^{-s}}{s} + \frac{2}{s} + \frac{e^{-s}}{s} + \frac{e^{-s}}{s^2} \\ \therefore L\{f(t)\} &= \frac{2}{s} - \frac{e^{-s}}{s} + \frac{e^{-s}}{s^2}, s > 0\end{aligned}$$

สรุปคำตอบ $L\{f(t)\} = \frac{2}{s} - \frac{e^{-s}}{s} + \frac{e^{-s}}{s^2}, s > 0$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

2. จงหาค่าของ $\int_0^{\infty} t^2 e^{-t} \sin t \, dt$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $\int_0^{\infty} t^2 e^{-t} \sin t \, dt$, $f(t) = t^2 \sin t$, $s = 1$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $\int_0^{\infty} t^2 e^{-t} \sin t \, dt$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้บทนิยามของผลการแปลงลาปลาซ

โดยที่ $\int_0^{\infty} e^{-st} f(t) \, dt$; $f(t) = t^2 \sin t$, $s = 1$ และใช้ตารางผลการแปลงลาปลาซหาค่า

ของ $L\{f(t)\}$ จากนั้นแทนค่า $s = 1$

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

เนื่องจาก $\int_0^{\infty} e^{-st} t^2 \sin t \, dt = L\{t^2 \sin t\}$

$$L\{t \sin t\} = \frac{2s}{(s^2 + 1)^2}$$

$$\begin{aligned} L\{t^2 \sin t\} &= (-1) \frac{d}{ds} L\{t \sin t\} = - \frac{d}{ds} \left(\frac{2s}{(s^2 + 1)^2} \right) \\ &= - \frac{2(s^2 + 1)^2 - s \times 2 \times 2s(s^2 + 1)}{(s^2 + 1)^4} \\ &= - \frac{2(s^2 + 1 - 4s^2)}{(s^2 + 1)^3} = - \frac{2(-3s^2 + 1)}{(s^2 + 1)^3} \end{aligned}$$

ดังนั้น $\int_0^{\infty} t^2 e^{-t} \sin t \, dt = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) \, dt$; $f(t) = t^2 \sin t$, $s = 1$

แทนค่า $s = 1$ ใน $-\frac{2(-3s^2 + 1)}{(s^2 + 1)^3}$

จะได้ว่า $\int_0^{\infty} t^2 e^{-t} \sin t \, dt = \frac{-2(-3 + 1)}{(1 + 1)^3} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$

สรุปคำตอบ $\int_0^{\infty} t^2 e^{-t} \sin t \, dt = \frac{1}{2}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา คำตอบเป็นค่าคงที่ไม่ใช่ตัวแปร

3. จงหาค่าของ $L\{t(1 * t^{\frac{1}{2}})\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $f(t) = 1, g(t) = t^{\frac{1}{2}}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $L\{t(1 * t^{\frac{1}{2}})\}$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทฤษฎีบทผลการแปลงลาปลาซสังวัตนาการ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$L\{1 * t^{\frac{1}{2}}\} = L\{1\} \times L\{t^{\frac{1}{2}}\}$$

$$L\{1\} = \frac{1}{s}, \quad L\{t^{\frac{1}{2}}\} = \frac{\Gamma(\frac{1}{2} + 1) \frac{1}{s^{\frac{1}{2} + 1}}}{\Gamma(\frac{1}{2} + 1)} = \frac{1}{2} \frac{\Gamma(\frac{1}{2})}{s^{\frac{3}{2}}} = \frac{\sqrt{p}}{2s\sqrt{s}}, \quad s > 0$$

$$L\{1 * t^{\frac{1}{2}}\} = \frac{\Gamma(\frac{1}{2} + 1) \frac{\sqrt{p}}{2s\sqrt{s}}}{\Gamma(\frac{1}{2} + 1)} = \frac{\sqrt{p}}{2s^2\sqrt{s}}, \quad s > 0$$

$$L\{t(1 * t^{\frac{1}{2}})\} = (-1) \frac{d}{ds} \frac{\sqrt{p}}{2s^2\sqrt{s}} = - \frac{\sqrt{p}}{2} \times \frac{5}{2} s^{-\frac{7}{2}} = \frac{5\sqrt{p}}{4s^3\sqrt{s}}, \quad s > 0$$

สรุปคำตอบ $L\{t(1 * t^{\frac{1}{2}})\} = \frac{5\sqrt{p}}{4s^3\sqrt{s}}, \quad s > 0$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

4. จงหาค่าของ $L^{-1}\left\{\frac{7}{(s-9)^5}\right\}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $F(s) = \frac{7}{(s-9)^5}$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $L^{-1}\{F(s)\} = f(t)$

วางแผนการแก้ปัญหา ใช้ตารางผลการแปลงลาปลาซ

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$L^{-1}\{t^4\} = \frac{4!}{s^{4+1}} = F(s)$$

$$F(s-9) = \frac{4!}{(s-9)^{4+1}}$$

$$L^{-1}\left\{\frac{7}{(s-9)^5}\right\} = 7L^{-1}\left\{\frac{1}{(s-9)^{4+1}}\right\}$$

$$= \frac{7}{4!}L^{-1}\left\{\frac{4!}{(s-9)^{4+1}}\right\}$$

$$= \frac{7e^{9t}t^4}{4!}$$

$$L^{-1}\left\{\frac{7}{(s-9)^5}\right\} = \frac{7e^{9t}t^4}{24}$$

สรุปคำตอบ $L^{-1}\left\{\frac{7}{(s-9)^5}\right\} = \frac{7e^{9t}t^4}{24}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

5. จงหาผลเฉลยของปัญหาค่าเริ่มต้นโดยใช้การแปลงลาปลาซ

$$\frac{dy}{dt} = \sin t + \int_0^t y(t - \tau) \cos \tau \, d\tau$$

โดยที่ $y(0) = 0$, $L\{y(t)\} = Y(s)$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$\frac{dy}{dt} = \sin t + \int_0^t y(t - \tau) \cos \tau \, d\tau$$

$$y(0) = 0, L\{y(t)\} = Y(s)$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

$$y(t)$$

วางแผนการแก้ปัญหา

1. หาผลการแปลงลาปลาซทั้งสองข้างของสมการเชิงอนุพันธ์ในปัญหาค่าเริ่มต้นที่

กำหนดให้

$$\text{โดยที่ } L\{y(t)\} = Y(s)$$

2. แทนค่าเงื่อนไขเริ่มต้นที่กำหนดให้

3. แก้สมการพีชคณิตหา $Y(s)$

4. หาค่า $y(t)$ จาก $L^{-1}\{Y(s)\} = y(t)$

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$\frac{dy}{dt} = \sin t + \int_0^t y(t - \tau) \cos \tau \, d\tau$$

$$\frac{dy}{dt} = \sin t + y(t) * \cos t$$

$$L\left\{\frac{dy}{dt}\right\} = L\{\sin t + y(t) * \cos t\}$$

$$sY(s) - y(0) = L\{\sin t\} + L\{y(t) * \cos t\}$$

$$sY(s) - 0 = \frac{1}{s^2 + 1} + Y(s) \times \frac{s}{s^2 + 1}$$

$$sY(s) - \frac{s}{s^2 + 1}Y(s) = \frac{1}{s^2 + 1}$$

$$\left(s - \frac{s}{s^2 + 1}\right)Y(s) = \frac{1}{s^2 + 1}$$

$$\frac{s^3}{s^2 + 1}Y(s) = \frac{1}{s^2 + 1}$$

$$Y(s) = \frac{1}{s^3}$$

$$y(t) = L^{-1}\{Y(s)\} = L^{-1}\left\{\frac{1}{s^3}\right\} = \frac{1}{2!}L^{-1}\left\{\frac{2!}{s^{2+1}}\right\} = \frac{t^2}{2}$$

สรุปคำตอบ $y(t) = \frac{t^2}{2}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

6. จงหาผลเฉลยของระบบสมการเชิงอนุพันธ์โดยใช้การแปลงลาปลาซ

$$\begin{aligned} x' - 6x &= -4y & \text{และ } x(0) &= 2, y(0) = 3 \\ y' - 2y &= x \end{aligned}$$

กำหนดให้ $L\{y(t)\} = Y(s)$ และ $L\{x(t)\} = X(s)$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ $x' - 6x = -4y, y' - 2y = x$ และ $x(0) = 2, y(0) = 3$

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ $y(t), x(t)$

วางแผนการแก้ปัญหา

1. หาผลการแปลงลาปลาซทั้งสองข้างของสมการเชิงอนุพันธ์ในปัญหาค่าเริ่มต้นที่กำหนดให้

โดยที่ $L\{y(t)\} = Y(s)$ และ $L\{x(t)\} = X(s)$

2. แทนค่าเงื่อนไขเริ่มต้นที่กำหนดให้

3. แก้สมการพีชคณิตหา $Y(s), X(s)$

4. หาค่า $y(t), x(t)$ จาก $L^{-1}\{Y(s)\} = y(t)$ และ $L^{-1}\{X(s)\} = x(t)$

ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

$$x' - 6x = -4y \dots\dots\dots(1)$$

$$y' - 2y = x \dots\dots\dots(2)$$

จาก (1)

$$x' - 6x = -4y$$

$$L\{x' - 6x\} = L\{-4y\}$$

$$L\{x'\} - 6L\{x\} = -4L\{y\}$$

$$sX(s) - x(0) - 6X(s) = -4Y(s)$$

$$(s - 6)X(s) - 2 = -4Y(s)$$

$$(s - 6)X(s) + 4Y(s) = 2 \dots\dots\dots(3)$$

จาก (2)

$$y' - 2y = x$$

$$L\{y' - 2y\} = L\{x\}$$

$$L\{y'\} - 2L\{y\} = L\{x\}$$

$$sY(s) - y(0) - 2Y(s) = X(s)$$

$$(s - 2)Y(s) - 3 = X(s)$$

$$-X(s) + (s - 2)Y(s) = 3 \dots\dots\dots(4)$$

จาก (3) โดยกฎของเครมเมอร์ (Cramer's Rule)

$$\begin{aligned} X(s) &= \frac{\begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 3 & s-2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} s-6 & 4 \\ -1 & s-2 \end{vmatrix}} = \frac{2(s-2) - 12}{(s-6)(s-2) + 4} \\ &= \frac{2s - 16}{s^2 - 8s + 16} = \frac{2s - 16}{(s-4)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X(s) &= \frac{2s - 14}{(s - 4)^2} = \frac{2(s - 4) - 8}{(s - 4)^2} = \frac{2}{s - 4} - \frac{8}{(s - 4)^2} \\
 x(t) &= L^{-1}\{X(s)\} = L^{-1}\left\{\frac{2}{s - 4} - \frac{8}{(s - 4)^2}\right\} \\
 &= L^{-1}\left\{\frac{2}{s - 4}\right\} - L^{-1}\left\{\frac{8}{(s - 4)^2}\right\} = 2e^{4t} - 8te^{4t}
 \end{aligned}$$

จาก (4) โดยกฎของเครมเมอร์ (Cramer's Rule)

$$\begin{aligned}
 Y(s) &= \frac{\begin{vmatrix} s - 6 & 2 \\ -1 & 3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} s - 6 & 4 \\ -1 & s - 2 \end{vmatrix}} = \frac{3(s - 6) + 2}{(s - 6)(s - 2) + 4} \\
 &= \frac{3s - 16}{s^2 - 8s + 16} = \frac{3s - 16}{(s - 4)^2} \\
 Y(s) &= \frac{3s - 16}{(s - 4)^2} = \frac{3(s - 4) - 4}{(s - 4)^2} = \frac{3}{s - 4} - \frac{4}{(s - 4)^2} \\
 y(t) &= L^{-1}\{Y(s)\} = L^{-1}\left\{\frac{3}{s - 4} - \frac{4}{(s - 4)^2}\right\} \\
 &= L^{-1}\left\{\frac{3}{s - 4}\right\} - L^{-1}\left\{\frac{4}{(s - 4)^2}\right\} = 3e^{4t} - 4te^{4t}
 \end{aligned}$$

สรุปคำตอบ $x(t) = 2e^{4t} + 8te^{4t}$

$y(t) = 3e^{4t} - 4te^{4t}$

สรุปสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา การจัดรูปจะทำให้หาผลแปลงลาปลาซผกผันที่ละพจน์ได้ง่ายขึ้น

ภาคผนวก ข
แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL

เรื่อง สมการเชิงอนุพันธ์

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อความข้างล่างนี้แล้วตอบคำถาม โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่าน โปรดตอบโดยใช้ความรู้สึกครั้งแรกที่ท่านรู้สึกเมื่ออ่านข้อความนั้น

5 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ข้อ	ข้อความ	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
ด้านการจัดการเรียนรู้						
1	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ทำให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์ น่าสนใจมากขึ้น					
2	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ เรียนมากยิ่งขึ้น					
3	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาส แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน					
4	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในการ แสดงความคิดเห็น และแก้ปัญหาร่วมกัน					
5	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดอย่าง อิสระ					
6	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL มีขั้นตอนที่ชัดเจน เข้าใจง่าย					
7	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ส่งเสริมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาอย่าง เป็นลำดับขั้นตอน					
8	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วย ตนเอง					

ข้อ	ข้อความ	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
9	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ช่วยให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบ และมีความรอบคอบ					
10	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการ แก้ไขปัญหามากขึ้น					
11	การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียน มากขึ้น					
ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้						
12	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของผู้เรียน					
13	เนื้อหาเรียงตามลำดับจากง่ายไปยากได้อย่างเหมาะสม					
14	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับระยะเวลา					
15	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความหลากหลาย					
16	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีการประยุกต์เข้ากับเนื้อหาคณิตศาสตร์ อื่น ๆ					
17	ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการ เรียนรู้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย ไม่สับสน					
18	เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้น่าสนใจ กระตุ้นความคิด และท้าทาย					
ด้านผู้สอน						
19	ผู้สอนให้ความสำคัญกับตนเอง ทำให้บรรยากาศในการเรียนไม่ตึงเครียด					
20	ผู้สอนให้ความสนใจแก่ผู้เรียนอย่างทั่วถึงขณะสอน					
21	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดเห็นที่ แตกต่าง					
22	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามข้อสงสัย และสามารถตอบคำถาม ผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม					
23	ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยผู้สอนเป็นผู้ให้ คำแนะนำ					

ข้อ	ข้อความ	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
24	ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้เป็นไปตามแผนการและระยะเวลาที่กำหนดไว้					
25	ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม/ทีม					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปรางค์ตร รัตโนสถ
วัน เดือน ปี เกิด	24 กรกฎาคม 2534
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2552 มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสาริต"พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา พ.ศ. 2556 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	112/32 หมู่ 3 ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี 20180

