



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับ  
มัธยมศึกษาตอนต้น

Developing Patterns of Mathematical Process Skills Measuring  
Instruments for Lower Secondary Level

รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรฮะ  
ดร.บุญทอง บุญทวี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย  
จากสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน)  
ปีงบประมาณ 2559

## คำนำ

รายงานการวิจัย เรื่อง “การพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” ฉบับนี้เป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบ 3 ฉบับ ที่ใช้เป็นเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (entry skills test) แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (practice test) และ แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest) แบบทดสอบทั้งสามฉบับได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน สำหรับแบบทดสอบทักษะแรกเข้าได้ทดสอบกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในสถานศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นข้อมูลในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเกี่ยวกับความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถเป็นตัวอย่างสำหรับครูหรือผู้สนใจที่จะนำไปใช้ในการวัดและประเมินการพัฒนานักเรียนตามสมรรถภาพที่พึงประสงค์ของหลักสูตรและสมรรถภาพเพื่อการแข่งขันระดับนานาชาติ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณสถานศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการทดสอบ และขอบคุณวิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่ให้คณะผู้วิจัยได้มีโอกาสทำวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานการวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อครูคณิตศาสตร์และผู้สนใจที่จะใช้รูปแบบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นไปบูรณาการกับกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการคิดต่อไป

คณะผู้วิจัย

# สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	ง
บทคัดย่อ	จ
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
คำถามการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
การเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	5
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	8
เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์	9
คุณภาพของเครื่องมือการวัดผลประเมินผล	13
งานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา	17
การวิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์	18
การพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์และการตรวจสอบคุณภาพ	18
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	19
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	19
การเก็บรวบรวมข้อมูล	19
การวิเคราะห์ข้อมูล	20
บทที่ 4 ผลการวิจัย	21
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา	21
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์	22
ตอนที่ 3 การพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์และ	
การตรวจสอบคุณภาพ	23
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	28
สรุปผลการวิจัย	28
อภิปรายผล	29
ข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	33

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ผลการสอบ O-NET ปีการศึกษา 2556	5
ตารางที่ 2.2 คะแนนเฉลี่ยของผลการสอบ O-NET ปี 2555 และ 2556	5
ตารางที่ 3.1 กรอบการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์	19
ตารางที่ 3.2 เป้าหมายของผลผลิตและตัวชี้วัดของการพัฒนารูปแบบเครื่องมือ	20
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบระหว่างเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ประเทศไทย กับ PISA	24
ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์	25
ตารางที่ 4.3 บริบทและระดับความคิดตามกรอบของ PISA	25
ตารางที่ 4.4 สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการ	26
ตารางที่ 4.5 ร้อยละของการกระจายเนื้อหาและทักษะกระบวนการ(โดยประมาณ)	26
ตารางที่ 4.6 ลักษณะของแบบทดสอบ	27
ตารางที่ 4.7 คุณภาพเครื่องมือจำแนกตามประเภท	27

## สารบัญภาพ

ภาพที่ 4.1 รูปแบบการพัฒนาเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

หน้า

ง

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ รูปแบบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ใช้กรอบแนวคิดในการพัฒนา 3 แนวคิด ได้แก่ (1) การวัดผลประเมินผลของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการวัดผลประเมินความรู้และทักษะ 5 ระดับตามแนวคิดของบลูม (2) การวัดผลประเมินผลทักษะและกระบวนการคิดตามที่กำหนดไว้ในสาระที่ 6 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และ (3) การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของการสอบ PISA

รูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวัดโดยตรง (direct methods) ประกอบด้วยแบบทดสอบ 3 ชุด คือ แบบทดสอบทักษะแรกเข้า(40 ข้อ) แบบทดสอบปฏิบัติการระหว่างเรียน (20 ปฏิบัติการ รวม 60 ข้อ) และแบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (100 ข้อ)

ผลการวิจัยพบว่าแบบทดสอบทั้งสามฉบับมีรูปแบบการพัฒนาเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดที่มีมาตรฐาน และได้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน และคำนวณหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่า 0.86, 0.93 และ 0.93 ตามลำดับ สำหรับแบบทดสอบชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้าก็บกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ศึกษารายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและคณิตศาสตร์เพิ่มเติมในโรงเรียนของเขตการศึกษาต่าง ๆ รวม 1,880 คน โดยการตรวจสอบความเชื่อมั่น ความยากง่ายและอำนาจจำแนก ในระยะแรกคำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง 130 คน ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.815 (ระดับสูง) ค่าความยากง่าย 0.52 (ระดับยากปานกลาง)และอำนาจจำแนก 0.43 (ระดับจำแนกดี)

## บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ครั้งนี้มีบทสรุปสำหรับผู้บริหาร ใน 3 หัวข้อ คือ กรอบของการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กรอบของการพัฒนา เครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

### กรอบของการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้ระบุทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็น สาระที่ 6 คือ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในทุกสาระที่กำหนดในหลักสูตร ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทักษะที่จำเป็นในด้านต่าง ๆ เช่น (1) ทักษะและกระบวนการการแก้ปัญหา (problem solving) ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนที่เหมาะสมกับปัญหา การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีที่หลากหลาย และการทวนสอบหรือติดตามผลของการแก้ปัญหา (2) ทักษะและกระบวนการเชื่อมโยง (connections) ได้แก่ การเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของสาระต่าง ๆ เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ในการแก้ปัญหาหรือบูรณาการกับสาระอื่น ๆ ในชีวิตจริงที่สัมพันธ์กับคณิตศาสตร์ (3) ทักษะและกระบวนการให้เหตุผลและการพิสูจน์ (reasoning and proof) ได้แก่ การสำรวจข้อมูล และสร้างข้อคาดเดาหรือสมมุติฐาน การอ้างเหตุผลที่สมเหตุสมผล การพัฒนา เลือกและประเมินรูปแบบการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล (4) การสื่อความหมาย (communication) ได้แก่ การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง (5) การแสดงสิ่งแทนทางคณิตศาสตร์ (representation) ได้แก่ การเขียนแบบจำลอง การใช้กราฟ สัญลักษณ์ ในการแปลความหรือสื่อความหมาย

การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในประเทศไทยมุ่งหวังให้ผู้เรียนมีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามที่ระบุไว้ในหลักสูตร โดยสอดแทรกทักษะและกระบวนการดังกล่าวกับการเรียนรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ รวมทั้งการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำโครงการคณิตศาสตร์ของแต่ละระดับชั้น

การทดสอบระดับนานาชาติ เช่น TIMSS และ PISA ได้กำหนดกรอบแนวคิดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หรือ นักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ที่เน้นการใช้ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ ในชีวิตจริงที่เชื่อมโยงกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์รวมทั้งการสื่อความหมายและการแสดงเหตุผลประกอบสถานการณ์และแบบจำลองต่าง ๆ โดยแสดงผลการสอบที่แสดงการจัดอันดับ (ranking) ของประเทศ แต่การทดสอบระดับสถานศึกษาและระดับชาติ (O-NET) เป็นการทดสอบตามมาตรฐานหลักสูตร ซึ่งมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาความสามารถของนักเรียนตามเกณฑ์ของแต่ละระดับ ดังนั้นสถานศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการทำแบบทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรอาจบกพร่องในด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องมีเครื่องมือวัดทักษะเหล่านี้อย่างต่อเนื่อง

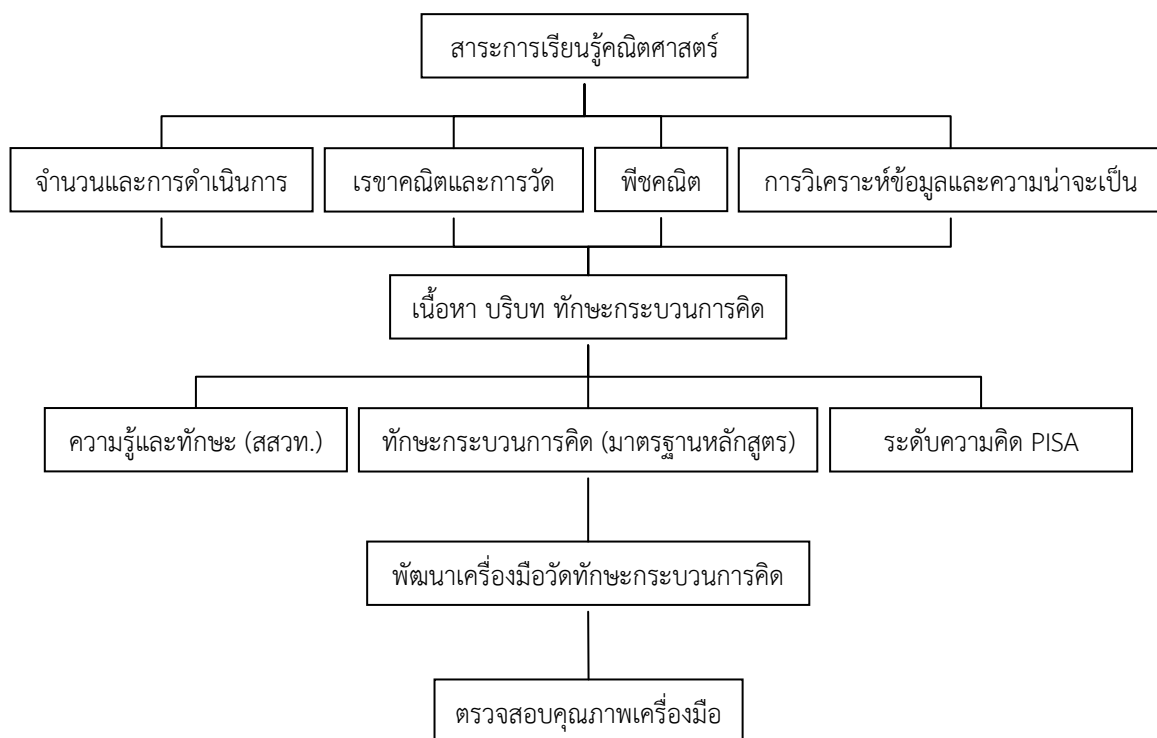
การวัดผลและประเมินผลเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้สอนได้ใช้ในการวางแผนเพื่อการตัดสินใจในขั้นตอนต่าง ๆ ของการสอนอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ก่อนสอน ระหว่างสอน และหลังการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลและประเมินผลแต่ละขั้นตอนจะช่วยให้ผู้สอนได้เก็บรวบรวมข้อมูล สังเคราะห์ข้อมูล และการแปลความข้อมูล เช่น เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนการสอน (before instruction) ช่วยผู้สอนเกี่ยวกับการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียน การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระหว่างสอน (during instruction) ช่วยผู้สอนเกี่ยวกับวิธีการและเวลาที่ใช้ในการถ่ายทอดความรู้ การควบคุมสมรรถนะของผู้เรียน การสร้างความสนใจ การจัดลำดับและขอบข่ายของกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังการสอน (after instruction) จะช่วยให้ผู้สอนได้ประเมินผลของการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อการพัฒนาผู้เรียน การตัดสินใจ และการประเมินหลักสูตร

การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้มีหลายรูปแบบ Maki (2004) ได้นำเสนอรูปแบบของการวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นวิธีการวัดโดยตรง (direct methods) และการวัดโดยอ้อม (indirect methods) ซึ่งการวัดแต่ละรูปแบบมีลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ การวัดโดยตรงเป็นรูปแบบที่นักเรียนจะแสดงผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านความรู้และทักษะที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์โดยใช้แบบทดสอบประเภทต่าง ๆ และการวัดโดยอ้อม (indirect methods) เป็นรูปแบบการวัดที่นักเรียนจะแสดงแนวคิดของการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้แบบวัดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แบบทดสอบเช่น แบบสอบถาม (questionnaires) แบบสัมภาษณ์ (interviews) หรือ การสนทนากลุ่ม (focus-groups)

รูปแบบการวัดโดยตรงที่เน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สามารถออกแบบโดยใช้เทคนิคการใช้คำถามที่จะวัดความรู้และทักษะได้ตั้งแต่ระดับต่ำ (ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้) ถึงระดับสูง (การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า) ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมินผล เช่น วัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมินผลระดับสถานศึกษาระดับชาติ และระดับนานาชาติจะแตกต่างกันที่กรอบแนวคิด งานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้กรอบแนวคิดของการสอบ PISA เป็นฐานของการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแบบทดสอบ และบูรณาการกับกรอบแนวคิดการวัดผลประเมินผลของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ที่เสนอแนวทางการวัดผลประเมินผลเป็น 3 ระยะ ได้แก่ (1) การวัดผลประเมินผลก่อนเรียน เป็นการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดยประเมินก่อนเริ่มต้นสอนแต่ละหน่วยหรือแต่ละบท (2) การวัดผลประเมินผลระหว่างเรียน เป็นการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดยประเมินระหว่างสอนเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน (3) การวัดผลประเมินผลหลังเรียน เป็นการประเมินตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดยประเมินแบบสรุปรวบยอดหลังจบหน่วยการเรียนรู้/ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา โดยผู้วิจัยจำแนกรูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ เป็น 3 รูปแบบ คือ (1) แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (entry skills test) ซึ่งใช้วัดผลประเมินผลในขั้นตอนก่อนการสอน(2) แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (practice test) ซึ่งใช้วัดผลประเมินผลในขั้นตอนระหว่างสอน และ (3) แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest) ซึ่งใช้วัดผลประเมินผลในขั้นตอนหลังการสอน

### กรอบของการพัฒนาเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การศึกษาค้นคว้าจากเอกสารที่เกี่ยวข้องหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดทักษะกระบวนการคณิตศาสตร์จากต่างประเทศหรือในประเทศที่มีการดำเนินการที่ดี (Best Practice) มาจัดทำเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะดังกล่าวได้ โดยกำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจนในประเด็นที่ต้องการพัฒนาผู้เรียน รวมทั้งบริบทที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างความสนใจและพัฒนาระดับความคิดเชิงวิเคราะห์และสร้างสรรค์ ตามรูปแบบที่เสนอแนะในงานวิจัยดังนี้



## การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

เครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยแบบทดสอบ 3 ชุดที่วัดระดับการคิดที่บูรณาการระหว่างระดับความคิด 6 ระดับของบลูม ได้แก่ ระดับ 1 ความรู้ความจำ ระดับ 2 ความเข้าใจ ระดับ 3 การนำไปใช้ ระดับ 4 การวิเคราะห์ ระดับ 5 การประเมินค่า และระดับ 6 การสร้างสรรค์ สำหรับข้อสอบ PISA วัดพฤติกรรมหรือสมรรถนะด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ต้องแก้ปัญหาในบริบทจากสภาพจริงในโลก จึงกำหนดระดับความคิดจากขั้นต่ำไปสู่ขั้นสูง 6 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้

ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการการอ้างอิงไม่เกินสองตัว

ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้

ระดับ 4 สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้

ระดับ 5 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน สามารถระบุข้อจำกัด เลือกและประเมินกลยุทธ์พร้อมอธิบายเหตุผลได้

ระดับ 6 สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่ และสื่อสารลงข้อสรุปแสดงความเชื่อมโยงของข้อมูลในสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำและสอดคล้องกับสถานการณ์ และระดับความคิด 6 ระดับของเกณฑ์การสอบ PISA

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ทักษะและกระบวนการการแก้ปัญหา ทักษะและกระบวนการเชื่อมโยง ทักษะและกระบวนการให้เหตุผลและการพิสูจน์ ทักษะการสื่อความหมาย และทักษะการแสดงสิ่งแทนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบจำลอง กราฟ สัญลักษณ์ และอื่น ๆ สามารถดำเนินการได้ดังนี้

แบบทดสอบ	การดำเนินการสำหรับผู้สอน
ชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (40 ข้อ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำข้อสอบไปวัดและประเมินผลก่อนการสอนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3</li> <li>- วัดและประเมินเป็นรายบุคคล</li> <li>- ใช้เวลาในการสอบ ข้อละประมาณ 1-3 นาที</li> <li>- ถ้าใช้เทคนิคการสอนแบบ Questioning Techniques ให้คัดเลือกข้อสอบไปใช้เป็นข้อคำถามในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนให้สัมพันธ์กับเรื่องที่สอน</li> <li>- จัดทำเป็นข้อสอบในระบบออนไลน์</li> </ul>
ชุดที่ 2 แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (60 ข้อ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำข้อสอบไปวัดและประเมินผลในขั้นตอนระหว่างสอนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3</li> <li>- วัดและประเมินผลเป็นกลุ่มย่อย เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาาร่วมกัน</li> <li>- กำหนดเวลาที่ใช้ในการสอบให้สอดคล้องกับบริบทในแต่ละข้อและสมรรถนะการแก้ปัญหานักเรียน</li> <li>- คัดเลือกข้อสอบไปใช้เป็นข้อคำถามในระหว่างการเรียนการสอนให้สัมพันธ์กับเรื่องที่สอน</li> </ul>
ชุดที่ 3 แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (100 ข้อ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำข้อสอบไปวัดและประเมินผลในขั้นตอนหลังสอนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3</li> <li>- วัดและประเมินผลเป็นรายบุคคล</li> <li>- กำหนดเวลาที่ใช้ในการสอบให้สอดคล้องกับบริบทในแต่ละข้อและสมรรถนะการแก้ปัญหานักเรียน ข้อละประมาณ 1-3 นาที</li> <li>- คัดเลือกข้อสอบไปใช้เป็นข้อคำถามเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนที่สัมพันธ์กับเรื่องที่สอน</li> <li>- จัดทำเป็นข้อสอบในระบบออนไลน์</li> </ul>

ผู้สอนหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สามารถสร้างข้อสอบประเภทอื่น ๆ ได้อีก ตามหลักการและรูปแบบของการวัดผลประเมินผล และศึกษาค้นคว้ารูปแบบการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในประเทศที่นักเรียนมีผลการสอบระดับนานาชาติ TIMSS หรือ PISA ในระดับสูง รวมทั้งการจัดการเรียนการสอน การผลิตสื่อการเรียน และการวัดผลประเมินผล

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในทุกสาระที่กำหนดในหลักสูตร ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทักษะที่จำเป็นในด้านต่าง ๆ เช่น (1) ทักษะและกระบวนการการแก้ปัญหา (problem solving) ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนที่เหมาะสมกับปัญหา การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีที่หลากหลาย และการทวนสอบหรือติดตามผลของการแก้ปัญหา (2) ทักษะและกระบวนการเชื่อมโยง (connections) ได้แก่ การเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของสาระต่าง ๆ เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ในการแก้ปัญหาหรือบูรณาการกับสาระอื่น ๆ ในชีวิตจริงที่สัมพันธ์กับคณิตศาสตร์ (3) ทักษะและกระบวนการให้เหตุผลและการพิสูจน์ (reasoning and proof) ได้แก่ การสำรวจข้อมูลและสร้างข้อคาดเดาหรือสมมุติฐาน การอ้างเหตุผลที่สมเหตุสมผล การพัฒนา เลือกลงและประเมินรูปแบบการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล (4) การสื่อความหมาย (communication) ได้แก่ การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง (5) การแสดงสิ่งแทนทางคณิตศาสตร์ (representation) ได้แก่ การเขียนแบบจำลอง การใช้กราฟ สัญลักษณ์ ในการแปลความหรือสื่อความหมาย

การทดสอบระดับนานาชาติ เช่น TIMSS และ PISA ได้กำหนดกรอบแนวคิดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หรือ นักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ที่เน้นการใช้ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ ในชีวิตจริงที่เชื่อมโยงกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์รวมทั้งการสื่อความหมายและการแสดงผลประกอบสถานการณ์และแบบจำลองต่าง ๆ โดยแสดงผลการสอบที่แสดงการจัดอันดับ (ranking) ของประเทศ แต่การทดสอบระดับสถานศึกษาและระดับชาติ (O-NET) เป็นการทดสอบตามมาตรฐานหลักสูตร ซึ่งมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาความสามารถของนักเรียนตามเกณฑ์ของแต่ละระดับ ดังนั้นสถานศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการทำแบบทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรอาจบกพร่องในด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องมีเครื่องมือวัดทักษะเหล่านี้อย่างต่อเนื่อง

การวัดผลและประเมินผลเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้สอนได้ใช้ในการวางแผนเพื่อการตัดสินใจในขั้นตอนต่าง ๆ ของการสอนอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ก่อนสอน ระหว่างสอน และหลังการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลและประเมินผลแต่ละขั้นตอนจะช่วยให้ผู้สอนได้เก็บรวบรวมข้อมูล สังเคราะห์ข้อมูล และการแปลความข้อมูล เช่น เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนการสอน (before instruction) ช่วยผู้สอนเกี่ยวกับการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียน การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระหว่างสอน (during instruction) ช่วยผู้สอนเกี่ยวกับวิธีการและเวลาที่ใช้ในการถ่ายทอดความรู้ การควบคุมสมรรถนะของผู้เรียน การสร้างความสนใจ การจัดลำดับและขอบข่ายของกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังการสอน (after instruction) จะช่วยให้ผู้สอนได้ประเมินผลของการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อการพัฒนาผู้เรียน การตัดสินใจ และการประเมินหลักสูตร

การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้มีหลายรูปแบบ Maki (2004) ได้นำเสนอรูปแบบของการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นวิธีการวัดโดยตรง (direct methods) และการวัดโดยอ้อม (indirect methods) ซึ่งการวัดแต่ละรูปแบบมีลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ การวัดโดยตรงเป็นรูปแบบที่นักเรียนจะแสดงผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ด้านความรู้และทักษะที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์โดยใช้แบบทดสอบประเภทต่าง ๆ และการวัดโดยอ้อม (indirect methods) เป็นรูปแบบการวัดที่นักเรียนจะแสดงแนวคิดของการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แบบทดสอบ เช่น แบบสอบถาม (questionnaires) แบบสัมภาษณ์ (interviews) หรือ การสนทนากลุ่ม (focus-groups)

คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการวัดโดยตรงในการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแบบทดสอบซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาผู้เรียนที่เน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ นอกจากนั้นเทคนิคในการใช้คำถามสามารถนำพัฒนาข้อคำถามในแบบทดสอบที่จะวัดความรู้และทักษะได้ตั้งแต่ระดับต่ำ (ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้) ถึงระดับสูง (การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า) ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมินผล เช่น วัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมินผลระดับสถานศึกษา ระดับชาติ และระดับนานาชาติจะแตกต่างกันที่กรอบแนวคิด งานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้กรอบแนวคิดของการสอบ PISA เป็นฐานของการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแบบทดสอบ และบูรณาการกับกรอบแนวคิดการวัดผลประเมินผลของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ที่เสนอแนวทางการวัดผลประเมินผลเป็น 3 ระยะ ได้แก่ (1) การวัดผลประเมินผลก่อนเรียน เป็นการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดย

ประเมินก่อนเริ่มต้นสอนแต่ละหน่วยหรือแต่ละบท (2) การวัดผลประเมินผลระหว่างเรียน เป็นการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดยประเมินระหว่างสอนเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน (3) การวัดผลประเมินผลหลังเรียน เป็นการประเมินตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดยประเมินแบบสรุปรวยอดหลังจบหน่วยการเรียนรู้/ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา โดยผู้วิจัยจำแนกรูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ เป็น 3 รูปแบบ คือ (1) แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (entry skills test) ซึ่งใช้วัดผลประเมินผลในขั้นตอนก่อนการสอน (2) แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (practice test) ซึ่งใช้วัดผลประเมินผลในขั้นตอนระหว่างสอน และ (3) แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest) ซึ่งใช้วัดผลประเมินผลในขั้นตอนหลังการสอน

รูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้พัฒนาจากกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและกรอบแนวคิดของ PISA ที่เป็นรูปแบบการวัดโดยตรงโดยใช้แบบทดสอบ 3 ฉบับนี้จะเป็นตัวอย่างให้กับครูคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบทักษะแรกเข้า ติดตามการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียนและตรวจสอบการพัฒนาการทักษะและกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- (1) เพื่อพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
- (2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

### คำถามการวิจัย

- (1) การพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัดผลประเมินผลทักษะแรกเข้า การวัดผลประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียน และการวัดผลประเมินผลมาตรฐานหลังเรียนมีขั้นตอนการพัฒนาอย่างไร
- (2) คุณภาพของเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์มีความตรงและความเชื่อมั่นหรือไม่

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

- (1) สารของคณิตศาสตร์

สารทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีทั้งหมด 6 สารการเรียนรู้ได้แก่ (1) จำนวนและการดำเนินการ (2) การวัด (3) เรขาคณิต (4) พีชคณิต (5) การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (6) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ขอบเขตของงานวิจัยเกี่ยวกับสารของคณิตศาสตร์ มี 4 สาร โดยรวมสารที่ 2 การวัด และสารที่ 3 เรขาคณิตไว้ด้วยกัน เพื่อนำไปเทียบกับแบบทดสอบ PISA ดังนี้

ขอบเขตของสารจากหลักสูตรแกนกลาง	ขอบเขตของกลุ่มเนื้อหาของ PISA
1. จำนวนและการดำเนินการ	1. ปริมาณ
2. การวัดและเรขาคณิต	2. ปริภูมิและรูปร่าง
3. พีชคณิต	3. การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น	4. ความไม่แน่นอนและข้อมูล

สำหรับสารที่ 6 ได้สอดแทรกไว้ในบริบทหรือสถานการณ์ของปัญหา ซึ่งเป็นสารด้านทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำไปพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 5 ทักษะ ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้แก่ ทักษะและกระบวนการแก้ปัญหา (problem solving) ทักษะและกระบวนการเชื่อมโยง (connections) ทักษะและกระบวนการให้เหตุผลและการพิสูจน์ (reasoning and proof) ทักษะการสื่อความหมาย (communication) และทักษะการแสดงสิ่งแทนทางคณิตศาสตร์ (representation)

ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ปีการศึกษา 2558 - 2559 และกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากเขตการศึกษาต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 1,880 คน

(2) ระยะเวลาและกระบวนการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

3.1 ภาคการศึกษาที่ 1/2559 ระหว่างเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม 2559 ทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาของความรู้แรกเข้าก่อนศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทักษะแรกเข้า 40 ข้อ

3.2 ภาคการศึกษาที่ 1/2559 ระหว่างเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม 2559 ทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาของความรู้และผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ต้องเรียนตามหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ช่วงชั้นที่ 3) ของแบบทดสอบปฏิบัติการระหว่างเรียน (60 ข้อ) และแบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (100 ข้อ)

(3) ตัวแปรของการวิจัยประกอบด้วยตัวแปรดังนี้

3.1 รูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

3.2 คุณภาพเครื่องมือด้านความตรงและความเชื่อมั่น

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ได้รูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งระดับสถานศึกษาและระดับชาติ

(2) ได้ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องในการใช้เครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในการพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

(3) นำเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ไปใช้พัฒนาและติดตามการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องทั้งในระดับสถานศึกษา ระดับชาติ และระดับนานาชาติ

### นิยามศัพท์เฉพาะ

รูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนา 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบทดสอบทักษะแรกเข้า แบบทดสอบการปฏิบัติการระหว่างเรียนและแบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน

ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Process) ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้แก่ ทักษะและกระบวนการแก้ปัญหา (problem solving) ทักษะและกระบวนการเชื่อมโยง (connections) ทักษะและกระบวนการให้เหตุผลและการพิสูจน์ (reasoning and proof) ทักษะการสื่อความหมาย (communication) และทักษะการแสดงสิ่งแทนทางคณิตศาสตร์ (representation)

ระดับการคิดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับความคิดตามกรอบ “การเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (mathematical literacy)” ของแบบทดสอบ PISA (Programme for International Student Assessment) 6 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้ ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัว ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้ ระดับ 4 การสร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้ ระดับ 5 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน และระดับ 6 สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่

แบบทดสอบแรกเข้า หมายถึง เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนการสอน (before instruction) ช่วยผู้สอนเกี่ยวกับการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียน การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม

แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน หมายถึง เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระหว่างสอน (during instruction) ช่วยผู้สอนเกี่ยวกับวิธีการและเวลาที่ใช้ในการถ่ายทอดความรู้ การควบคุมสมรรถนะของผู้เรียน การสร้างความสนใจ การจัดลำดับและขอบข่ายของกิจกรรมการเรียนรู้

แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน หมายถึง เครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังการสอน (after instruction)

คุณภาพเครื่องมือ หมายถึง ความตรงและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ความตรงของแบบทดสอบ หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงและครบถ้วนในสิ่งที่ต้องการศึกษาหรือตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ในงานวิจัยนี้ใช้ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ซึ่งผู้สร้างได้จำแนกทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ให้ครอบคลุม วัตถุประสงค์ที่จะวัด คือ ระดับการคิด โดยการสร้างตารางวิเคราะห์ทักษะที่จะวัด แล้วสร้างเครื่องมือให้มีความครอบคลุมทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ และวัตถุประสงค์ แล้วตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence : IOC) จากคะแนนการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สูตรของ ไรวินเนลลี และแฮมเบิลตัน

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หมายถึง การหาความถูกต้อง ความคงที่ ความเชื่อถือได้ในการวัด และความสามารถที่ทำนายได้ จากการวัด โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (KR-20) คำนวณคะแนนที่ได้จากจำนวนนักเรียนตอบถูก (p) กับนักเรียนที่ตอบผิด (q) ในการทำข้อสอบแต่ละข้อ เมื่อเทียบสัดส่วนกับนักเรียนกลุ่มทดลองเครื่องมือทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบแรกเข้า และสัมพันธ์กับจำนวนข้อสอบรวมทั้งความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด โดยคะแนนแต่ละข้อ กำหนดให้คำตอบถูกได้ 1 คะแนน คำตอบผิดได้ 0 คะแนน ทั้งนี้ ตามแนวคิดของคูเดอร์และริชาร์ดสัน ข้อสอบแต่ละข้อไม่จำเป็นต้องมีความยากเท่ากัน แต่ควรมีจำนวนข้อสอบอย่างน้อย 20 ข้อ

สถานการณ์และบริบทของปัญหา หมายถึง การนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตจริง 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ บริบทส่วนบุคคล / ส่วนตัว บริบททางการงานอาชีพ บริบททางชุมชน / สังคม และบริบททางวิทยาศาสตร์ (รวมการแก้ปัญหาภายในคณิตศาสตร์)

## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและงานวิจัยหรือรายงานผลที่เกี่ยวข้องกับผลการประเมิน O-NET ของสถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติในวิชาคณิตศาสตร์และ PISA ขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ รวมทั้ง ทฤษฎีและหลักการวัดผลประเมินผล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางและพื้นฐานของการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น หัวข้อดังนี้

1. การเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์
4. คุณภาพของเครื่องมือการวัดผลประเมินผล
5. งานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

### การเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดกลุ่มสาระการเรียนรู้ทั้งหมด 8 กลุ่มสาระ ได้แก่ กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ แต่ละกลุ่มสาระมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนที่แตกต่างกัน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ตลอดจนสามารถใช้คณิตศาสตร์ในการศึกษาทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) หลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรแกนกลางที่สถานศึกษาในประเทศไทยได้นำไปใช้ในระดับต่าง ๆ 2 ประเภท ดังนี้ ประเภทที่ 1 คือ โรงเรียนต้นแบบการใช้หลักสูตรและโรงเรียนที่มีความพร้อมตามรายชื่อที่กระทรวงศึกษาธิการประกาศให้ใช้หลักสูตรครบทุกชั้นเรียนตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 เป็นต้นไป และประเภทที่ 2 คือ โรงเรียนทั่วไปที่ใช้หลักสูตรครบทุกชั้นเรียนตั้งแต่ปีการศึกษา 2555 เป็นต้นไป

การประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานตั้งแต่ปีการศึกษา 2552 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน หน่วยงานต่าง ๆ ที่รับผิดชอบโดยตรงและมีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้หลักสูตรฉบับดังกล่าวนี้ ได้ติดตามและประเมินผลการใช้หลักสูตรอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผลการติดตามและประเมินผล พบว่า การวัดและประเมินผลในระดับชาติไม่สะท้อนมาตรฐานของผู้เรียนที่หลักสูตรได้กำหนดสาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังไว้มาก ตัวอย่างเช่น การจัดการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ชั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2556 นักเรียนในระดับช่วงชั้นที่ 2 (ป. 6) ช่วงชั้นที่ 3 (ม. 3) และช่วงชั้นที่ 4 (ม. 6) มีผลการทดสอบกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของแต่ละช่วงชั้น (คะแนนเต็ม 100 คะแนน) ดังตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** ผลการสอบ O-NET ปีการศึกษา 2556

ระดับ ช่วงชั้น	ประเภท ข้อสอบ	จำนวน ผู้เข้าสอบ*	คะแนน เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	มัธยฐาน	ฐานนิยม	คะแนน สูงสุด	คะแนน ต่ำสุด
ช่วงชั้นที่ 2 (ป.6)	O-NET	734,622	41.95	19.99	40.00	30.00	100	0
ช่วงชั้นที่ 3 (ม.3)	O-NET	680,045	25.45	11.25	23.20	19.20	100	0
ช่วงชั้นที่ 4 (ม.6)	O-NET	414,984	20.48	13.60	17.50	15.00	100	0

หมายเหตุ \* ไม่รวมเด็กพิเศษ ได้แก่ นักเรียนที่มีความบกพร่องทางด้านต่าง ๆ และนักเรียนพิการซ้ำซ้อน  
ที่มา: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2557

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยการทดสอบกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตั้งแต่โรงเรียนได้ใช้หลักสูตรครบทุกชั้น (พ.ศ. 2555 – 2556) เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบการพัฒนาการเรียนรู้อคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั่วประเทศ จำแนกตามระดับช่วงชั้น ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 100 คะแนน) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คะแนนเฉลี่ยของผลการสอบ O-NET ปี 2555 และ 2556

ระดับช่วงชั้น	ประเภทข้อสอบ	คะแนนเฉลี่ย	
		ปี 2555	ปี 2556
ช่วงชั้นที่ 2 (ป.6)	O-NET	35.77	41.95
ช่วงชั้นที่ 3 (ม.3)	O-NET	26.95	25.45
ช่วงชั้นที่ 4 (ม.6)	O-NET	22.73	20.48

จากตารางที่ 2.2 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลการสอบ O-NET ในปี 2555 และ 2556 เพิ่มขึ้นเฉพาะช่วงชั้นที่ 2 (ป. 6) แต่ช่วงชั้นที่ 3 (ม. 3) และช่วงชั้นที่ 4 (ม. 6) มีคะแนนเฉลี่ยลดลง ซึ่งผลคะแนนเฉลี่ยจากการสอบระดับชาตินี้สะท้อนให้เห็นความจำเป็นของการติดตามและประเมินผลการใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

แหล่งข้อมูลที่ใช้ประกอบการติดตามและประเมินผลการใช้หลักสูตรสำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง คือ ผลการสอบคณิตศาสตร์ระดับนานาชาติที่นำมาใช้เพื่อเป็นกรอบของการพัฒนาเครื่องมือการวัดผลและประเมินผล เพื่อการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องการพัฒนาผู้เรียนในทักษะต่าง ๆ ดังนี้

จากรายงานผลการประเมิน PISA 2012คณิตศาสตร์ การอ่านและวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (สสวท., 2556, หน้า 22 – 24, อ้างถึงใน ฉวีวรรณ และ สุพจน์, 2557 ) พบว่า

(1) ระยะเวลาสามปีหลังจากปฏิรูปการศึกษาเมื่อ พ.ศ. 2542 การประเมินใน PISA 2003 ผลการประเมินของนักเรียนไทยลดต่ำลงอย่างมาก และลดลงต่อเนื่อง (การอ่านและวิทยาศาสตร์) หรือคงที่อยู่ในระดับต่ำ (คณิตศาสตร์) และเป็นเช่นนี้กับทุกวิชา และเป็นกับนักเรียนไทยทุกกลุ่มไม่ว่าชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นหรือมัธยมศึกษาตอนปลาย และมีคะแนนสูง และทุกวิชาเริ่มทยอยลดต่ำ ใน PISA 2009 และสูงขึ้นชัดเจนใน PISA 2012 จากผลการประเมิน PISA 2012 บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (สสวท., 2556, หน้า 23) นักเรียนทั้งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำมีจุดอ่อนที่การอ่านทั้งสองกลุ่ม และที่สำคัญการอ่านมีค่าสหสัมพันธ์กับคณิตศาสตร์สูงมาก (0.79 ใน PISA 2009 และ 0.82 ใน PISA 2012) และค่าสหสัมพันธ์ใกล้เคียงกับวิทยาศาสตร์ เมื่อคุณภาพการอ่านต่ำ จึงทำให้วิชาอื่นมีคะแนนต่ำไปด้วย ระบบการศึกษาจำเป็นต้องเร่งปรับปรุงยกระดับคุณภาพการอ่านของนักเรียน

(2) ข้อมูลชี้จุดแข็งและจุดอ่อนที่ช่วยให้ระดับนโยบายใช้เป็นข้อมูลในการจัดการศึกษา จุดแข็งที่พบเป็นต้นว่า ระบบการเรียนการสอนในโรงเรียนกลุ่มคะแนนสูงน่าจะเป็นตัวแบบ (Model) ของการเรียนการสอนของโรงเรียนทั่วไป จุดแข็งอีกจุดหนึ่ง คือ การที่นักเรียนโรงเรียนขยายโอกาส (สพฐ. 1) มีคะแนนสูงขึ้นมา แสดงว่า ระบบการจัดการทำได้ดีในขอบเขตในระยะหลัง จึงน่าจะได้มีการศึกษาในรายละเอียดว่าเกิดอะไรขึ้น เพื่อจะนำมาเป็นตัวอย่างในการยกระดับคุณภาพการศึกษา

(3) ข้อมูลชี้จุดอ่อนอีกหลายจุดที่ระบบการศึกษาสามารถจัดการกับตัวแปรนั้น ๆ ได้ตรงเป้าหมาย อย่างไรก็ตามข้อมูลไม่ได้ชี้ว่า หลักสูตรเฉพาะวิชาเป็นเป้าหมายที่ต้องเปลี่ยนแปลง ยกเว้นทักษะการใช้ภาษาที่ผลการประเมินชี้ว่าเป็นจุดอ่อน และเนื่องจากทักษะทางภาษามีค่าสหสัมพันธ์สูงมากกับด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเร่งด่วนที่จะยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนด้านภาษา โดยไม่ต้องเปลี่ยนหลักสูตรใหม่ทั้งระบบ เพราะอย่างน้อยที่สุดโรงเรียนกลุ่ม สพป (สพฐ. 1) กำลังก้าวหน้าถูกทิศ หากมีการเปลี่ยนแปลงใหญ่ก็อาจต้องใช้เวลาอันยาวนานกว่าจะเดินถูกทาง

การทดสอบด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของการทดสอบ PISA 2015 (OECD, 2014) ได้ระบุว่าการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (mathematical literacy) หมายถึง ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของแต่ละคนในการสร้างแนวคิด (formulate) การนำไปใช้ (employ) และการแปลความหมาย (interpret) ซึ่งความสามารถทั้งสามด้านนี้มีประโยชน์และมีความหมายสำหรับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ นอกจากนั้นกรอบการทดสอบของ PISA ได้คำนึงถึงความสามารถเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐาน 7 ประการ ได้แก่ การสื่อสาร (communication) การแปลงปัญหาโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (mathematizing) การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (representation) การให้เหตุผลและข้อกล่าวอ้าง (reasoning and argument) การสร้างยุทธวิธีในการแก้ปัญหา (devising strategies for

solving problems) การใช้สัญลักษณ์ ภาษาที่ใช้แบบทางการและเทคนิค และการดำเนินการ (using symbolic, formal and technical language and operations) การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ (using mathematical tools)

จากผลการทดสอบ PISA 2015 ซึ่งมีประเทศที่ส่งนักเรียนเข้าสอบ 65 ประเทศ พบว่า นักเรียนจากประเทศในเอเชีย ได้คะแนนเฉลี่ยการสอบคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนจากประเทศในยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย ซึ่งอยู่ในอันดับที่ 1 ถึง 7 ตามลำดับดังนี้ เชียงไฮ้ 613 คะแนน สิงคโปร์ 573 คะแนน ฮองกง 561 คะแนน ไทเป 560 คะแนน และเกาหลี 554 คะแนน มาเก๊า 538 คะแนน และญี่ปุ่น 536 คะแนน สำหรับนักเรียนจากประเทศไทยได้คะแนนเฉลี่ย 427 คะแนนอยู่ในอันดับที่ 50 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนค่าเฉลี่ยของนักเรียนจากประเทศเวียดนาม (คะแนนเฉลี่ย 511 คะแนน อันดับที่ 17) แต่สูงกว่าประเทศมาเลเซีย (คะแนนเฉลี่ย 421 คะแนน อันดับที่ 52) และประเทศอินโดนีเซีย (คะแนนเฉลี่ย 375 คะแนน อันดับที่ 64) (OECD, 2015)

เมื่อพิจารณากรอบความคิดในการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2015 กับผลการสอบที่ได้ แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยต้องปฏิรูปการประเมินคุณภาพผู้เรียนให้สอดคล้องกับทักษะแห่งอนาคตในศตวรรษที่ 21 ดังนี้ ด้านเนื้อหา ประกอบด้วย สาระวิชาหลัก(การอ่าน การเขียนและการคำนวณ) และสาระวิชาเชิงบูรณาการ (โลก การเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ การเป็นผู้ประกอบการ สิทธิพลเมือง สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม) ด้านทักษะประกอบด้วย ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อเทคโนโลยี และด้านคุณลักษณะประกอบด้วย คุณลักษณะด้านการทำงาน คุณลักษณะด้านการเรียนรู้ คุณลักษณะด้านศีลธรรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้จัดทำคู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์ เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้สอนทุกคนมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษา พ.ศ. 2542 มาตรา 26 มาตรฐานที่ 9 ใจความว่า “ใช้วิธีการวัดผลประเมินผลตามสภาพจริง และนำผลการประเมินไปใช้เพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ทั้งด้านสติปัญญา สังคม และร่างกาย” นอกจากนี้การวัดผลประเมินผลตามสภาพจริงที่หลากหลายต้องครอบคลุมสมรรถนะด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ โดยวัดผลประเมินผลจากพฤติกรรมของผู้เรียนด้านการสังเกต การตรวจการปฏิบัติงานและผลงาน การใช้แบบทดสอบ แบบสอบถาม หรือแบบสำรวจ รวมทั้งการมีส่วนร่วมในการประเมินโดยเฉพาะตัวผู้เรียนเอง (สสวท., 2546)

1. มีความรู้ความเข้าใจในคณิตศาสตร์พื้นฐานเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น พร้อมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้
2. มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ
3. มีความสามารถในการทำงานอย่างมีระบบ มีระเบียบวินัย มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ มีความเชื่อมั่นในตนเอง พร้อมทั้งตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

สำหรับคุณภาพของผู้เรียนที่กำหนดไว้ในคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์การศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปี จะต้องมีการพัฒนาการทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (สสวท., หน้า 4) ดังนี้

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบเครื่องมือทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นตามมาตรฐานคุณภาพผู้เรียนและสนับสนุนส่งเสริมการพัฒนาการทักษะกระบวนการ โดยสร้างแบบทดสอบการแก้ปัญหาเชิงบูรณาการที่เกี่ยวข้องกับทักษะชีวิตและการทำงาน ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าเครื่องมือเหล่านี้จะเป็นแนวทางให้กับสถานศึกษาในการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น

### ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (mathematical thinking process skills) เป็นกระบวนการที่สำคัญในการนำไปใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ รวมทั้งการสนับสนุนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ และชีวิตจริง

ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์เป็นจุดเน้นของการทดสอบ “การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (mathematical literacy)” (PISA, 2006) Stacey, K. (2005) ได้กล่าวถึงทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ครูคณิตศาสตร์ควรนำไปพิจารณา ดังนี้

- ความรู้ที่ลึกซึ้งทางคณิตศาสตร์ (deep mathematical knowledge)
- ความสามารถในการให้เหตุผลทั่ว ๆ ไป (general reasoning ability)
- ความรู้ในกลวิธีในการแก้ปัญหา (knowledge of heuristic strategy)
- ความเชื่อเกี่ยวกับประโยชน์และเจตคติทางคณิตศาสตร์ (helpful beliefs and attitudes)
- คุณลักษณะส่วนบุคคล เช่น ความเชื่อมั่น (personal attributes such as confidence)
- ทักษะการสื่อสารผลของการแก้ปัญหา (skills for communicating a solution)

NCTM (2013) และ สสวท.(2551) ได้กำหนดมาตรฐานทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะดังต่อไปนี้

- การแก้ปัญหา (problem solving)
- การเชื่อมโยง (connection)
- การให้เหตุผลและการพิสูจน์ (reasoning and proof)
- การสื่อความหมาย (communication)
- การแสดงสิ่งแทนทางคณิตศาสตร์ (representation)

**ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ :** การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้กำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ได้แก่ (1) จำนวนและการดำเนินการ (2) การวัด (3) เรขาคณิต (4) พีชคณิต (5) การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (6) ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับสาระที่ 6 ได้ระบุคำอธิบายดังต่อไปนี้

การจัดทำรายวิชาของแต่ละระดับชั้นจะแตกต่างกันตามระดับความยากง่ายและลำดับก่อนหลังของเนื้อหา สำหรับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจัดทำรายวิชาเป็น 2 ประเภท คือ รายวิชาพื้นฐานและรายวิชาเพิ่มเติม รายวิชาต่าง ๆ จะระบุข้อความที่เกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นบทรูปก่อนการระบุคำอธิบายรายวิชา (สสวท., 2553) ดังนี้

ศึกษาและฝึกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อันได้แก่การแก้ปัญหาคำอธิบายการให้เหตุผลการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆและมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นการวัดผลประเมินผลมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เช่นกัน ดังจะเห็นได้จากข้อความที่ระบุไว้ในตัวอย่างการจัดกิจกรรมและการประเมินผลสำหรับรายวิชาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนี้ (สสวท., 2553)

จัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่ใกล้ตัว ให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าโดยการปฏิบัติจริง ทดลอง สรุปรายงานเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหาการให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำประสบการณ์ด้านความรู้ ความคิด ทักษะและกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และใช้ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งเห็นคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ สามารถทำงานอย่างเป็นระบบระเบียบ มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ และมีความเชื่อมั่นในตนเอง

การวัดและประเมินผลใช้วิธีการที่หลากหลายตามสภาพความเป็นจริงให้สอดคล้องกับเนื้อหาและทักษะที่ต้องการวัด

จากผลการสอบ O-NET และ PISA สะท้อนให้เห็นว่าสถานศึกษานำข้อกำหนดในหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติไม่ครบถ้วน เพราะส่วนใหญ่จะเน้น “การวัดผลและประเมินผลโดยใช้วิธีการที่หลากหลายตามสภาพความเป็นจริงให้สอดคล้องกับเนื้อหา” แต่ยังไม่ได้ “วัดผลและประเมินผลทักษะที่ต้องการวัด” อย่างชัดเจน

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ เพราะการวัดผลประเมินผลมีความสำคัญทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ ทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน

### เครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 11) ได้เสนอแนะให้ผู้สอนวัดผลประเมินผลควบคู่กับการจัดการเรียนการสอน โดยมีจุดประสงค์ 3 ประการ ดังนี้

- (1) เพื่อการวินิจฉัยความรู้พื้นฐานและทักษะที่จำเป็นของผู้เรียน
- (2) เพื่อใช้ผลการประเมินในการตัดสินผลการเรียนของผู้เรียน รวมทั้งเพื่อแนะแนวการศึกษาต่อ
- (3) เพื่อใช้ผลการประเมินเป็นข้อมูลสารสนเทศในการวางแผนบริหารจัดการศึกษาของสถานศึกษา การกำหนดนโยบาย และการพัฒนาหลักสูตรต่าง ๆ

การนำนโยบายการจัดการศึกษาไปสู่การปฏิบัติในสถานศึกษาจะได้ประสิทธิภาพหรือประสิทธิผลต้องพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ของผู้เรียน นักการศึกษาหรือผู้เกี่ยวข้องจะใช้วิธีการติดตามความก้าวหน้าและวัดผลประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียนและความก้าวหน้าในการสอนของผู้สอน สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ การวัดผลประเมินผลให้ตรงตามวัตถุประสงค์ รวมทั้งการเลือกใช้เครื่องมือการวัดผลประเมินผลที่เหมาะสม ซึ่งต้องครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Covacevich, 2014)

### ประเภทของการวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลมีหลากหลายประเภท นักการศึกษาอาจจำแนกประเภทหรือเรียกชื่อประเภทของการวัดผลประเมินผลแตกต่างกัน ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (Department of Education, The Republic of Pretoria 2001; สสวท., 2546) ดังนี้

(1) การวัดผลประเมินผลพื้นฐาน (Baseline Assessment) เป็นการวัดผลประเมินผลก่อนการสอนเพื่อประเมินความรู้พื้นฐานก่อนการเรียน (previous knowledge) และทักษะจำเป็นก่อนการเรียน (entry skills) ที่ผู้เรียนควรมีก่อนรายวิชา บทเรียน หรือหน่วยการเรียนรู้ใหม่ ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลประเมินผลประเภทนี้จะช่วยให้ผู้สอนนำไปใช้ในการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน ด้วยการเลือกเนื้อหาสาระ กิจกรรม แบบฝึกหัด สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมและตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนด

(2) การวัดผลประเมินผลย่อย (Formative Assessment) เป็นการวัดผลประเมินผลระหว่างเรียนเพื่อประเมินการพัฒนาการและความก้าวหน้าของผู้เรียนเป็นระยะ ๆ ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลประเมินผลประเภทนี้จะช่วยให้ผู้สอนศึกษาการพัฒนาการของผู้เรียนเป็นระยะ ๆ หรือพิจารณาประสิทธิภาพของการเรียนรู้ (learning efficiency) ว่ามีการพัฒนาเพิ่มขึ้นหรือมีปัญหาใดที่ต้องแก้ไขทันที หรือปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้สอนอาจกระตุ้นความคิดของผู้เรียนโดยใช้การตั้งคำถามหรือประเด็นการอภิปรายระหว่างการเรียนการสอนได้

(3) การวัดผลประเมินผลรวม (Summative Assessment) เป็นการวัดผลประเมินผลความก้าวหน้าหรือการพัฒนาการของผู้เรียนในภาพรวมตามเวลาที่กำหนด เช่น สิ้นสุดบทเรียน สิ้นสุดปลายภาคการศึกษา สิ้นสุดปีการศึกษา หรือสิ้นสุดช่วงชั้นที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลประเมินผลประเภทนี้จะช่วยให้ผู้สอนใช้ในการตัดสินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือประสิทธิผลของการเรียนรู้ (learning effectiveness) และการแนะนำการศึกษาต่อ

(4) การวัดผลประเมินผลเพื่อวินิจฉัย (Diagnostic Assessment) เป็นการวัดผลประเมินผลเพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาในการเรียนรู้ที่มีอยู่ของผู้เรียน เช่น ความคลาดเคลื่อนในแนวคิดและหลักการ การคิดคำนวณผิดพลาด เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลประเมินผลประเภทนี้จะนำไปใช้ได้ทุกขั้นตอนของการเรียนการสอน ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน เพื่อช่วยให้ผู้สอนได้จัดกิจกรรมซ่อมเสริมตามความเหมาะสม

(5) การวัดผลประเมินผลระบบ (Systemic Assessment) เป็นการวัดผลประเมินผลจากบุคคลภายนอก เพื่อติดตามระบบการจัดการศึกษาโดยเปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนกับตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนในระดับชาติ เช่น การวัดผลประเมินผลระดับช่วงชั้นต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลประเมินผลประเภทนี้จะนำไปใช้ในการบริหารการจัดการศึกษาการกำหนดนโยบาย และการพัฒนาหลักสูตร

การวัดผลประเมินผลเพื่อนำผลไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอน แบ่งเป็น 3 ระยะ (สสวท., 2546) ดังนี้

(1) การวัดผลประเมินผลก่อนเรียน เป็นการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดยประเมินก่อนเริ่มต้นสอนแต่ละหน่วยหรือแต่ละบท

(2) การวัดผลประเมินผลระหว่างเรียน เป็นการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดยประเมินระหว่างสอนเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน

(3) การวัดผลประเมินผลหลังเรียน เป็นการประเมินตามจุดมุ่งหมายของการสอน โดยประเมินแบบสรุปรวบยอดหลังจบหน่วยการเรียนรู้/ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งประเภทของการวัดผลประเมินผลเป็น 3 ประเภท คือ (1) การวัดผลประเมินผลทักษะแรกเข้า (2) การวัดผลประเมินผลการปฏิบัติระหว่างเรียน และ (3) การวัดผลประเมินผลมาตรฐานหลังเรียน

### **เครื่องมือการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้**

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 21) ได้เสนอแนะเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับการวัดผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน จำแนกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้สอนสร้างขึ้น ประกอบด้วยประเภทต่าง ๆ ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบถูกผิด แบบจับคู่ แบบเปรียบเทียบ แบบเติมคำ แบบเขียนตอบ แบบแสดงวิธีทำ เป็นต้น

(2) ภาระงานที่ได้รับมอบหมายเป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้สอนและผู้เรียนอาจมีส่วนร่วมกันกำหนดขอบเขตของการทำภาระงานตามจุดประสงค์ของการเรียนการสอนในแต่ละบท หรือแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย แบบฝึกหัดปัญหาทางคณิตศาสตร์ การศึกษาค้นคว้าทางคณิตศาสตร์ และการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับประเมินผลงานและโครงการคณิตศาสตร์อาจมีการประเมินผลจากผู้สอน ผู้เรียน หรือ ผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ ตามความเหมาะสม

หลักเกณฑ์การสร้างเครื่องมือในการวัดผลประเมินผลต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมินผล (Covacevich, 2014, pp. 3 – 7) ดังนี้

(1) กำหนดกรอบแนวคิด (conceptual framework) ของวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดผลประเมินผล ดังนี้

1.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศของระดับต่าง ๆ ในระบบการศึกษา (educational system level) เช่น ระดับชาติ ระดับเขตการศึกษา ระดับจังหวัดหรือระดับสถานศึกษา

1.2 เพื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลสารสนเทศระดับนานาชาติ เช่น การสอบ PISA (Programme for International Student Assessment) การสอบ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study)

(2) สร้างความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ (aligning the objectives) และเครื่องมือในการวัดผลประเมินผล (assessment instrument)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบที่กำหนดกรอบแนวคิดโดยใช้มาตรฐานคุณภาพผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และข้อมูลจากกรอบแนวคิดของการทดสอบระดับนานาชาติ PISA เพื่อสร้างตารางความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์และเครื่องมือวัดผลประเมินผล โดยจำแนกเครื่องมือเป็น 3 ประเภท คือ (1) แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (2) แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน และ (3) แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน

#### แนวทางการพัฒนาเครื่องมือการวัดผลประเมินผลทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีพื้นฐานจากกรอบแนวคิดของ “ การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ” ที่กำหนดไว้ใน การทดสอบ PISA ของ องค์การเพื่อความร่วมมือและ พัฒนาเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) ซึ่งได้กำหนดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไป (general mathematical competencies) ที่มีความหมายและสัมพันธ์กับทุกระดับการศึกษา (Lange, 1999) ดังนี้

- (1) การคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking)
- (2) การอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Argument)
- (3) การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modelling)
- (4) การกำหนดปัญหาและการแก้ปัญหา (Problem Posing and Solving)
- (5) การสื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Representation)
- (6) การใช้สัญลักษณ์และภาษาทางการ (Symbols and Formal Language)
- (7) การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Communication)
- (8) การใช้สื่อและเครื่องมือ (Aids and Tools)

Lange (1999) ได้กล่าวถึงสมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ทักษะกระบวนการ	สมรรถนะทางคณิตศาสตร์
1. การคิดทางคณิตศาสตร์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การตั้งคำถามเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะทางคณิตศาสตร์ เช่น สิ่งนี้เกิดขึ้นจริงหรือไม่ ถ้าเกิดขึ้นจริง มีได้กี่กรณี จะมีวิธีหาได้อย่างไร</li> <li>- รู้ประเภทของคำตอบที่จะตอบคำถามทางคณิตศาสตร์ได้</li> <li>- จำแนกความแตกต่างของประพจน์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ (เช่น นิยาม ทฤษฎีบท ข้อ คาดเคา สมมุติฐาน ตัวอย่าง การยืนยันตามเงื่อนไข</li> <li>- การเข้าใจและการควบคุมข้อจำกัดของแนวคิดทางคณิตศาสตร์</li> </ul>
2. การอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รู้ว่าอะไรคือการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ และวิธีการแตกต่างจากการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างไร</li> <li>- ทำตามรูปแบบและประเมินความต่อเนื่องของการกล่าวอ้างทางคณิตศาสตร์ของรูปแบบต่างๆ ได้</li> <li>- ค้นพบและแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ (เช่น อะไรจะเกิดขึ้น อะไรจะไม่เกิดขึ้น และทำไม)</li> <li>- อ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสร้างสรรค์และถูกต้อง</li> </ul>
3. การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สร้างตัวแบบของสถานการณ์ต่างๆ ได้</li> <li>- แปลสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้</li> <li>- แปลตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงได้</li> <li>- แก้ปัญหาของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้</li> <li>- ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้</li> <li>- สะท้อน วิเคราะห์ ให้ข้อวิพากษ์ต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผลที่เกิดขึ้นของตัวแบบได้</li> <li>- สื่อการเกี่ยวกับตัวแบบและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น (รวมทั้งข้อจำกัดของผลลัพธ์)</li> <li>- ติดตามและควบคุมกระบวนการของตัวแบบได้</li> </ul>

ทักษะกระบวนการ	สมรรถนะทางคณิตศาสตร์
4. การกำหนดปัญหาและการแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กำหนดปัญหา สร้างสูตร และสร้างความถูกต้องแม่นยำในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันได้ (เช่น คณิตศาสตร์บริสุทธิ์ คณิตศาสตร์ประยุกต์ สถานการณ์อื่น ๆ)</li> <li>- แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายปัญหาและหลากหลายวิธี</li> </ul>
5. การสื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถอดรหัส ดีความ และ เห็นความแตกต่างระหว่างรูปแบบของการสื่อความหมายและการนำเสนอ</li> <li>- เลือกลงและสับเปลี่ยนระหว่างรูปแบบของการสื่อความหมายและนำเสนอให้สอดคล้องกับสถานการณ์และวัตถุประสงค์</li> </ul>
6. การใช้สัญลักษณ์และภาษาทางการ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถอดรหัสและตีความสัญลักษณ์และภาษาทางการและการเข้าใจความสัมพันธ์ของรหัสหรือสัญลักษณ์กับภาษาทั่วไปได้</li> <li>- แปรจากภาษาทั่วไปไปสู่สัญลักษณ์และภาษาทางการได้</li> <li>- จัดดำเนินการกับประพจน์และนิพจน์ที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์และสูตรได้</li> <li>- ใช้ตัวแปร แก้มสมการ และคิดคำนวณได้</li> </ul>
7. การสื่อสารทางคณิตศาสตร์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้หลากหลายวิธีทั้งการพูดและการเขียน</li> <li>- เข้าใจข้อความที่ผู้อื่นแสดงด้วยการพูดและการเขียนเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้</li> </ul>
8. การใช้สื่อและเครื่องมือ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สื่อและเครื่องมือ (รวมทั้งเทคโนโลยีสารสนเทศ) ที่จะนำไปใช้ในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ได้</li> <li>- มีความรู้เกี่ยวกับข้อจำกัดของสื่อและเครื่องมือ</li> </ul>

สำหรับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏในคู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2546, หน้า 19) มี 5 ทักษะ และระบุการแสดงออกตามขั้นตอนของทักษะดังนี้

ทักษะกระบวนการ	การแสดงออกตามขั้นตอนของทักษะ
1. การแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำความเข้าใจกับปัญหาโดยระบุประเด็นปัญหา กำหนดตัวแปร และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร</li> <li>- สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้</li> <li>- ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ</li> <li>- ตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหา</li> <li>- ตรวจสอบขั้นตอนของการแก้ปัญหา</li> </ul>
2. การให้เหตุผล	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแก้ปัญหา</li> <li>- เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป</li> <li>- ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล</li> </ul>
3. การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายและนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม</li> <li>- ใช้ข้อความ คัพท์ สูตร สมการ หรือแผนภูมิที่เป็นสากล</li> <li>- บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล</li> <li>- สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้</li> <li>- เสนอความคิดเห็นที่เหมาะสมกับปัญหา</li> </ul>
4. การเชื่อมโยงความรู้	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เปรียบเทียบความรู้ของแต่ละสาระ</li> <li>- เชื่อมโยงสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์</li> <li>- หาข้อสรุปจากตัวแบบคณิตศาสตร์</li> <li>- เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้โนทัศน์ที่ซับซ้อนสรุปสาระที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ</li> </ul>
5. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ความรู้หรือโนทัศน์เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่</li> <li>- สร้างสรรค์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือชิ้นงานที่มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้</li> </ul>

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบที่ใช้แนวทางการวัดผลประเมินผลทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะร่วมกับระดับความคิด 6 ระดับของการทดสอบ PISA ดังนี้

(1) สารระด้านทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำไปพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 5 ทักษะ ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้แก่ ทักษะและกระบวนการการแก้ปัญหา (problem solving) ทักษะและกระบวนการเชื่อมโยง (connections) ทักษะและกระบวนการให้เหตุผลและการพิสูจน์ (reasoning and proof) ทักษะการสื่อความหมาย (communication) และทักษะการแสดงสิ่งแทนทางคณิตศาสตร์ (representation)

(2) ระดับการคิดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับความคิดตามกรอบ “การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (mathematical literacy)” ของแบบทดสอบ PISA (Programme for International Student Assessment) 6 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้ ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัว ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้ ระดับ 4 การสร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้ ระดับ 5 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน และระดับ 6 สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่

(3) เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบเลือกตอบและแบบเขียนตอบ ซึ่งมี 3 ประเภท ที่วัดระดับการคิดแตกต่างกันดังนี้

- 3.1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (entry skills test) ซึ่งเน้นการคิดระดับ 1 ถึง 2
- 3.2 แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (practice test) ซึ่งเน้นการคิดระดับ 3 ถึง 6
- 3.3 แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest) ซึ่งเน้นการคิดระดับ 1 ถึง 6

### คุณภาพของเครื่องมือการวัดผลประเมินผล

ความสำคัญอีกประการหนึ่งของการสร้างแบบทดสอบที่ใช้เป็นเครื่องมือการวัดผลประเมินผล คือ การหาคุณภาพเครื่องมือ (instrument quality) ทั้งนี้เพราะคุณภาพของเครื่องมือที่ดีจะมีผลต่อความเชื่อมั่นของคะแนนและการตัดสินใจของผลลัพธ์ที่ได้ (Center for Assessment and Research. Jame Madison University, 2014) องค์ประกอบที่สำคัญของคุณภาพของเครื่องมือ 2 องค์ประกอบ คือ ความตรง (validity) และความเชื่อมั่น (reliability)

#### ความตรง (validity)

งานวิจัยต่างๆให้ความสำคัญต่อข้อมูลที่ได้รับซึ่งต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อเท็จจริง (fact) ที่มีความเที่ยงตรงและมีคุณค่าต่อการนำเชื่อถือและไว้วางใจ (trustworthiness) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง (utility) และมีความเป็นอิสระ (dependability) Burns (1999)อ้างถึงใน Zohrabi, 2013) ได้กล่าวว่า “ ความตรงหรือความเที่ยงตรงเป็นเกณฑ์พิเศษ (essential criterion) สำหรับการประเมินคุณภาพและการยอมรับของงานวิจัย ” โดยทั่วไปนักวิจัยใช้เครื่องมือการวิจัยที่แตกต่างกันในการรวบรวมข้อมูลดังนั้นคุณภาพของเครื่องมือวิจัยจึงมีความสำคัญเพราะการสรุปผลการวิจัยอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลสารสนเทศที่ได้จากการใช้เครื่องมือวิจัยเหล่านี้กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและข้อมูลมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

(1) ความตรงในเนื้อหา (content validity) เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือหรือข้อมูลว่ามีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบหรือทักษะหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด ดังนั้นเครื่องมือวิจัยเหล่านี้จะต้องได้รับการทบทวนโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำวิจัยซึ่งการทบทวนของผู้เชี่ยวชาญอาจเกี่ยวข้องกับความไม่ชัดเจนและคลุมเครือของข้อคำถามซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขรวมทั้งความซับซ้อนของข้อคำถามอาจต้องปรับวิธีเขียนใหม่

(2) ความตรงภายใน (internal validity) เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือหรือข้อมูลว่ามีผลต่อข้อสรุปที่ต้องการศึกษาจริงโดยไม่มีตัวแปรอื่นมาแทรกซ้อนนักวิจัยสามารถใช้กระบวนการต่อไปนี้ในการตรวจสอบความตรงภายในเช่นวิธีการเชิงสามเหลี่ยม (triangulation) ซึ่งเป็นการตรวจสอบที่ใช้เครื่องมือหรือเทคนิคที่แตกต่างกันให้ครอบคลุมสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการจะศึกษาการตรวจสอบโดยสมาชิก (member check) การสังเกตระยะยาวในสถานที่ทำวิจัยการตรวจสอบจากเพื่อนร่วมงาน (peer examination) เป็นต้น (Merriam, 1998)

(3) ความตรงภายนอก (external validity) เป็นการตรวจสอบคุณภาพที่พิจารณาถึงผลของการวิจัยสามารถนำไปใช้อ้างอิงกับเนื้อหาหรือสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา (Burns, 1999)

(4) เกณฑ์การใช้ประโยชน์ (utility criterion) เป็นการตรวจสอบคุณภาพที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่าเครื่องมือวิจัยหรือข้อมูลมีประสิทธิภาพ (effectiveness) และความเหมาะสมกับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา (Lynch, 1996)

#### ความเชื่อมั่น (reliability)

ความเชื่อมั่นของข้อมูลและผลงานวิจัยมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำวิจัย ทั้งนี้เพราะความเชื่อมั่นเป็นการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับความคงเส้นคงวา ซึ่งจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ความเชื่อมั่นภายใน (internal reliability) และ ความเชื่อมั่นภายนอก (external reliability)

ความเชื่อมั่นภายในเกี่ยวข้องกับความคงเส้นคงวาในการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ และการแปลความ Burns (1999) กล่าวว่า นักวิจัยคนอื่น ๆ ที่ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลแบบเดียวกันจะได้ผลการวิจัยทำนองเดียวกัน

สำหรับความเชื่อมั่นภายนอกเกี่ยวข้องกับการทำซ้ำหรือศึกษาซ้ำซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะคล้ายคลึงกับการศึกษาครั้งแรก

งานวิจัยครั้งนี้จะหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา เพื่อตรวจสอบว่าคุณภาพเครื่องมือมีเนื้อหาตรงกับเรื่องที่ต้องการจะวัดหรือไม่ และหาค่าความเชื่อมั่น เพื่อตรวจสอบว่าแบบทดสอบนี้วัดผลได้คงที่ เมื่อมีการวัดซ้ำ หรือได้ผลใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการวัดครั้งก่อน

#### งานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

Koh, Lee, Gong & Wong (2006) ได้ศึกษาการพัฒนาการประเมินผลในชั้นเรียนของประเทศสิงคโปร์ ที่ใช้เครื่องมือที่เป็นนวัตกรรม (innovative tools) สำหรับการพัฒนาการเรียนรู้และบุคลิกลักษณะของผู้เรียนในการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาจีน (Chinese Language) ภาษามาเลย์ (Malay Language) และภาษาทามิล (Tamil Language) โดยใช้มาตรฐานด้านสติปัญญาตามสภาพจริง (authentic intellectual standards) และการใช้คะแนน Rubrics (scoring rubrics) ประเมินคุณภาพของงานของผู้เรียนในโรงเรียน 18 แห่ง (โรงเรียนทดลอง 8 แห่ง โรงเรียนควบคุม 8 แห่ง) ผู้เรียนที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นผู้เรียนที่เรียนจากชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในปี ค.ศ. 2006 ถึง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในปี ค.ศ. 2008 เครื่องมือที่วัดคุณภาพด้านสติปัญญาประกอบด้วย 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 มาตรฐานสำหรับครู ชุดที่ 2 มาตรฐานสำหรับนักเรียน ซึ่งประกอบด้วยประเด็นการประเมินที่สำคัญ ได้แก่ ความลุ่มลึกของความรู้ (Depth of Knowledge) การวิพากษ์เชิงความรู้ (Knowledge Criticism) การคิดคำนวณเชิงความรู้ (Knowledge Manipulation) การเขียน (Sustained Writing) เนื้อหา (Text Types: ปรับปรุงตามกรอบของ PISA) การเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง (Connections to the Real World) รวมทั้งความชัดเจนในตอบคำถามที่แสดงคุณภาพของการนำเสนอแนวคิด ผลของการศึกษาพบว่าครูของประเทศสิงคโปร์มีความรู้และทักษะสูงสำหรับค่าอ้างอิงมาตรฐาน (norm-referenced standardized testing) ซึ่งส่งผลให้นักเรียนของประเทศสิงคโปร์มีผลสัมฤทธิ์สูงในการสอบนานาชาติ เช่น ผลการสอบ TIMSS และ ผลการสอบ PISA การศึกษาค้นคว้านี้มีผลต่อการออกแบบหลักสูตรในการพัฒนาโปรแกรมการศึกษาของครูในประเทศสิงคโปร์

Goethals (2013) ได้รวบรวมความหมายของการคิดขั้นสูงในวิชาคณิตศาสตร์ของนักวิจัยหลายคนที่ศึกษาทำนองเดียวกับขั้นตอนการคิดของบลูม ดังนี้ การคิดขั้นสูงเป็นกระบวนการคิดขั้นวิเคราะห์ (analyze) ประเมินค่า (evaluate) สร้างสรรค์ (create) การคิดขั้นสูงจะเกิดขึ้นเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารสนเทศใหม่ (new information) และสารสนเทศที่มีอยู่เดิม และ/หรือ จัดการความรู้ ขยายความรู้ ที่จะให้ได้ผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ หรือ ค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ ในสถานการณ์ที่ซับซ้อน การคิดขั้นสูงเป็นการคิดแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (collaborative) และเป็นปัญหาที่ตรงตามสภาพจริง (authentic) มีโครงสร้างที่ไม่ชัดเจน (ill-structured) และท้าทาย (challenging) (Weiss, E., 2003) ซึ่งความหมายนี้ใกล้เคียงกับแนวคิดของ Rajendran (2008) และ Thompson (2008) ที่กล่าวว่า การคิดขั้นสูงเป็นการขยายประโยชน์ของแนวคิดที่มีอยู่เพื่อการทำหายสิ่งใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นการคิดที่ไม่มีขั้นตอน อย่างไรก็ตาม Kruger (2013) ได้ให้ความหมายของการคิดขั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ การคิดขั้นสูงเกี่ยวข้องกับการสร้างแนวคิด (concept formation) การคิดวิเคราะห์ (critical thinking) การระดมสมองอย่างสร้างสรรค์ (creativity brainstorming) การแก้ปัญหา (problem solving) การแสดงสิ่งแทนทางปัญญา (mental representation) การใช้กฎ (rule use) การให้เหตุผล (reasoning) และการคิดเชิงตรรก (logical thinking)

Paul & Nosich (2014) ได้ศึกษารูปแบบของการประเมินผลระดับชาติของสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการประเมินการคิดระดับสูง โดยนำเสนอแนวคิดสำคัญในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

## ประเด็นที่ 1 ด้านวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของกระบวนการวัดผลและประเมินผลการคิดระดับสูง เป็นการวัดผลและประเมินผลที่เกี่ยวข้องกับทักษะและความสามารถของผู้เรียนในด้านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่าสารสนเทศซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง (maximum flexibility) ที่สามารถนำไปใช้ได้กับหลากหลายวิชา หลากหลายสถานการณ์ หลากหลายบริบท และหลากหลายระดับการศึกษา

## ประเด็นที่ 2 การคิดวิเคราะห์และเกณฑ์การประเมิน

การคิดวิเคราะห์เป็นกระบวนการทางสติปัญญาที่ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและทักษะในการสร้างแนวคิดจากการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่าสารสนเทศต่าง ๆ ที่รวบรวมไว้จากการสังเกต การสะท้อนแนวคิด การให้เหตุผล หรือ การสื่อสาร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างความเชื่อและการปฏิบัติ (belief and action) รวมทั้งการสร้างแนวคิดเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ที่ยั่งยืนเพื่อศตวรรษที่ 21

ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบในแต่ละข้อของแบบทดสอบควรเป็นเรื่องในชีวิตจริงที่คนทุกคนต้องคิดและกระทำกับเรื่องนั้น ๆ รวมทั้งสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ตามมาตรฐานระดับชาติได้และสามารถทดสอบผลได้ตามทักษะในสภาพจริงที่อาจประกอบด้วยแบบทดสอบชนิดผสมผสานกับแบบทดสอบปรนัยชนิดต่าง ๆ เช่น แบบเลือกตอบหรือแบบทดสอบที่ใช้การเขียนแสดงความคิดเห็นและ/หรือขั้นตอนการแก้ปัญหา เป็นต้น

นักวิจัยของประเทศตุรกีได้ทำวิจัยเปรียบเทียบผลการสอบ PISA 2003 – 2006 ในด้านการอ่านจากประเทศที่มีผลการสอบ PISA อยู่ในห้าอันดับแรกกับผลการสอบของนักเรียนในประเทศตุรกี เพื่อเพิ่มคุณภาพการเรียนการสอนและกำหนดเป็นนโยบายระดับประเทศ การวิจัยพบว่า ทักษะการอ่านของนักเรียนต่ำ นักเรียนขาดทักษะความคิดขั้นสูงที่จะเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์จริง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสนับสนุนงบประมาณน้อย จำนวนนักเรียนในห้องเรียนมีมากกว่าสัดส่วนของจำนวนครูที่กำหนด ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่ำ และพ่อแม่มีการศึกษาต่ำ เป็นต้น (Aydin, A. Erdag, C. & Tas, N., 2011, หน้า 665 – 673) นักวิชาการของประเทศออสเตรเลีย ได้วิเคราะห์พลังการทำนาย (predictive power) ของการสอบ PISA ของนักเรียนตั้งแต่ ค.ศ. 2003 และทำการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อวิเคราะห์การตอบข้อสอบคณิตศาสตร์ในเรื่องการแก้ปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กับคุณภาพของนักเรียนในปี ค.ศ. 2007 และ 2010 หรือไม่ ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อสอบมีความแตกต่างจากพลังการทำนาย ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อสอบที่เน้นคุณภาพเชิงลึก นักวิเคราะห์ได้จำแนกข้อสอบออกเป็น 16 ประเภท มีข้อสอบ 2 ประเภทที่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ในอนาคต บางประเภทนักเรียนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และประยุกต์ใช้ความรู้ทางสถิติ บางประเภทสัมพันธ์กับเรื่อง อัตรา อัตราส่วน สัดส่วน และ/หรือร้อยละ ข้อสอบเหล่านี้ต้องการให้นักเรียนประยุกต์ใช้แนวคิดพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหาที่ต้องใช้หลายขั้นตอน (multi-step problem) ปัญหาที่ไม่ค่อยพบเห็นในชั้นเรียน (non-routine problems) เน้นการคิดแบบยืดหยุ่น (think flexibly) เข้าใจและแปลข้อมูลสารสนเทศของรูปแบบปัญหาหรือบริบทที่ไม่คุ้นเคย ข้อสอบเหล่านี้ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการคิดหาคำตอบด้วยวิธีหลากหลายในระหว่างการแก้ปัญหา ไม่ใช่คิดเฉพาะการเริ่มต้นในการแก้ปัญหา (Jakubowski, M., 2013, บทคัดย่อ)

ฉวีวรรณ และ สุพจน์(2557) ได้วิเคราะห์เนื้อหา ระดับความคิด และบริบทของข้อสอบ O-NET และ PISA ไว้ดังนี้

### (1) ความสัมพันธ์ด้านเนื้อหาของข้อสอบ O-NET และข้อสอบ PISA เทียบเคียงกันได้ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ	↔	เนื้อหาด้านปริมาณ
สาระที่ 2 และ 3 การวัดและเรขาคณิต	↔	เนื้อหาด้านปริภูมิและรูปทรง
สาระที่ 4 พีชคณิต	↔	เนื้อหาด้านการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์
สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น	↔	เนื้อหาด้านความไม่แน่นอนและข้อมูล

### (2) ความสัมพันธ์ด้านระดับความคิด

เนื่องจากข้อสอบ O-NET และข้อสอบ PISA กำหนดวัตถุประสงค์ของการวัดต่างกัน กล่าวคือ ข้อสอบ O-NET วัดความคิดด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ซึ่งสอดคล้องกับระดับความคิดของบลูม (ปรับปรุง) ได้แก่ ระดับ 1 ความรู้ ความจำ ระดับ 2 ความเข้าใจ ระดับ 3 การนำไปใช้ ระดับ 4 การวิเคราะห์ ระดับ 5 การประเมินค่า และระดับ 6 การสร้างสรรค์ สำหรับข้อสอบ PISA วัดพฤติกรรมหรือสมรรถนะด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ต้องแก้ปัญหาในบริบทจากสภาพจริงในโลก จึงกำหนดระดับความคิดจากขั้นต่ำไปสู่อันดับสูง 6 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้

ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการการอ้างอิงไม่เกินสองตัว

ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้

ระดับ 4 สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้

ระดับ 5 สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน สามารถระบุข้อจำกัด เลือกและประเมินกลยุทธ์พร้อมอธิบายเหตุผลได้

ระดับ 6 สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่ และสื่อสารลงข้อสรุปแสดงความเชื่อมโยงของข้อมูลในสถานการณ์ได้อย่าง

ถูกต้องแม่นยำและสอดคล้องกับสถานการณ์

การทำวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นตามกรอบแนวคิดของแบบทดสอบ PISA แบบทดสอบ O-NET และมาตรฐานทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ NTCM และ สสวท. จำแนกเป็น 3 ชุด ดังนี้

1. แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (entry skills test) ซึ่งเน้นการคิดระดับ 1 ถึง 2
2. แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (practice test) ซึ่งเน้นการคิดระดับ 3 ถึง 6
3. แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest) ซึ่งเน้นการคิดระดับ 1 ถึง 6

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยประยุกต์เพื่อพัฒนารูปแบบของเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งจำแนกขั้นตอนของการพัฒนาดังนี้

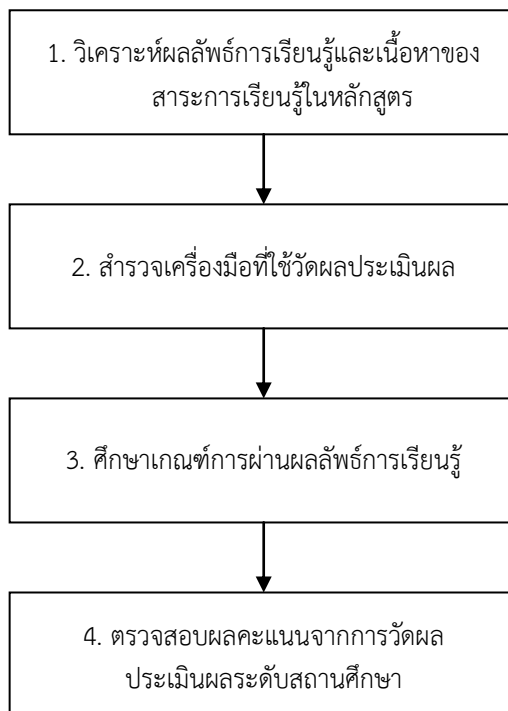
ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 พัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ พร้อมตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

#### การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา

ผู้วิจัยศึกษามาตรฐานผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหาการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้การศึกษาจากเอกสารและสอบถามผู้สอนคณิตศาสตร์ของสถานศึกษา ที่เข้ารับการอบรมการเขียนข้อสอบคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้



### การวิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาระดับความคิดตามกรอบแนวคิดของแบบทดสอบ TIMSS แบบทดสอบ PISA และแบบทดสอบ O-NET มาตรฐานทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของ NTCM และ สสวท. จากเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปจัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยจำแนกตามประเภทของแบบทดสอบที่ต้องการพัฒนา 3 ประเภท แต่ละประเภทประกอบด้วย 5 สารการเรียนรู้ แต่บูรณาการสาระที่ 2 (การวัด) และ สาระที่ 3 (เรขาคณิต) ดังนั้น กรอบของเนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 4 สารการเรียนรู้ และทักษะกระบวนการคิด 6 ระดับ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กรอบการพัฒนาแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

รูปแบบของเครื่องมือ	สารการเรียนรู้	ทักษะกระบวนการคิด
1. แบบทดสอบแรกเข้า 2. แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน 3. แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน	1. จำนวนและการดำเนินการ 2. เรขาคณิตและการวัด 3. พีชคณิต 4. การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น	ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้ ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการการอ้างอิงไม่เกินสองตัว ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้ ระดับ 4 สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้ ระดับ 5 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน สามารถระบุข้อจำกัด เลือกและประเมินกลยุทธ์พร้อมอธิบายเหตุผลได้ ระดับ 6 สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่ และสื่อสารลงข้อสรุปแสดงความเชื่อมโยงของข้อมูลในสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำและสอดคล้องกับสถานการณ์

### การพัฒนาแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์และการตรวจสอบคุณภาพ

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดเป้าหมายของผลผลิต/ผลลัพธ์ ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ของการพัฒนาแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เป้าหมายของผลผลิตและตัวชี้วัดของการพัฒนาแบบเครื่องมือ

เป้าหมายของผลผลิต/ผลลัพธ์	ตัวชี้วัด	
	เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ
1. แบบทดสอบทักษะแรกเข้า(entry skills test)	เน้นการคิดระดับ 1 (ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้) และ ระดับ 2 (ตอบคำถามที่ต้องการการอ้างอิงไม่เกินสองตัว)	1 ฉบับ 40 ข้อ
2. แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (practice test)	เน้นการคิดระดับ 3 (ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้) ระดับ 4 (สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้) ระดับ 5 (สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน) และระดับ 6 (สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่)	1 ฉบับ 60 ข้อ
3. แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest)	เน้นการคิดระดับ 1 ถึง 6	1 ฉบับ 100 ข้อ

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### ประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ปีการศึกษา 2558 - 2559

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากเขตการศึกษาต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 1,880 คน

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แบบสำรวจการวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา
2. แบบวิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์
3. แบบทดสอบ 3 ประเภท คือ แบบทดสอบทักษะแรกเข้าแบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียนและแบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน
4. แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่บูรณาการกรอบแนวคิดด้านการวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์ที่เสนอแนะโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและกรอบแนวคิดของการสอบ PISA

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวัดที่ส่งผลกระทบต่อทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยกำหนดคำถามของการวิจัย ดังนี้

2.1 รูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาทั้งสามรูปแบบ ได้แก่แบบทดสอบทักษะแรกเข้า แบบทดสอบการปฏิบัติการระหว่างเรียน และแบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียนส่งผลกระทบต่อทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหรือไม่

2.2 คุณภาพของเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์มีความตรงและความเชื่อมั่นหรือไม่ ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้

(1) ข้อมูลเกี่ยวกับผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ได้จากการศึกษาเอกสารและการสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 20 คน

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและกรอบการสร้างแบบทดสอบของ PISA

(3) ข้อมูลที่ได้จากการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบทั้งสามฉบับจากผู้เชี่ยวชาญและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้า(entry skills test) โดยนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1 โรงเรียนบางบัวทอง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 130 คน ซึ่งการทดลองครั้งแรกเพื่อศึกษาการใช้ภาษาและสถานการณ์ที่กำหนดในโจทย์แต่ละข้อ หาค่าความยากง่าย ของข้อสอบแต่ละข้อ หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ แล้วนำมาปรับปรุงภาษาและสถานการณ์ที่กำหนดในโจทย์แต่ละข้อ ให้เหมาะสมกับบริบทของนักเรียน จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ ก่อนนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มใหม่แต่เรียนอยู่ในระดับชั้นเดียวกัน

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC เพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ ใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ IOC แทนดัชนีความสอดคล้องระหว่างระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์

$R$  แทนผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาทั้งหมด

$N$  แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร Kuder-Richardson : KR-20

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

โดย $K$	แทน	จำนวนข้อสอบทั้งหมด
$p$	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูก
$q$	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิด ( $1 - p$ )
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
$S_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

3. การหาค่าความยากง่าย ( $p$ ) ของข้อสอบและอำนาจจำแนก ( $r$ ) โดยใช้สูตร

$$\text{สูตร } p = (P_H + P_L)/2n$$

$$\text{สูตร } r = (P_H - P_L)/n$$

โดย $p$	แทน	ค่าความยากง่าย
$r$	แทน	อำนาจจำแนก
$P_H$	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
$P_L$	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
$n$	แทน	จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือต่ำ

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพัฒนา รูปแบบของเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้ **ตอนที่ 1** การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา **ตอนที่ 2** การวิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์และ **ตอนที่ 3**การพัฒนา รูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์และผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยสำหรับตอนที่ 1 และตอนที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบมาตรฐานการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของประเทศไทยกับกรอบแนวคิดของ PISA เพื่อนำไปสู่การพัฒนา รูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ 3 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบทักษะแรกเข้า แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน และแบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน

### ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหาของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3 ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยกับกรอบสาระคณิตศาสตร์ของ PISA ซึ่งมีกำหนดกลุ่มสาระที่นำมาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** เปรียบเทียบระหว่างเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ประเทศไทย กับ PISA

เนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ประเทศไทย	เนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ PISA
จำนวนและการดำเนินการ	ปริมาณ
การวัด	ปริภูมิและรูปร่าง
เรขาคณิต	
พีชคณิต	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์
การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น	ความไม่แน่นอนและข้อมูล

ข้อมูลที่สถานศึกษาใช้ประกอบการสร้างเครื่องมือวัดผลและประเมินผลได้แก่ ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา ผู้วิจัยพบว่าสถานศึกษาได้กำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้โดยพิจารณาสมรรถภาพด้านความรู้ความเข้าใจในคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการเพื่อใช้เป็นกรอบในการสร้างแบบทดสอบและการประเมินตามสภาพจริง ดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ผลลัพธ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์

สมรรถภาพด้านความรู้และความเข้าใจ	ทักษะกระบวนการ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความรู้ความจำ</li> <li>- ความเข้าใจ</li> <li>- การนำไปใช้</li> <li>- การวิเคราะห์</li> <li>- การสังเคราะห์</li> <li>- การประเมินค่า</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การแก้ปัญหา</li> <li>- การให้เหตุผล</li> <li>- การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ</li> <li>- การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ</li> <li>- ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์</li> </ul>

จากตารางที่ 4.2 ผู้วิจัยได้นำไปเปรียบเทียบกับกรอบแนวคิดของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA พบว่าสมรรถนะที่เป็นกรอบการสอบของ PISA เน้นทักษะกระบวนการที่บูรณาการสมรรถภาพด้านความรู้และความเข้าใจที่ใช้บริบทในชีวิตจริงเป็นสถานการณ์ของโจทย์ปัญหา โดยบริบทและระดับการคิดที่ใช้เป็นกรอบในการสร้างข้อสอบแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** บริบทและระดับความคิดตามกรอบของ PISA

บริบท	ระดับความคิด
<ul style="list-style-type: none"> <li>● เกี่ยวข้องกับบุคคล</li> <li>● เกี่ยวข้องกับอาชีพ</li> <li>● เกี่ยวข้องกับสังคม</li> <li>● เกี่ยวข้องกับความคิดเชิงวิทยาศาสตร์</li> </ul>	ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้ ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัว ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้ ระดับ 4 สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้ ระดับ 5 สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ ระดับ 6 สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากที่นำเสนอไว้ในตอนที่ 1 ไปวิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ต่อไป

**ตอนที่ 2** การวิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ใช้เนื้อหาสาระ 5 สาระและทักษะกระบวนการไปกำหนดจำนวนข้อสอบของแบบทดสอบแต่ละประเภทดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการ

เนื้อหาและทักษะกระบวนการ	จำนวนข้อ
ชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้า : เนื้อหา 5 สาระ และทักษะกระบวนการคิดระดับ 1 และ 2	40
ชุดที่ 2 แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน : เนื้อหา 5 สาระ และทักษะกระบวนการคิดระดับ 3 ถึงระดับ 6	60
ชุดที่ 3 แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน : เนื้อหา 5 สาระ และทักษะกระบวนการคิดระดับ 1 ถึงระดับ 6	100

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ไปกระจายเนื้อหาสาระที่ต้องการพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยบูรณาการเนื้อหาสาระที่ 2 การวัด และ สาระที่ 3 เรขาคณิต ให้มีสัดส่วนเป็นร้อยละโดยประมาณ ดังตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** ร้อยละของการกระจายเนื้อหาและทักษะกระบวนการ(โดยประมาณ)

เนื้อหาและทักษะกระบวนการ	ร้อยละของการกระจาย		
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
จำนวนและการดำเนินการ	25	25	25
เรขาคณิตและการวัด	25	25	25
พีชคณิต	25	25	25
การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น	25	25	25

ตอนที่ 3 การพัฒนารูปแบบเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์และผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

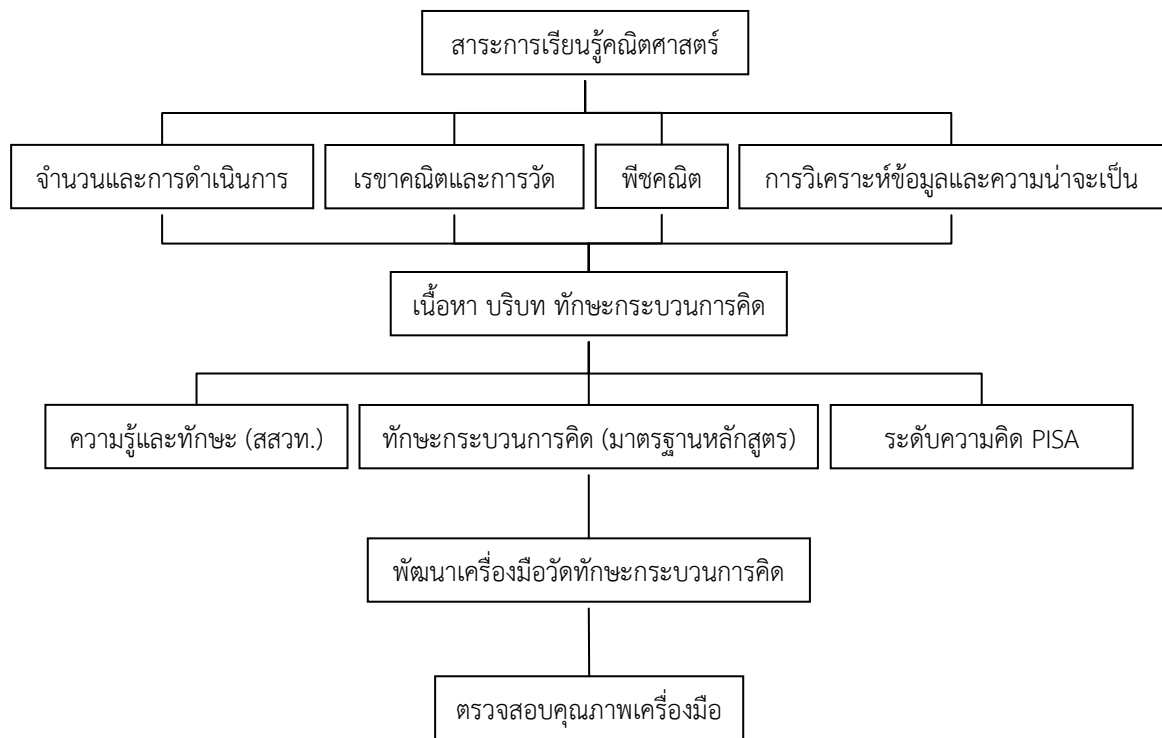
### 3.1 การสร้างแบบทดสอบ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบตามวัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมิณผล ดังนั้นแบบทดสอบแต่ละชุดประกอบด้วยรูปแบบของข้อสอบที่มีลักษณะแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ลักษณะของแบบทดสอบ

ประเภทของแบบทดสอบ	ลักษณะของแบบทดสอบ
ชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (วัดทักษะกระบวนการคิดระดับ 1 และ 2)	● แบบเติมคำตอบ 40 ข้อ
ชุดที่ 2 แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (วัดทักษะกระบวนการคิดระดับ 3 ถึงระดับ 6)	● ปฏิบัติการ 20 ชุด ประกอบด้วยการเติมคำตอบ 60 ข้อ
ชุดที่ 3 แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (วัดทักษะกระบวนการคิดระดับ 1 ถึงระดับ 6)	● แบบเลือกตอบ 40 ข้อ ● แบบเติมคำตอบ/แนวคิด 60 ข้อ

ผู้วิจัยนำเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์มาสร้างข้อสอบแต่ละประเภทที่ระบุไว้ในตารางที่ 4.4 ถึง 4.6 มาสร้างข้อสอบซึ่งใช้เทคนิคการตั้งคำถามที่วัดระดับการคิดตามตามสัดส่วนที่กำหนด ซึ่งมีรูปแบบการพัฒนาเครื่องมือดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 รูปแบบการพัฒนาเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่างการวิเคราะห์และขั้นตอน/ประเด็นที่ใช้เป็นกรอบการพัฒนารูปแบบเครื่องมือแต่ละฉบับเพื่อวัดผลประเมิณผลทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

#### แบบทดสอบชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้า

**ข้อสอบข้อที่ 1** วันนี้มีนักเรียน 7 คนที่ไม่มาเรียน ซึ่งคิดเป็น 25 % ของนักเรียนทั้งชั้น นักเรียนทั้งหมดของชั้นนี้มีกี่คน

### ขั้นตอน/ประเด็นที่ใช้เป็นกรอบ

เนื้อหาสาระ:

จำนวนและการดำเนินการ เรื่อง ร้อยละ

บริบทส่วนบุคคล:

สถานการณ์ในห้องเรียน

ระดับความรู้และทักษะ (สสวท.):

ความรู้ ความเข้าใจ และนำไปใช้

ระดับความคิดเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (PISA):

ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้

ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัว

ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (มาตรฐานหลักสูตรคณิตศาสตร์) :

การแก้ปัญหา

ข้อสอบข้อที่ 8 ครูซื้อเค้กไปแจกนักเรียน โดยมีชนิดต่าง ๆ กันดังนี้

เค้กบลูเบอร์รี่ 12 ชิ้น ราคา 72 บาท

เค้กช็อกโกแลต 8 ชิ้น ราคา 40 บาท

เค้กลูกเกด 10 ชิ้น ราคา 40 บาท

เค้กชนิดใดราคาถูกที่สุด

### ขั้นตอน/ประเด็นที่ใช้เป็นกรอบ

เนื้อหาสาระ:

จำนวนและการดำเนินการ เรื่อง อัตราส่วน

บริบทส่วนบุคคล/อาชีพ:

สถานการณ์ในร้านค้า

ระดับความรู้และทักษะ (สสวท.):\*

ความรู้ ความเข้าใจ นำไปใช้และตัดสินใจ (ประเมินค่า)

ระดับความคิดเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (PISA)\*:

ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้

ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัว

ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (มาตรฐานหลักสูตรคณิตศาสตร์)\* :

- การแก้ปัญหา
- การให้เหตุผล
- การเชื่อมโยงสาระทางคณิตศาสตร์\*

หมายเหตุ \* ระดับความรู้และทักษะ (สสวท.) ระดับความคิดเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยพัฒนาแบบทดสอบบนพื้นฐานของความรู้และทักษะของผู้เรียนระดับกลาง ซึ่งอาจมีการเลื่อนไหลระหว่างระดับของประสบการณ์ของผู้เรียนได้ เช่น ผู้เรียนที่เรียนคณิตศาสตร์เพิ่มเติมหรือได้รับประสบการณ์เตรียมความพร้อมก่อนการเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### แบบทดสอบชุดที่ 2 แบบทดสอบการปฏิบัติการระหว่างเรียน

#### ปฏิบัติการ 2 ระยะทางและความเร็ว

ระยะทางและความเร็วมีความสัมพันธ์กันดังนี้

จินดาขับรถยนต์ด้วยความเร็วสม่ำเสมอใน 1 ชั่วโมง ได้ระยะทาง 70 กิโลเมตร

เรากล่าวได้ว่า จินดาขับรถยนต์ด้วยความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

หรือ เขียนสัญลักษณ์แทนความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้เป็น 70 กม./ชม.

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 4 ถึงคำถามที่ 6

คำถามที่ 4 ถ้าวิชัยขับรถยนต์ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ (S) 80 กม./ชม. จงเติมระยะทางที่เขาขับรถยนต์ได้ภายใน 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง ลงในตารางที่กำหนด

เวลาเป็นชั่วโมง (T)	1	2	3	4
ระยะทางเป็นกิโลเมตร (D)	80	160		

คำถามที่ 5 จากคำถามที่ 4 ถ้ากำหนดให้

$D$  แทน ระยะทางเป็นกิโลเมตร

$S$  แทน ความเร็วกิโลเมตรต่อชั่วโมง

$T$  แทน เวลาเป็นชั่วโมง

ข้อใดคือสูตรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ( $D$ ) ความเร็ว ( $S$ ) และ

ก.  $D = S \times T$

ข.  $S = D \times T$

ค.  $T = D \times S$



คำถามที่ 6 เครื่องบินลำหนึ่งออกจากสนามบินเวลา 01:30 น. ถึงสนามบินปลายทาง 08:30 น. ได้ระยะทางทั้งหมด 3,500 กิโลเมตร เครื่องบินลำนี้บินด้วยความเร็วเท่าใด



**ขั้นตอน/ประเด็นที่ใช้เป็นกรอบ**

เนื้อหาสาระ:

เรขาคณิตและการวัด เรื่อง ระยะทาง เวลา และอัตราความเร็ว

บริบทส่วนบุคคล:

สถานการณ์ในสังคม / วิทยาศาสตร์

ระดับความรู้และทักษะ (สสวท.):

ความรู้ ความเข้าใจ นำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

ระดับความคิดเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (PISA):

ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้

ระดับ 4 สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้

ระดับ 5 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้

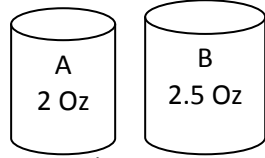
ระดับ 6 สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่

ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (มาตรฐานหลักสูตรคณิตศาสตร์) :

- การแก้ปัญหา
- การให้เหตุผล
- การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ
- การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ
- ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

**แบบทดสอบชุดที่ 3 แบบทดสอบแบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน**

ข้อสอบข้อที่ 5 สูตรการปรุงน้ำผลไม้รวมสำหรับหนึ่งที่กำหนดให้ผสมน้ำส้ม 9 ออนซ์ แต่มีถ้วยตวงให้ใช้ได้เพียง 2 ขนาดคือถ้วย A ขนาด 2 ออนซ์ กับถ้วย B ขนาด 2.5 ออนซ์ จะต้องตวงน้ำส้มอย่างไรสำหรับการปรุงน้ำผลไม้รวมสำหรับ 2 ที่



- (ก) ใช้ถ้วย A ตวง 2 ครั้งและใช้ถ้วย B ตวง 1 ครั้ง
- (ข) ใช้ถ้วย A ตวง 2 ครั้งและใช้ถ้วย B ตวง 2 ครั้ง
- (ค) ใช้ถ้วย A ตวง 3 ครั้งและใช้ถ้วย B ตวง 2 ครั้ง
- (ง) ใช้ถ้วย A ตวง 4 ครั้งและใช้ถ้วย B ตวง 1 ครั้ง

**ขั้นตอน/ประเด็นที่ใช้เป็นกรอบ**

เนื้อหาสาระ:

เรขาคณิตและการวัด เรื่อง สัดส่วน

บริบทส่วนบุคคล:

สถานการณ์ส่วนบุคคล / วิทยาศาสตร์

ระดับความรู้และทักษะ (สสวท.):

ความรู้ ความเข้าใจ นำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

ระดับความคิดเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (PISA):

- ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้
- ระดับ 4 สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้
- ระดับ 5 สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้
- ระดับ 6 สร้างวิถีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่

ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (มาตรฐานหลักสูตรคณิตศาสตร์) :

- การแก้ปัญหา
- การให้เหตุผล
- การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ
- การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ
- ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

**3.2 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ**

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.7

**ตารางที่ 4.7** คุณภาพเครื่องมือจำแนกตามประเภท

ประเภทของแบบทดสอบ	ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC)	ความเชื่อมั่น
ชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้า	0.86	0.815
ชุดที่ 2 แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน	0.93	
ชุดที่ 3 แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน	0.93	

จากตารางที่ 4.7 แบบทดสอบทั้งสามชุดได้มีผู้เชี่ยวชาญ 3 คนประเมินค่าความตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เพื่อดูความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบทั้งสามประเภท โดยชุดที่ 1 ได้ค่า IOC

เท่ากับ 0.86 ชุดที่ 2 ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.93 และชุดที่ 3 ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.93 ซึ่งค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญมากกว่า 0.5 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่แสดงค่าความตรงเชิงเนื้อหา สำหรับแบบทดสอบชุดที่ 1 เป็นแบบเติมคำตอบที่ให้คะแนน 1 สำหรับผู้ตอบถูก และคะแนน 0 สำหรับผู้ตอบผิด แบบทดสอบทักษะแรกเข้านี้ใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1,880 คนที่ได้ศึกษาเนื้อหาครบถ้วนแล้วตั้งแต่ระดับประถม ถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้หาความเชื่อมั่นด้วยวิธีการหาความเป็นเอกพันธ์ภายใน โดยใช้สูตร Kuder-Richardson : KR-20 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.815 ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นระดับสูง แต่เนื้อหาสาระของแบบทดสอบชุดที่ 2 และชุดที่ 3 เป็นสาระที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 และ/หรือจะศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเฉพาะค่า IOC

สำหรับค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้ามีการกระจายดังนี้

เกณฑ์ค่าความยากง่าย ( $p$ )	ข้อสอบที่
0.80 – 1.00 ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)	-
0.60 – 0.80 ค่อนข้างง่าย (ดี)	1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 25, 27, 28, 37, 39, 40
0.40 – 0.59 ยากปานกลาง (ดีมาก)	5, 9, 17, 19, 23, 24, 30, 33, 36
0.20 – 0.39 ค่อนข้างยาก	4, 6, 7, 13, 16, 26, 29, 31, 32, 34, 35, 38
0.00 – 0.19 ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)	-

เกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ )	ข้อสอบที่
0.80 – 1.00 จำแนกดีมาก	-
0.60 – 0.79 จำแนกดี	3, 4, 9, 17, 19, 22, 23, 29, 32, 33
0.40 – 0.59 จำแนกได้ปานกลาง	5, 6, 14, 20, 49, 28, 30, 31, 38,40
0.20 – 0.39 จำแนกต่ำ/ได้บ้าง (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 21, 24, 25, 26, 34, 35, 36, 37, 39
0.00 – 0.19 จำแนกไม่ค่อยได้ (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)	-

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบ 3 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (entry skills test) ซึ่งใช้วัดผลประเมินผลในขั้นต้นก่อนการสอน (2) แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (practice test) ซึ่งใช้วัดผลประเมินผลในขั้นต้นระหว่างสอน และ (3) แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest) รูปแบบของเครื่องมือเน้นการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในทุกขั้นต้นของการเรียนรู้

#### สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและกรอบแนวคิดของการประเมินการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ระดับนานาชาติ PISA แล้วนำไปวิเคราะห์สัดส่วนของผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหาสาระของคณิตศาสตร์ ตามหลักการของการสร้างแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

**ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1** การพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลได้ดังนี้

(1) การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหา

เนื้อหาสาระของคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยกับกรอบสาระคณิตศาสตร์ของ PISA มีความเทียบเคียงกันได้ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ ↔ เนื้อหาด้านปริมาณ

สาระที่ 2 และ 3 การวัดและเรขาคณิต ↔ เนื้อหาด้านปริภูมิและรูปทรง

สาระที่ 4 พีชคณิต ↔ เนื้อหาด้านการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ↔ เนื้อหาด้านความไม่แน่นอนและข้อมูล

สำหรับผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เน้นทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยกับกรอบสาระคณิตศาสตร์ของ PISA มีการกำหนดสมรรถภาพที่แตกต่างกันแต่มีการแบ่งระดับทักษะการคิดเป็น 6 ระดับที่สามารถนำมาเทียบเคียงกันได้ดังนี้

ระดับความคิดของหลักสูตรประเทศไทยระดับความคิดของ PISA

สมรรถภาพด้านความรู้ความเข้าใจประกอบด้วยความรู้ความจำ

ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า การแก้ปัญหาตามบริบท ประกอบด้วยการตอบคำถามที่คุ้นเคย การตอบคำถามที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัว การตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอน การสร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้ง การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ และ การสร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่

(2) การวิเคราะห์สัดส่วนของเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้กระจายเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ของแบบทดสอบแต่ละฉบับโดยมีลักษณะการบูรณาการคิดเป็นร้อยละ 25 ของจำนวนข้อสอบ (โดยประมาณ) ของแต่ละฉบับ ได้แก่ จำนวนและการดำเนินการ ร้อยละ 25 เรขาคณิตและการวัด ร้อยละ 25 พีชคณิต ร้อยละ 25 และ การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ร้อยละ 25 เพื่อใช้เป็นกรอบของการออกข้อสอบ ซึ่งการออกแบบพัฒนาข้อสอบเน้นทักษะและกระบวนการคิด ดังนี้

- การแก้ปัญหา
- การให้เหตุผล
- การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ
- การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ
- ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA มาใช้เป็นเกณฑ์ในการสร้างข้อสอบ ดังนี้ แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (entry skills test) วัดทักษะความคิดระดับ 1 และ 2 แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน (practice test) วัดทักษะความคิดระดับ 3 ถึง 6 และ แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest) วัดทักษะความคิดระดับ 1 ถึง 6

**ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2** การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวัดที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

(1) การหาความตรงเชิงเนื้อหา

ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ค่า IOC (Index of Item-Objective Congruence) ที่พัฒนาโดย R.Rovinell และ R. Hambleton จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ได้ค่า IOC ของแบบทดสอบทักษะแรกเข้า แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน และ แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน เป็น 0.86, 0.93 และ 0.93 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 0.50 ผลวิจัยจึงสรุปว่าแบบทดสอบทั้งสามฉบับมีความตรงเชิงเนื้อหา

(2) การหาความเชื่อมั่น

ผู้วิจัยได้หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทักษะแรกเข้าด้วยวิธีการหาความเป็นเอกพันธ์ภายใน โดยใช้สูตร Kuder-Richardson : KR-20 ได้ค่า 0.815 ซึ่งแสดงว่าการวัดผลด้วยแบบทดสอบนี้จะได้ค่าที่แน่นอนในการวัดทักษะแรกเข้า

(3) การหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกมีข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย 19 ข้อ (1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 25, 27, 28, 37, 39, 40) ยากปานกลาง 9 ข้อ (5, 9, 17, 19, 23, 24, 30, 33, 36) และ ค่อนข้างยาก 12 ข้อ (4, 6, 7, 13, 16, 26, 29, 31, 32, 34, 35, 38) สำหรับค่าอำนาจจำแนกมีข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกดี 10 ข้อ (3, 4, 9, 17, 19, 22, 23, 29, 32, 33) จำแนกได้ปานกลาง 10 ข้อ (5, 6, 14, 20, 49, 28, 30, 31, 38,40) และจำแนกต่ำ/ได้บ้างมี 20 ข้อ (1, 2, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 21, 24, 25, 26, 34, 35, 36, 37, 39)

สำหรับแบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน และ แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียนมีเนื้อหาสาระที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 และ/หรือจะศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเฉพาะค่า IOC

## อภิปรายผล

ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัดผลประเมินผลทักษะแรกเข้า การวัดผลประเมินผลการปฏิบัติระหว่างเรียน และการวัดผลประเมินผลมาตรฐานหลังเรียนได้ดำเนินการพัฒนาโดยใช้ขั้นตอน/ประเด็นที่เป็นกรอบใน 5 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. เนื้อหาสาระ: พิจารณาสาระการเรียนรู้ตามสัดส่วนที่วิเคราะห์ได้

2. บริบท: พิจารณาสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนบุคคล สังคม วิชาชีพ และวิทยาศาสตร์/คณิตศาสตร์

3. ระดับความรู้และทักษะ (สสวท.): พิจารณา 6 ระดับความคิดของบลูม ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจ นำไปใช้ในการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

4. ระดับความคิดเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (PISA): พิจารณา 6 ระดับ

ระดับ 1 ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้

ระดับ 2 ตอบคำถามที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัว

ระดับ 3 ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้

ระดับ 4 สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้

ระดับ 5 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้

ระดับ 6 สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่

5. ทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ : พิจารณา 5 ด้าน ตามมาตรฐานผลลัพธ์การเรียนรู้ที่กำหนดในหลักสูตรคณิตศาสตร์ :

- การแก้ปัญหา
- การให้เหตุผล
- การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ
- การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ
- ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ผู้วิจัยพบว่าการพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีขั้นตอน/ ประเด็นที่ใช้เป็นกรอบการสร้างแบบทดสอบของงานวิจัยครั้งนี้ได้นำนโยบายการจัดการศึกษาไปสู่การปฏิบัติในสถานศึกษาที่มีประสิทธิภาพหรือประสิทธิผล โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ที่จะได้จากการเรียนรู้ของผู้เรียน นักการศึกษาหรือผู้เกี่ยวข้องจะใช้วิธีการติดตามความก้าวหน้าและวัดผลประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียนและความก้าวหน้าในการสอนของผู้สอน และสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ การวัดผลประเมินผลให้ตรงตามวัตถุประสงค์ รวมทั้งการเลือกใช้เครื่องมือการวัดผลประเมินผลที่เหมาะสม ซึ่งต้องครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Covacevich, 2014)

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อให้งานวิจัยนี้มีความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยได้ใช้การพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เนื่องจากงานวิจัยนี้มีขอบเขตจำกัดในเรื่องของขนาดของประชากรและระยะเวลาที่จะใช้ดำเนินการ รวมทั้งเนื้อหาและทักษะที่ต้องครอบคลุมมาตรฐานหลักสูตร ดังนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเป็น 2 ระยะ โดยระยะที่ 1 ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาและทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ และความเชื่อมั่นตามวัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมินผล ทั้งนี้เพราะคุณภาพของเครื่องมือที่ดีจะมีผลต่อความเชื่อมั่นของคะแนนและการตัดสินใจของผลลัพธ์ที่ได้ (Center for Assessment and Research. Jame Madison University, 2014)

ผู้วิจัยพบว่าค่า IOC ที่ได้จากการคำนวณผลคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 3 คนแสดงความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบทักษะแรกเข้า แบบทดสอบปฏิบัติการระหว่างเรียน และแบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียนมีค่า เป็น 0.86, 0.93 และ 0.93 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า 0.5 จึงยอมรับว่าข้อสอบทั้งสามฉบับมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และค่าความเชื่อมั่น 0.815 แสดงว่าค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้เพราะ การทดลองใช้แบบทดสอบแรกเข้าครั้งแรกทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนบางบัวทอง อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี จำนวน 3 ห้อง เมื่อวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นได้ในระดับ 0.586 ซึ่งเป็นระดับปานกลาง จึงมีการปรับปรุงเลขจำนวนและข้อความให้เหมาะสมกับบริบทของนักเรียนแต่ยังคงระดับการวัดในแต่ละข้อเหมือนเดิม และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มใหม่ในโรงเรียนเดิมจึงทำให้ระดับความเชื่อมั่นสูงขึ้น

สำหรับความยากง่ายของแบบทดสอบแรกเข้าซึ่งเป็นข้อสอบที่วัดพื้นฐานความรู้ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่พบว่า ระดับค่อนข้างง่าย ยากปานกลาง และ ค่อนข้างยาก มีจำนวน 19 ข้อ 9 ข้อ และ 12 ข้อ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าจำนวนข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระดับ ค่อนข้างง่าย (0.60 – 0.80) มีหลายข้อ อาจเนื่องจากการนำข้อสอบไปทดลองสอบเป็นเวลาทีนักเรียนได้เรียนเนื้อหาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพิ่มขึ้นบ้างแล้ว ซึ่งส่งผลต่ออำนาจจำแนกที่อยู่ระดับจำแนกต่ำ หรือจำแนกได้บ้าง (0.20 – 0.39)

อย่างไรก็ตาม แบบทดสอบทักษะแรกเข้า ได้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่นที่มีค่าอยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกอาจแปรเปลี่ยนตามสมรรถนะพื้นฐานความรู้และทักษะกระบวนการคิดที่นักเรียนมีประสบการณ์แตกต่างกันในแต่ละโรงเรียน

### ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องนี้แสดงให้เห็นการพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งแบ่งเป็นแบบทดสอบ 3 ชุด ประกอบด้วยแบบทดสอบทักษะแรกเข้า แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน และ แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน โดยแบบทดสอบแต่ละชุดสร้างขึ้นให้สอดคล้องกับทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในเรื่องการวัดผลประเมินผล และกรอบแนวคิดของการสอบ PISA ดังนั้น ผู้สอน ผู้บริหารสถานศึกษา และนักการศึกษาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

### 1. ผู้สอน

ผู้สอนคณิตศาสตร์ได้ใช้แนวทางการพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์เป็นตัวอย่างในการสร้างข้อสอบหรือการตั้งคำถามในกระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องทุกขั้นตอนตั้งแต่ความรู้และทักษะแรกเข้า ความรู้และทักษะระหว่างเรียน และความรู้และทักษะหลังเรียน โดยลักษณะของการตอบคำถามอาจกำหนดเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็ก เพื่อให้มีการพัฒนาความคิดระดับสูงหรือลดความกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ได้ (Way, J., 2011)

### 2. ผู้บริหารสถานศึกษา

ผู้บริหารสถานศึกษาได้ขยายผลของการพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ไปสร้างเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ หรือกลุ่มสาระอื่น ๆ ที่ต้องใช้ทักษะการคิดขั้นสูงและการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ ทั้งบริบทส่วนบุคคล บริบททางสังคม บริบทในวิชาชีพ และบริบทในศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

### 3. นักการศึกษา

การศึกษาปัจจุบันเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์ การร่วมมือ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสาร และการคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น ซึ่งนักการศึกษาต้องพัฒนาการเรียนการสอนและการวัดผลประเมินผลที่ให้ผู้เรียนมีสมรรถนะตามที่คาดหวังได้ โดยใช้รูปแบบการพัฒนาที่อิงสาระการเรียนรู้ควบคู่กับทักษะกระบวนการคิดแบบบูรณาการหรือเชื่อมโยงกับบริบทของสถานการณ์จริงของโลกในระดับชาติและระดับนานาชาติ

### 4. ฝ่ายวัดผลของสถานศึกษา

รูปแบบของเครื่องมือใช้พัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งฝ่ายวัดผลสามารถนำไปพัฒนาเป็นคลังข้อสอบที่ให้ผู้เรียนตรวจสอบสมรรถนะในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้ระบบออนไลน์ แต่การเฉลยคำตอบอาจต้องมีการแสดงความคิดทุกขั้นตอน นอกจากนั้นควรศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยของประเทศที่เป็นแบบอย่างที่ดี (best practice) ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้ผู้เรียนที่เข้าทดสอบระดับนานาชาติ TIMSS หรือ PISA มีระดับคะแนนสูงซึ่งแสดงสมรรถภาพในการคิดขั้นสูงได้เป็นอย่างดี

## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ (2556). ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง การปรับสัดส่วนการใช้ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการตัดสินผลการเรียนของผู้ที่เรียนจบการศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สืบค้นจาก <http://www.moe.go.th>
- ฉวีวรรณ แก้วไทรฮะ และ สุพจน์ ไชยสังข์ (2557). การวิเคราะห์การสอบพินิจและโอเน็ตของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติเพื่อการปฏิรูปการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ปีงบประมาณ 2557. กรุงเทพฯ : สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2557). รายงานประจำปี 2557. กรุงเทพมหานคร: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). มาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และ วิทยาศาสตร์ บทสรุปของผู้บริหาร. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สิน พันธุ์พินิจ (2549). เทคนิคการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ : วิทยพัฒน์.
- Aydin, A., Erdag, C., & Tas, N. (2011). A comparative evaluation of PISA 2003-2006 results in reading literacy skills: An example of top-five OECD countries and Turkey. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/872040542?accountid=2871>
- Covacevich, C. (2014). How to select an instrument for assessing student learning. New York: Inter-American Development Bank.
- Goethals, P.L.(2013). The pursuit of higher-order thinking in mathematics classroom: A review. N.Y.: Center for Faculty Excellence.
- Haladyna Thomas, M. (1999). Developing and validating multiple-choice test items. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Jakubowski, M. (2013). Analysis of predictive power of PISA test items. Retrieved from <http://www.oecd.org/edu/workingpapers>.
- Lange, J.D. (1999). Frame work for classroom management in mathematics. NL: Freudenthal Institute & National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science.
- Maki, P.L. (2004). Assessing for learning: building a sustainable commitment across the institution. Sterling, VA: AAHE; and Walvoord, B. E. (2004). Assessment Clear and Simple. San Francisco: Jossey-Bass.
- Merriam, S. B. (1998). Qualitative research and case study applications in education. San Francisco: Jossey- Bass Publisher.

- National Council of Teachers of Mathematics. (2013). Assessment standards for school Mathematics. Retrieved from <http://www.nctm.org/standards/content.aspx?id=24079>
- Organization for Economic Cooperation & Development. (2014). PISA 2015 Draft Framework. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>.
- Organization for Economic Cooperation & Development. (2015). OECD Education Report: Subject Results in Full. Retrieved from <http://www.telegraph.co.uk/education/leaguetables/10488555/OECD-education-report-subject-results-in-full.html>
- Stacey, K. (2005). The place of problem solving in contemporary mathematics curriculum documents. *Journal of Mathematical Behavior*, 24 (3-4), pp. 341-350.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Ministry of Education (2003). Science Assessment Manual. Bangkok: S.P.N. Printing Co.,Ltd.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Ministry of Education (2008). Basic Education Curriculum B.E. 2008. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing Co.,Ltd.
- Turner, R.C. & Carlson, L. (2003). Indexes of Item-Objective Congruence for Multidimensional Items. *International Journal of Testing*, v3 n2 pp.163-71.
- Way, J. (2011). Fractions: Teaching for understanding. SA: Austration Association of Mathematics Teachers.
- Zabrabi, M. 2013. Mixed Method Research: Instruments, Validity, Reliability and Reporting Findings. UK: Academic Publishing.

ภาคผนวก

## คำชี้แจงสำหรับครู

แบบทดสอบมี 3 ชุด ชุดที่ 1 คือ แบบทดสอบทักษะแรกเข้า ชุดที่ 2 คือ แบบทดสอบการปฏิบัติระหว่างเรียน และชุดที่ 3 คือ แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน การทดสอบความรู้และทักษะของนักเรียนครั้งนี้เพื่อนำข้อมูลไปพัฒนาทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของก่อนการสอบข้อสอบมาตรฐานของสถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) และเป็นข้อมูลในการพัฒนาความรู้และระดับความคิดให้สูงขึ้น

**การคิดระดับ 1** ตอบคำถามที่คุ้นเคยได้

**การคิดระดับ 2** ตอบคำถามที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัว

**การคิดระดับ 3** ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนได้

**การคิดระดับ 4** สร้างคำอธิบายและสร้างข้อโต้แย้งได้

**การคิดระดับ 5** สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้

**การคิดระดับ 6** สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์ใหม่

**แบบทดสอบชุดที่ 1**  
**แบบทดสอบทักษะแรกเข้า (Entry Skill Test)**

**คำชี้แจงสำหรับนักเรียน**

จงเขียนคำตอบแต่ละข้อลงในกระดาษคำตอบ นักเรียนสามารถใช้กระดาษทดได้ **แต่ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด**

1. วันนี้มีนักเรียน 7 คนที่ไม่มาเรียน ซึ่งคิดเป็น 25 % ของนักเรียนทั้งชั้นนักเรียนทั้งหมดของชั้นนี้มีกี่คน  
.....
2. เสื้อตัวหนึ่งราคา 800 บาท ผู้ซื้อต้องจ่ายค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 % จำนวนเงินที่ผู้ซื้อต้องจ่ายรวมภาษีเท่าใด  
.....
3. วุฒิชัยฝากเงิน 5,000 บาท ธนาคารให้ดอกเบี้ย 7 % ต่อปี ถ้าเขาฝากแบบดอกเบี้ยเชิงเดียวเป็นเวลา 4 ปี เขาจะได้เงินรวม (เงินต้นพร้อมดอกเบี้ย) เท่าใด  
.....
4. ห้องหนึ่งมีนักเรียนหญิง 12 คน นักเรียนชาย 18 คน มีนักเรียนหญิงคิดเป็นร้อยละเท่าใดของนักเรียนทั้งหมด  
.....
5. วีระไปร้านซูเปอร์มาร์เก็ต เขาจ่ายค่าอาหาร 340 บาท และค่าใช้จ่ายส่วนตัว 165 บาท ถ้าร้านค้าลดราคา 10 % เขาจะจ่ายเงินทั้งสิ้นกี่บาท  
.....
6. กานดาจ่ายค่าเช่าที่พัก 10% ของรายได้แต่ละเดือนที่ได้รับ และฝากเงินกับธนาคาร 5 % ของเงินที่เหลือ ถ้าเดือนมิถุนายนกานดาได้รายได้ 24,000 บาท เขาจะจ่ายเงินเป็นค่าใช้จ่ายอื่น ๆ กี่บาท  
.....
7. พัทธระนั่งรถประจำทางไปโรงเรียน คนขับรถด้วยความเร็วโดยเฉลี่ย 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โรงเรียนอยู่ห่างจากบ้าน 9 กิโลเมตร พัทธระใช้เวลาเดินทางโดยรถประจำทางคันนี้ไปถึงโรงเรียนกี่นาที  
.....
8. ครูซื้อเค้กไปแจกนักเรียน โดยมีชนิดต่าง ๆ กันดังนี้  
    เค้กบลูเบอร์รี่ 12 ชิ้น ราคา 72 บาท  
    เค้กช็อกโกแลต 8 ชิ้น ราคา 40 บาท  
    เค้กลูกเกด 10 ชิ้น ราคา 40 บาท  
    เค้กชนิดใดราคาถูกที่สุด  
.....
9. กานดาซื้อกรรไกรที่ประกาศลดราคา 20% ถ้าราคาที่ปิดขายตามปกติ คือ 27 บาท กานดาซื้อกรรไกรในราคากี่บาท  
.....

10. ส่วนผสมของน้ำมะนาวปั่นมีดังนี้

น้ำ	3	ถ้วย
น้ำมะนาว	2	ถ้วย
น้ำตาล	1	ถ้วย
น้ำแข็ง	1	ถ้วย

กำหนด 1 ถ้วย = 250 มิลลิลิตร

ถ้าส่วนผสมใส่น้ำ 9 ถ้วย จะต้องใช้น้ำมะนาวกี่ถ้วย

.....

11. จำนวนในข้อใดมีค่ามากที่สุด

(ก)  $a - (-2)$     (ข)  $a - (-\frac{1}{3})$     (ค)  $a + (-\frac{1}{3})$     (ง)  $a + (-2)$

.....

12. ปีนี้ลุงของวีระอายุเป็น 3 เท่าของวีระ และเมื่อ 4 ปีที่แล้ว ลุงของเขามีอายุแก่กว่าวีระ 4 เท่า จงหาอายุปัจจุบันของวีระ

.....

13. ปัจจุบันบิดามีอายุเป็น 3 เท่าของบุตรชาย อีก 15 ปี บิดาจะมีอายุเป็น 2 เท่าของบุตรชายในปีนั้นด้วย ปัจจุบันบิดาอายุเท่าใด

.....

14. ถ้า  $\frac{3}{p} = 6$  และ  $\frac{3}{q} = 15$  จงหาค่าของ  $p - q$

.....

15. จงหาผลบวก  $11xy + 9xy + 5xy$

.....

16. จงหาผลบวกของ  $x^2 - 3x + 2$  กับ  $5x^2 - 3x + 8$

.....

17. ค่าของ  $x$  ที่เป็นคำตอบของสมการ  $9(x - 5) = 4x - 5$  มีค่าเท่าใด

.....

18. ถ้า  $M = a^2 + a - 1$  และ  $R = -a - 1$  จงหาค่าของ  $M + R$

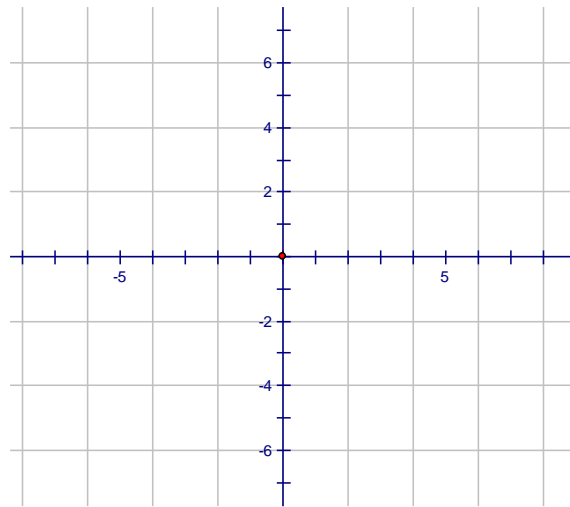
.....

19. ตารางที่กำหนดให้แสดงค่าของ  $x$  และ  $y$  เมื่อ  $y = 3x - 2$  จงเติมค่าของ  $y$  เมื่อ  $x = 2$

x	-2	-1	0	1	2
y	-8	-5	-2	1	

.....

20. จากข้อมูลในข้อ 19 จงเขียนกราฟของเส้นตรงที่ผ่านจุดพิกัดในตารางลงในตารางพิกัดฉากต่อไปนี้



21. จากกราฟที่สร้างในข้อ 20 เมื่อ  $x = 3$  จะได้พิกัดของ  $y$  ที่สอดคล้องกันเท่ากับเท่าใด

.....

22. จากข้อมูลในตาราง จงเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  และ  $y$

$x$	-1	0	1	2	3	4
$y$	1	4	7	10	13	16

.....

23. วิทย์ต้องการเขียนกราฟของ  $y = 2x + 3$  จงเติมค่าของ  $y$  ในตารางที่สอดคล้องกับค่าของ  $x$  ที่กำหนด เพื่อให้ได้พิกัด  $(x, y)$  ที่จะใช้เขียนกราฟที่ต้องการ

$x$	-1	1	3
$y$			

.....

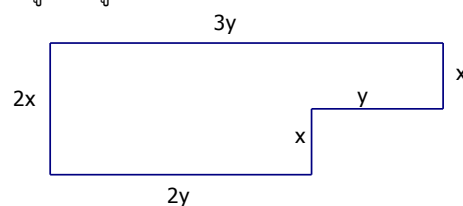
24. สระน้ำมีน้ำบรรจุอยู่ 100 แกลลอน ต้องการเติมน้ำด้วยอัตราคงที่ดังตารางที่กำหนด

เวลา (นาที)	0	1	2	3	4
ปริมาณน้ำ (แกลลอน)	100	120	140		

จงหาปริมาณน้ำในสระในนาที่ที่ 3 และ นาที่ที่ 4

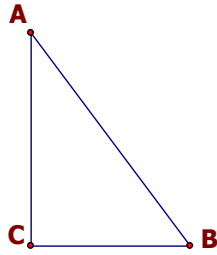
.....

25. จงหาความยาวรอบรูปของรูปที่กำหนด

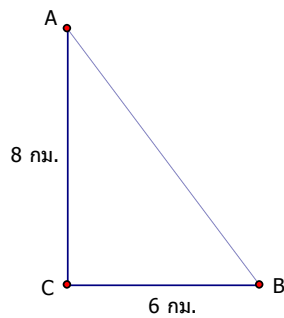


.....

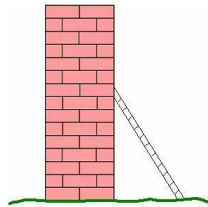
26. รูปสามเหลี่ยม ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ถ้าความยาวของ  $\overline{AC}$  เท่ากับ 8 เซนติเมตร และความยาวของ  $\overline{AB}$  เท่ากับ 10 เซนติเมตร จงหาความยาวของ  $\overline{BC}$



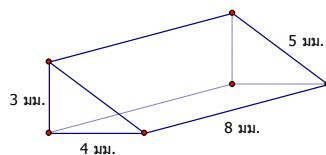
27. ระยะที่สั้นที่สุดระหว่างเมือง A กับ เมือง B คือกี่กิโลเมตร



28. บ้านได้อันหนึ่งยาว 6 เมตร พาดพิงกำแพงโดยปลายบนสุดอยู่สูงจากพื้น 5 เมตร จงหาว่าปลายบันไดอีกข้างหนึ่งห่างจากฐานตึกกี่เมตร

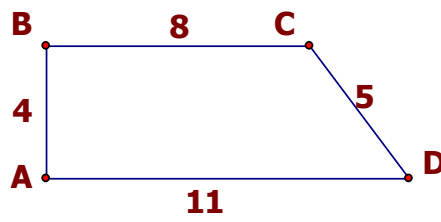


29. ปริซึมฐานสามเหลี่ยมมุมฉากมีพื้นที่ผิวเท่าใด

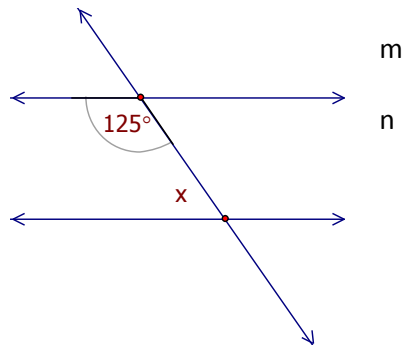


30. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว 14 เซนติเมตร และกว้าง 10 เซนติเมตร ถ้าความยาวลดลง  $x$  เซนติเมตร และความกว้างเพิ่มขึ้น  $x$  เซนติเมตร จะทำให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังนั้นพื้นที่จะเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด

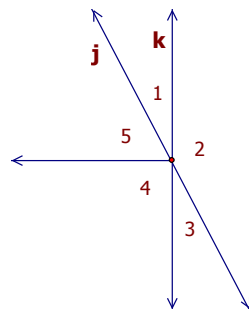
31. รูปสี่เหลี่ยมคางหมู ABCD มีพื้นที่ที่ตารางหน่วย



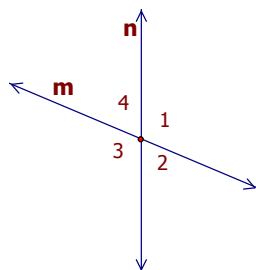
32. เส้นตรง m และ n ขนานกัน จงหาขนาดของมุม x



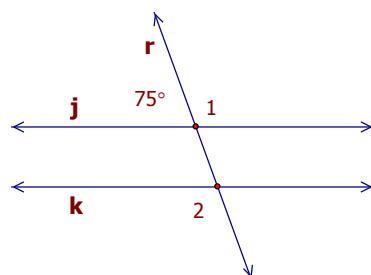
33. เส้นตรง j และ เส้นตรง k ตัดกัน มุมคู่ใดที่เท่ากันทุกประการ



34. เส้นตรง m และ n ตัดกันตั้งรูป และมุม 1 มีขนาด  $113^\circ$  จงหาขนาดของมุม 4



35. เส้นตรง  $r$  ตัดเส้นขนาน  $j$  และ  $k$  จงหาผลบวกของมุม 1 และ มุม 2



36. นักเรียน 4 คน ได้บันทึกเวลาที่คาดการณ์ในการวิ่งรอบเมืองกับเวลาที่วิ่งได้จริง (ดังตาราง)

ชื่อนักเรียน	เวลาที่คาดการณ์ (วินาที)	เวลาที่วิ่งจริง (วินาที)
สมเกียรติ	73	64
สมชาย	62	69
สมศักดิ์	65	75
สมบัติ	68	76

นักเรียนคนใดคาดการณ์เวลาได้ใกล้เคียงที่สุดกับเวลาที่วิ่งจริง

37. จำนวนปลาที่ขายได้ในตลาดแห่งหนึ่งแสดงด้วยแผนรูปภาพดังต่อไปนี้

วันจันทร์	
วันอังคาร	
วันพุธ	
วันพฤหัสบดี	
วันศุกร์	



แทนปลา 10 ตัว

จงหาว่าวันพุธและวันศุกร์ขายปลาได้ทั้งหมดกี่ตัว

38. โยนลูกเต๋าลูกหนึ่ง 60 ครั้ง ปรากฏว่าแต้มที่อยู่บนลูกเต๋าแต่ละหน้า (1 ถึง 6) หงายขึ้นโดยมีจำนวนความถี่ที่เกิดแต้มต่าง ๆ ดังตารางต่อไปนี้

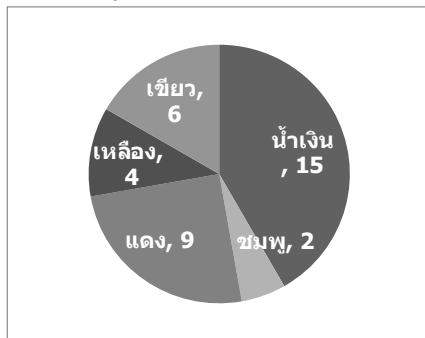
จำนวนครั้งของการโยนลูกเต๋า

แต้มที่หงายขึ้น	จำนวนครั้งที่เกิด
1	6
2	15
3	18
4	11
5	3
6	7

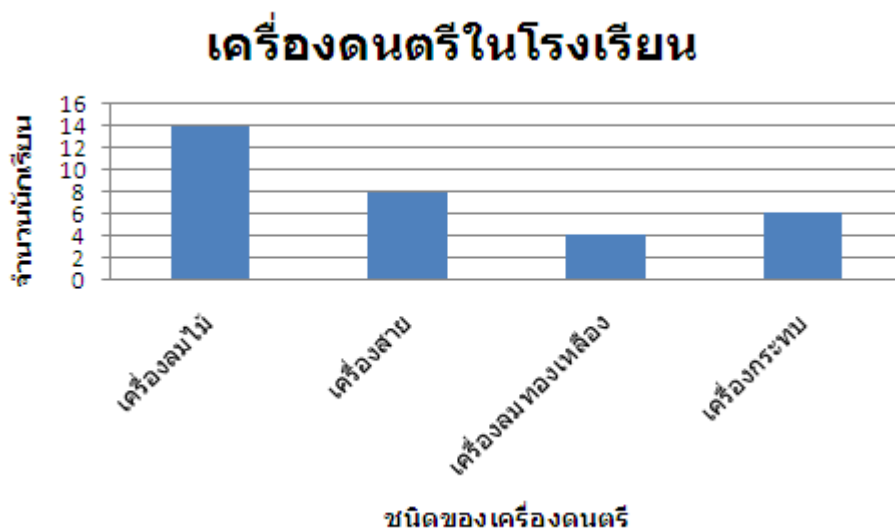
การคาดการณ์โอกาสที่แต้มแต่ละหน้าจะขึ้นต้องเท่า ๆ กัน จงหาว่ามีแต้มใดบ้างที่เกิดขึ้นน้อยกว่าการคาดการณ์

.....

39. ในตู้เสื้อผ้ามีเสื้อสีต่าง ๆ ดังแผนภูมิวงกลมที่กำหนดจงหาว่ามีเสื้อสีแดงกี่เปอร์เซ็นต์



40. แผนภูมิแท่งข้างล่างนี้แสดงจำนวนนักเรียนที่สมัครเล่นดนตรีสากลชนิดต่าง ๆ

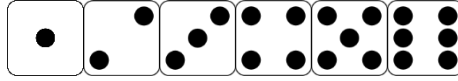


จงหาว่ามีนักเรียนเลือกเล่นเครื่องดนตรีชนิดใดเป็นอันดับที่สองกี่เปอร์เซ็นต์

.....

## แบบทดสอบชุดที่ 2 การปฏิบัติการระหว่างเรียน (Practical Tests) ปฏิบัติการ 1 ลูกเต๋า

หน้าของลูกเต๋าทั้ง 6 หน้ามีดังต่อไปนี้



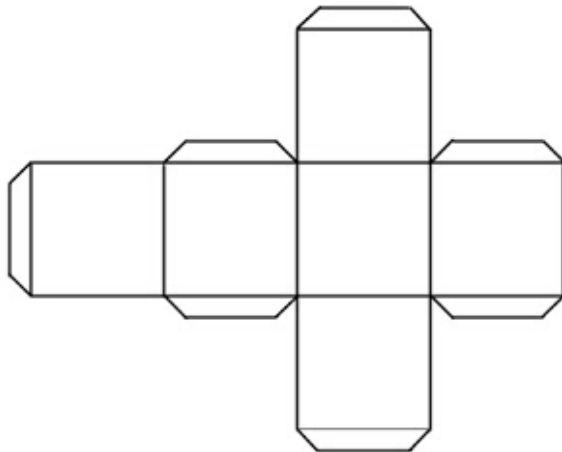
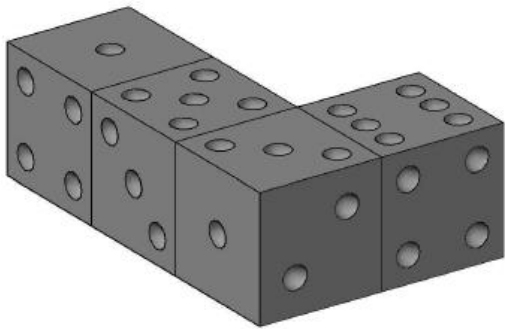
กฎของการสร้างลูกเต๋า คือ จำนวนจุดที่อยู่บนหน้าตรงข้ามสองหน้ารวมกันต้องเท่ากับ 7 เสมอ

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 1 ถึง คำถามที่ 3

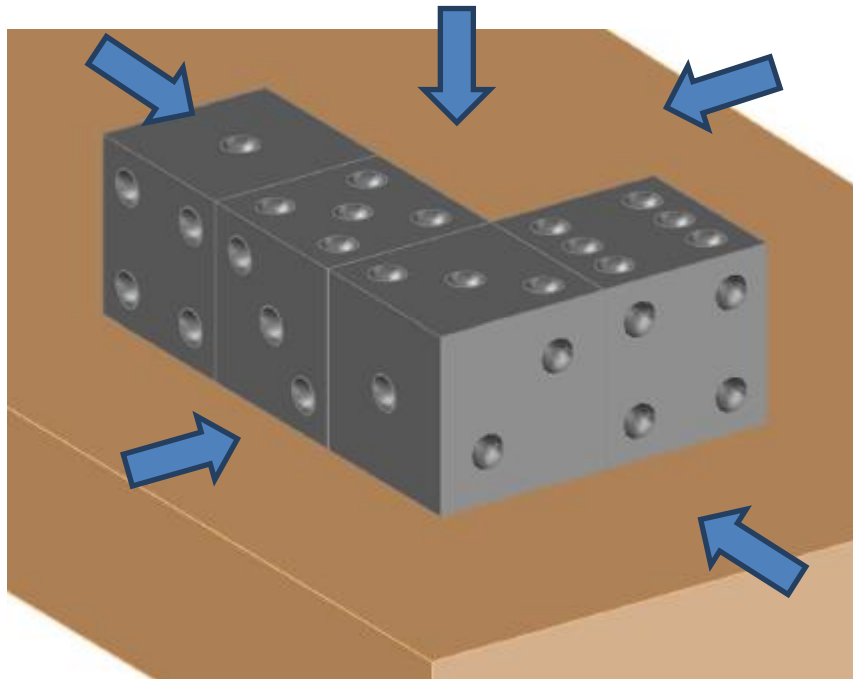
คำถามที่ 1 จงวาดหน้าที่อยู่ด้านล่างของลูกเต๋าดังตามภาพลงในตารางข้างล่าง

หน้าที่อยู่ด้านบน				
หน้าที่อยู่ด้านล่าง				

คำถามที่ 2 ลูกเต๋า 4 ลูกในภาพด้านล่างนี้เป็นลูกเต๋าดังแบบเดียวกัน ผลิตขึ้นมาพร้อมกัน มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ จงวาดหน้าของลูกเต๋าดังบนแผ่นพับกล่อง เพื่อนำไปสร้างเป็นลูกเต๋าดังตามแบบที่กำหนด



คำถามที่ 3 จากภาพในคำถามที่ 2 เมื่อลูกเต๋าทั้ง 4 ลูกวางอยู่บนโต๊ะ จงหาผลรวมของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทันหมดที่มองเห็นได้จากภายนอก(มองได้จากรอบโต๊ะ)



## ปฏิบัติการ 2 ระยะทางและความเร็ว

ระยะทางและความเร็วมีความสัมพันธ์กันดังนี้

จินดาขับรถยนต์ด้วยความเร็วสม่ำเสมอใน 1 ชั่วโมง ได้ระยะทาง 70 กิโลเมตร  
เรากล่าวได้ว่า จินดาขับรถยนต์ด้วยความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง  
หรือ เขียนสัญลักษณ์แทนความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้เป็น 70 กม./ชม.

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 4 ถึงคำถามที่ 6

คำถามที่ 4 ถ้าวิชัยขับรถยนต์ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ (S) 80 กม./ชม. จงเติมระยะทางที่เขาขับรถยนต์ได้ภายใน 3 ชั่วโมงและ 4 ชั่วโมง ลงในตารางที่กำหนด

เวลาเป็นชั่วโมง (T)	1	2	3	4
ระยะทางเป็นกิโลเมตร (D)	80	160		

คำถามที่ 5 จากคำถามที่ 4 ถ้ากำหนดให้

D แทน ระยะทางเป็นกิโลเมตร

S แทน ความเร็วกิโลเมตรต่อชั่วโมง

T แทน เวลาเป็นชั่วโมง



ข้อใดคือสูตรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (D) ความเร็ว (S) และเวลา (T)

ก.  $D = S \times T$

ข.  $S = D \times T$

ค.  $T = D \times S$

คำถามที่ 6 เครื่องบินลำหนึ่งออกจากสนามบินเวลา 01:30 น. ถึงสนามบินปลายทาง 08:30 น. ได้ระยะทางทั้งหมด 3,500 กิโลเมตร เครื่องบินลำนี้บินด้วยความเร็วเท่าใด



### ปฏิบัติการ 3 การเปลี่ยนหน่วยของความเร็ว

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (D) ความเร็ว (S) และเวลา (T) พิจารณาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$D = S \times T$$

$$S = \frac{D}{T}$$

$$T = \frac{D}{S}$$

หน่วยมาตรฐาน

ระยะทาง นิยมใช้ กิโลเมตร (กม.) เมตร (ม.)

เวลา นิยมใช้ ชั่วโมง (ชม.) นาที วินาที

ความเร็ว นิยมใช้ กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กม./ชม.) เมตรต่อวินาที (เมตร/วินาที)

การเปลี่ยนหน่วย

1 กิโลเมตร = 1,000 เมตร

1 ชั่วโมง = 3,600 วินาที

ดังนั้น 1 กม.ต่อ 1 ชม. = 1,000 เมตร ต่อ 3,600 วินาที

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 7 ถึงคำถามที่ 9

คำถามที่ 7 สมศักดิ์ขี่มอเตอร์ไซด์ด้วยความเร็ว 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะใช้วิธีในข้อใดคำนวณความเร็วเป็นเมตรต่อวินาที

$$\begin{aligned} \text{ก. } 45 \text{ กม.ต่อ ชม.} &= \frac{45 \times 1000}{3600} \text{ ม. ต่อ วินาที} \\ &= 45 \times \frac{5}{18} \text{ ม. ต่อ วินาที} \\ &= 12.5 \text{ ม. ต่อ วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ข. } 45 \text{ กม.ต่อ ชม.} &= \frac{45 \times 3600}{1000} \text{ ม. ต่อ วินาที} \\ &= 45 \times \frac{18}{5} \text{ ม. ต่อ วินาที} \\ &= 162 \text{ ม. ต่อ วินาที} \end{aligned}$$



คำถามที่ 8 น้ำไหล 30 เมตรต่อวินาที จะใช้วิธีในข้อใดคำนวณความเร็วของน้ำเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง

$$\begin{aligned}\text{ก. } 30 \text{ ม.ต่อ วินาที} &= \frac{30 \times 1000}{3600} \text{ กม. ต่อ ชม.} \\ &= 30 \times \frac{5}{18} \text{ กม. ต่อ ชม.} \\ &= 8.33 \text{ กม. ต่อ ชม.}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{ข. } 30 \text{ ม.ต่อ วินาที} &= \frac{30 \times 3600}{1000} \text{ กม. ต่อ ชม.} \\ &= 30 \times \frac{18}{5} \text{ กม. ต่อ ชม.} \\ &= 108 \text{ กม. ต่อ ชม.}\end{aligned}$$

คำถามที่ 9 ในระหว่างการวิ่งมาราธอน นักกีฬาคนหนึ่งใช้ความเร็วในการวิ่งอย่างสม่ำเสมอ 800 เมตรต่อนาที ดังนั้นในเวลา 5 นาที เขาจะวิ่งได้ระยะทางกี่กิโลเมตร



## ปฏิบัติการ 4 อัตราการเปลี่ยนแปลงของการแข่งฟุตบอล

**อัตราการเปลี่ยนแปลง** เป็นอัตราเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหนึ่ง ( $y$ ) ต่อการเปลี่ยนแปลงของอีกปริมาณหนึ่ง ( $x$ )

$$\text{สูตร อัตราการเปลี่ยนแปลง} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ } y}{\text{การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ } x}$$

เมื่อค่าของ  $x$  เพิ่มขึ้นและค่าของ  $y$  เพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็น**อัตราการเปลี่ยนแปลงทางบวก**

เมื่อค่าของ  $x$  เพิ่มขึ้นแต่ค่าของ  $y$  ลด แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็น**อัตราการเปลี่ยนแปลงทางลบ**

**สถานการณ์** การแข่งขันฟุตบอลของทีม A มีจำนวนครั้งของการชนะแสดงไว้ในตาราง

ปี พ.ศ.	จำนวนครั้งที่ชนะ
2554	28
2555	29
2556	26
2557	30
2558	28



จงใช้ข้อมูลในตารางตอบคำถามที่ 10 ถึง คำถามที่ 12

**คำถามที่ 10** อัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนครั้งที่ชนะระหว่างปีพ.ศ.2554 ถึง 2555 เป็นเท่าใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงทางบวกหรือทางลบ

**คำถามที่ 11** อัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนครั้งที่ชนะระหว่างปีพ.ศ.2554 ถึง 2556 เป็นเท่าใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงทางบวกหรือทางลบ

**คำถามที่ 12** อัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนครั้งที่ชนะระหว่างปีพ.ศ.ใดที่เท่ากับ 0

## ปฏิบัติการ 5 อัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลาการเข้าออกของลูกค้า

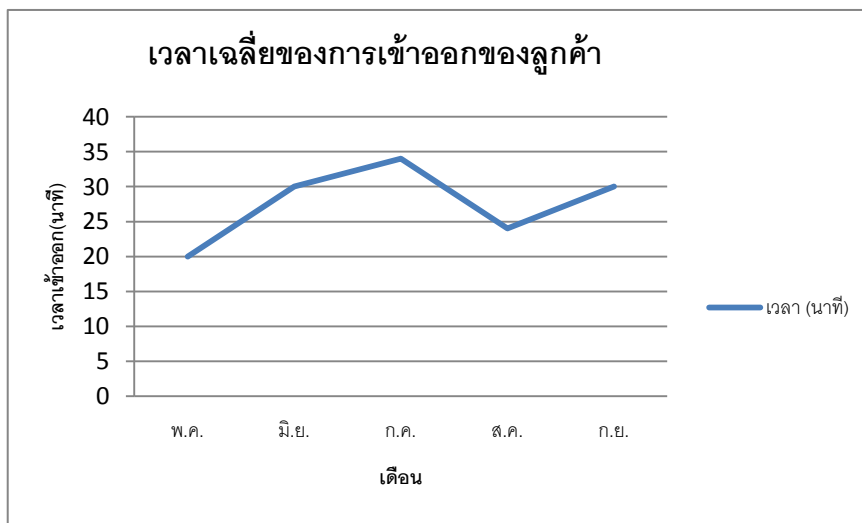
**อัตราการเปลี่ยนแปลง** เป็นอัตราเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหนึ่ง (y) ต่อการเปลี่ยนแปลงของอีกปริมาณหนึ่ง (x)

$$\text{สูตร อัตราการเปลี่ยนแปลง} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ } y}{\text{การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ } x}$$

เมื่อค่าของ x เพิ่มขึ้นและค่าของ y เพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็น**อัตราการเปลี่ยนแปลงทางบวก**

เมื่อค่าของ x เพิ่มขึ้นแต่ค่าของ y ลด แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็น**อัตราการเปลี่ยนแปลงทางลบ**

**สถานการณ์** ผู้บริหารบริษัทไทยมอเตอร์ได้บันทึกข้อมูลเวลาการเข้าออกของรถยนต์ที่ใช้เวลาโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือนตามกราฟเส้นที่แสดงในรูป



จงใช้ข้อมูลในตารางตอบคำถามที่ 13 ถึง คำถามที่ 14

**คำถามที่ 13** อัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลาเข้าออกของลูกค้าระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม เป็นเท่าใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงทางบวกหรือทางลบ

**คำถามที่ 14** อัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลาเข้าออกของลูกค้าระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม เป็นเท่าใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงทางบวกหรือทางลบ

## ปฏิบัติการ 6 อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

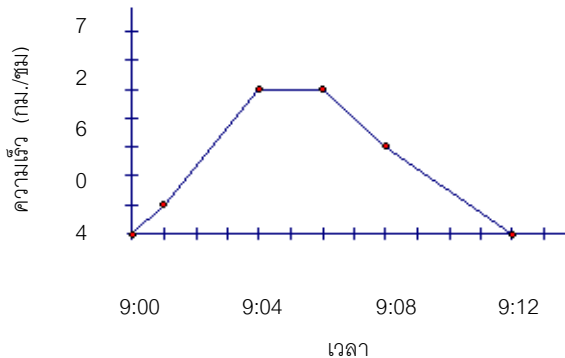
**อัตราการเปลี่ยนแปลง** เป็นอัตราเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหนึ่ง ( $y$ ) ต่อการเปลี่ยนแปลงของอีกปริมาณหนึ่ง ( $x$ )

$$\text{สูตร อัตราการเปลี่ยนแปลง} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ } y}{\text{การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ } x}$$

เมื่อค่าของ  $x$  เพิ่มขึ้นและค่าของ  $y$  เพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็น **อัตราการเปลี่ยนแปลงทางบวก**

เมื่อค่าของ  $x$  เพิ่มขึ้นแต่ค่าของ  $y$  ลด แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็น **อัตราการเปลี่ยนแปลงทางลบ**

**สถานการณ์** วีระขับรถออกจากบ้านเวลา 9:00 น. เขาใช้ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) แตกต่างกันไปและถึงจุดหมายเวลา 9:12 น. วีระเขียนกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับความเร็วดังรูปต่อไปนี้



จงใช้ข้อมูลจากกราฟเส้นตอบคำถามที่ 15 ถึงคำถามที่ 17

**คำถามที่ 15** อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วระหว่าง 9:00น.ถึง 9:04 เป็นเท่าใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงทางบวกหรือทางลบ

**คำถามที่ 16** อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วระหว่าง 9:00น.ถึง 9:06เป็นเท่าใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงทางบวกหรือทางลบ

**คำถามที่ 17** อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วระหว่าง 9:06น.ถึง 9:12เป็นเท่าใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงทางบวกหรือทางลบ

## ปฏิบัติการ 7 รับประทานอาหารกลางวัน

ร้านก๋วยเตี๋ยวลูกชิ้นปลารสเด็ด			
ธรรมดา / พิเศษ		เครื่องดื่ม	
ก๋วยเตี๋ยวลูกชิ้นปลา .....	30.- 40.-	น้ำเปล่า.....	20.-
ก๋วยเตี๋ยวต้มยำ.....	35.- 45.-	น้ำส้ม.....	30.-
ก๋วยเตี๋ยวเย็นตาโฟ.....	35.- 45.-	น้ำมะนาว.....	30.-
เกาเหลา.....	40.-	น้ำแดงโมปั่น...	40.-
ข้าวเปล่า.....	10.-		



นักศึกษา 5 คน เลือกซื้ออาหารกลางวันจากเมนูที่กำหนด โดยแต่ละคนเลือกอาหารดังนี้

ชื่อ	อาหารที่เลือก
สุดา	ก๋วยเตี๋ยวลูกชิ้นปลา (พิเศษ) น้ำมะนาว
มาลี	ก๋วยเตี๋ยวต้มยำธรรมดา(ธรรมดา) น้ำเปล่า
นารี	ก๋วยเตี๋ยวเย็นตาโฟ (พิเศษ) น้ำส้ม
วีระ	เกาเหลา ข้าวเปล่า น้ำแดงโมปั่น
วิชัย	ก๋วยเตี๋ยวเย็นตาโฟ (ธรรมดา) เกาเหลา น้ำเปล่า

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 18 ถึง คำถามที่ 20

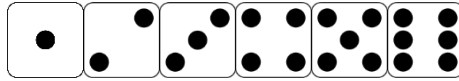
**คำถามที่ 18** นักศึกษา 5 คน จ่ายค่าอาหารกลางวันรวมกันเท่าใด

**คำถามที่ 19** นักศึกษาคนใดจ่ายค่าอาหารกลางวันน้อยที่สุด

**คำถามที่ 20** จงเรียงลำดับชื่อนักศึกษาที่จ่ายค่าอาหารจากแพงที่สุดไปหาน้อยที่สุด

## ปฏิบัติการ 8 โดมิโนลูกเต๋า

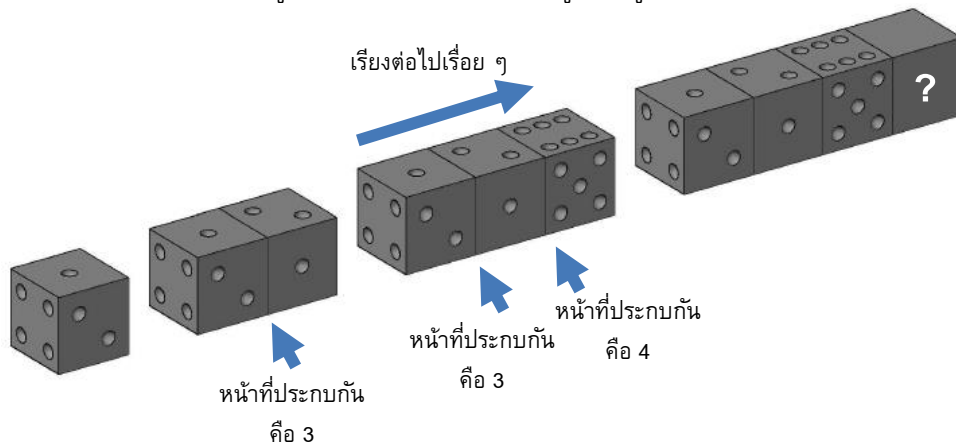
หน้าของลูกเต๋าทั้ง 6 หน้ามีดังต่อไปนี้



กฎของการสร้างลูกเต๋า คือ จำนวนจุดที่อยู่บนหน้าตรงข้ามสองหน้ารวมกันต้องเท่ากับ 7 เสมอ

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามที่ 21 ถึงคำถามที่ 23

**คำถามที่ 21** ถ้านำลูกเต๋ามาวางเรียงกันโดยให้หน้าของลูกเต๋าที่ประกบกันเป็นหน้าเดียวกันเสมอ ซึ่งเป็น การเรียงกันแบบโดมิโน (รูปที่ 1) จงหาว่าหน้าของลูกเต๋าลูกที่ 4 ที่มาวางเรียงต่อมีจำนวนจุดกี่จุด

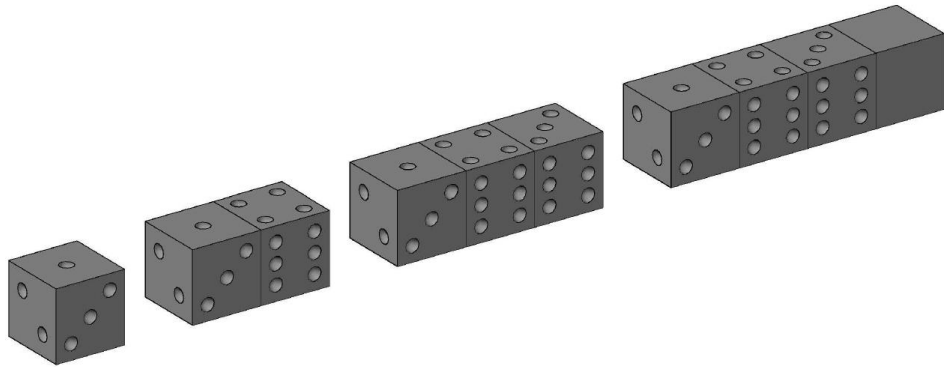


รูปที่ 1

**คำถามที่ 22** ลูกเต๋านึ่งลูกมีผลรวมของแต้มที่มองเห็นได้จากภายนอกเท่ากับ 21 หากนำลูกเต๋ามาวาง เรียงกันโดยให้หน้าของลูกเต๋าทที่ประกบกันเป็นหน้าเดียวกันเสมอดังรูปที่ 1 จงหาผลรวมของแต้มที่ มองเห็นได้จากภายนอกทั้งหมดตามตาราง

จำนวนลูกเต๋า (ลูก)	ผลรวมของแต้มทั้งหมด ที่มองเห็นจากภายนอก
1	21
2	36
3	49
4	

คำถามที่ 23 นำลูกเต๋ามาวางเรียงกันโดยให้หน้าของลูกเต๋าที่ประกบกันเป็นหน้าเดียวกันเสมอแบบโดมิโนที่แสดงในรูปที่ 2 จงหาผลรวมของแต้มที่มองเห็นได้จากภายนอกทั้งหมดตามตาราง



รูปที่ 2

จำนวนลูกเต๋า (ลูก)	ผลรวมของแต้มทั้งหมด ที่มองเห็นจากภายนอก
1	21
2	32
3	
4	

## ปฏิบัติการ 9 ตัดผ้าต่างขนาดให้ด้านกว้างเท่ากัน

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามที่ 24 ถึงคำถามที่ 26

**สถานการณ์ 1** จันทิมา มีผ้า 2 ผืนผืนหนึ่งสีแดงกว้าง 72 เซนติเมตร อีกผืนหนึ่งสีขาวกว้าง 90 เซนติเมตร เขาต้องการตัดผ้าทั้งสองผืนทางด้านกว้างให้เป็นผ้าแถบที่มีด้านกว้างเท่ากัน จันทิมาวางแผนว่าเขาจะต้องหาจำนวนที่หาร 72 และ 90 ได้ลงตัวทั้งสองจำนวน

**คำถามที่ 24** จงหาตัวหารร่วมของ 72 และ 90 โดยเติมตัวเลขในช่องว่างให้ถูกต้อง

จำนวนที่หาร 72 ได้ลงตัว คือ 1, 2, 3, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 72



จำนวนที่หาร 90 ได้ลงตัว คือ 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 15, 18, 30, 45, 90

จำนวนที่เป็นตัวหารร่วมของ 72 และ 90 คือ ....., ....., ....., ....., และ .....

**สถานการณ์ 2** จันทิมาต้องการผ้าแถบสีแดงและผ้าแถบสีขาวที่ด้านกว้างเท่ากันและกว้างมากที่สุด เขาพิจารณาตัวหารร่วมทั้งหมดของ 72 และ 90

**คำถามที่ 25** ตัวหารร่วมที่มีค่ามากที่สุด (ห.ร.ม.) ของ 72 และ 90 คือจำนวนใด

**คำถามที่ 26** จันทิมาจะตัดผ้าแถบสีแดงและผ้าแถบสีขาวที่ด้านกว้างเท่ากันและกว้างมากที่สุดกี่เซนติเมตร

## ปฏิบัติการ 10 เมื่อใดจะออกกำลังกายวันเดียวกัน

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามที่ 27 ถึงคำถามที่ 29

สถานการณ์ A ไปออกกำลังกายที่สวนรื่นฤดีทุก 12 วัน และ B ไปออกกำลังกายที่สวนรื่นฤดีทุก 8 วัน

คำถามที่ 27 A และ B ไปออกกำลังกายที่สวนรื่นฤดีในวันแรกพร้อมกัน เขาทั้งสองได้บันทึกการวิ่งในช่วงเวลาของแต่ละคนดังนี้

A :	1, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, ...
	↕            ↘            ↘            ↘
B :	1, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, ...

จงหาว่าเมื่อเขาทั้งสองพบกันวันแรกแล้วจะต้องใช้เวลาอีกกี่วันเขาจึงจะออกกำลังกายวันเดียวกันในครั้งต่อไป (ตอบอย่างน้อย 3 คำตอบ)

คำถามที่ 28 จำนวนวันที่น้อยที่สุดที่คนทั้งสองจะออกกำลังกายวันเดียวกันในครั้งต่อไปคือกี่วัน

คำถามที่ 29 ค.ร.น. ของ 12 และ 8 ซึ่งเป็นวันที่เขาทั้งสองตั้งใจจะออกกำลังกายที่สวนรื่นฤดีมีค่าเท่าใด

คำถามที่ 30 ถ้า ค.ร.น. ของ 8, 12 และจำนวนที่สามเป็น 120 จงหาว่าจำนวนที่สามมีค่าเท่าใด



## ปฏิบัติการ 11 รายรับและรายจ่าย

ชายคนหนึ่งมีรายรับจากการขายเสื้อระหว่างเดือนมกราคม (ม.ค.) ถึงเดือนเมษายน (เม.ย.) และมีรายจ่ายตามบันทึกในตาราง เขาต้องการเปรียบเทียบรายจ่ายต่อรายรับเป็นร้อยละ จึงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามที่ 31 ถึงคำถามที่ 34

เดือน	รายรับ	รวมจ่าย	รายจ่าย				
			ค่าเช่าร้าน	ค่าอาหาร	ค่าเดินทาง	เบ็ดเตล็ด	ฝากธนาคาร
ม.ค.	6,500	4,446	1,500	730	380	1,056	780
ก.พ.	6,250	4,409	1,500	794	400	845	870
มี.ค.	7,200	4,068	1,500	812	425	481	850
เม.ย.	8,000	4,750	1,500	824	380	1,196	850
รวม	27,950	17,673	6,000	3,160	1,585	3,578	3,350

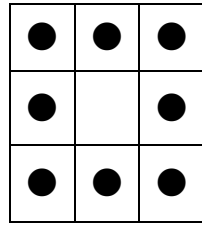
คำถามที่ 31 เขาจ่ายค่าอาหารตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนคิดเป็นร้อยละเท่าใดของรายรับ

คำถามที่ 32 เขาจ่ายค่าอาหารในเดือนใดมากที่สุด

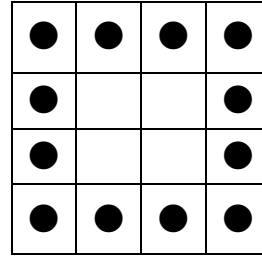
คำถามที่ 33 ในเดือนมีนาคม เขาฝากเงินคิดเป็นร้อยละเท่าใดของรายรับในเดือนนี้

คำถามที่ 34 เขามีรายจ่ายตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนคิดเป็นร้อยละเท่าใดของรายรับ

## ปฏิบัติการ 12 ตารางหมากดำขาว



รูปที่ 1



รูปที่ 2

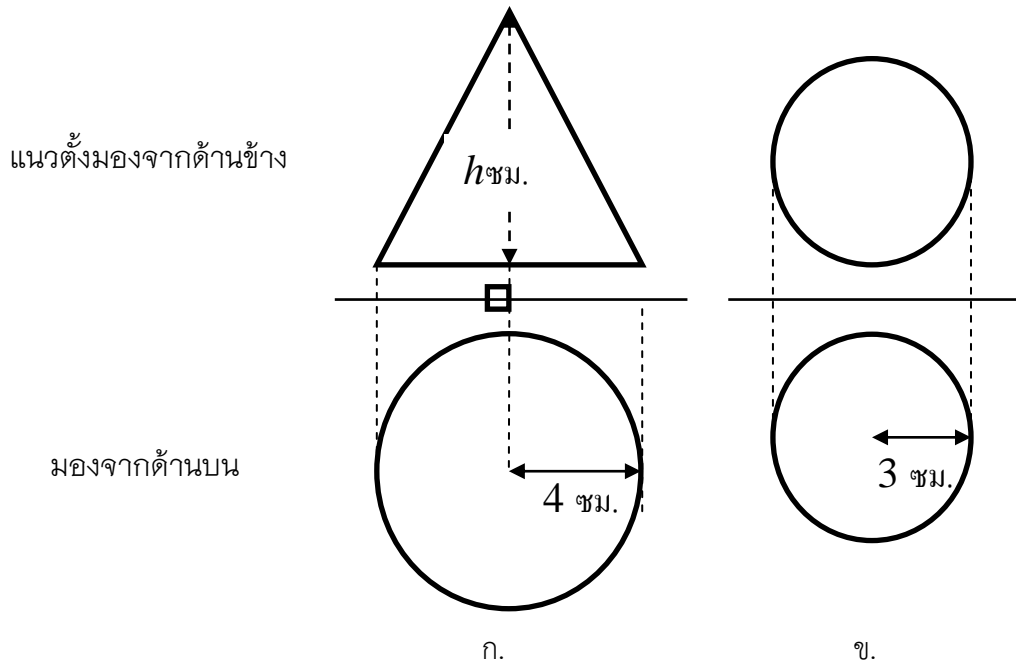
กำหนดให้ รูปที่ 1 คือ ตารางขนาด  $3 \times 3$  รูปที่ 2 คือ ตารางขนาด  $4 \times 4$

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 35 และคำถามที่ 36

**คำถามที่ 35** ถ้าวางหมากดำในตารางขนาด  $7 \times 7$  โดยใช้รูปแบบการวางเหมือนกันจะต้องใช้หมากดำกี่ตัว  
**คำถามที่ 36** เมื่อวางหมากดำลงในตาราง  $n \times n$  โดยใช้รูปแบบการวางเหมือนเดิมแล้วให้เติมหมากขาวลงในช่องที่เหลือโดยให้หมากสีขาวมากกว่าหมากสีดำ 41 ตัว จงหาค่าของ  $n$

### ปฏิบัติการ 13 ภาพเงาของวัตถุ

ภาพ ก. และ ข. เป็นภาพเงาของวัตถุ 2 ชิ้น ที่มีปริมาตรเท่ากัน



จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามที่ 37 ถึงคำถามที่ 40

คำถามที่ 37 วัตถุในภาพ ก. เป็นรูปทรงชนิดใด และภาพเงาที่มองจากด้านบนมีพื้นที่กี่ตารางเซนติเมตร

คำถามที่ 38 วัตถุในภาพ ข. เป็นรูปทรงชนิดใด และภาพเงาที่มองจากด้านบนมีพื้นที่กี่ตารางเซนติเมตร

คำถามที่ 39 ปริมาตรของวัตถุในภาพ ข. เท่ากับกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

คำถามที่ 40 จงหาความสูง  $h$  เซนติเมตรของวัตถุในภาพ ก. ที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุในภาพ ข.

## ปฏิบัติการ 14 ส่งสินค้าทางไปรษณีย์

### สถานการณ์ 1 จัดส่งแบบพัสดุธรรมดา

สำนักงานแห่งหนึ่งในกรุงเทพฯ บริการส่งสินค้าทางไปรษณีย์ สำนักงานแห่งนี้ได้เสนอรายการส่งสินค้าแบบพัสดุธรรมดาให้แก่ลูกค้าที่ผู้รับพัสดุอยู่ในกรุงเทพฯ และปริมาณพลซึ่งจะใช้เวลา 1-2 วันทำการ สำหรับผู้รับพัสดุที่อยู่ต่างจังหวัดใช้เวลา 3-5 วันทำการ และอัตราค่าจัดส่งกำหนดไว้ในตารางที่ 1

#### ตารางที่ 1 ค่าส่งพัสดุธรรมดา

น้ำหนัก	ค่าส่ง(บาท)	น้ำหนัก	ค่าส่ง(บาท)	น้ำหนัก	ค่าส่ง(บาท)
0 – 1 กก.	25	4.1 – 5 กก.	85	8.1 – 9 กก.	145
1.1 – 2 กก.	40	5.1 – 6 กก.	100	9.1 – 10 กก.	160
2.1 – 3 กก.	55	6.1 – 7 กก.	115	10.1 – 11 กก.	175
3.1 – 4 กก.	70	7.1 – 8 กก.	130	11.1 – 12 กก.	190
				12.1 - 20 กก.	200

จงใช้ข้อมูลในตารางที่ 1 ตอบคำถามที่ 41 และ คำถามที่ 42

**คำถามที่ 41** สำนักงานจัดส่งพัสดุแบบธรรมดาหนัก 750 กรัม และ 2150 กรัมไปยังลูกค้าในกรุงเทพฯ 2 แห่ง จะคิดค่าจัดส่งสินค้ากี่บาท

**คำถามที่ 42** สินค้าชิ้นหนึ่งมีต้นทุน 200 บาท สินค้าชิ้นนี้มีน้ำหนัก 745 กรัม ถ้าห่อพัสดุเพื่อส่งไปรษณีย์แบบธรรมดาค่าหนัก 750 กรัม หากพ่อค้าต้องการขายสินค้าให้ได้กำไร 5 % เขาจะใช้บริการของสำนักงานจัดส่งแห่งนี้ เขาควรตั้งราคาขายสินค้าชิ้นนี้รวมค่าขนส่งเท่าใด

### สถานการณ์ 2 จัดส่งแบบด่วนพิเศษ (EMS)

การส่งสินค้าทางไปรษณีย์ที่กรุงเทพฯ แบบด่วนพิเศษได้กำหนดเวลาที่ผู้รับพัสดุจะได้รับไว้ คือ กรุงเทพฯ และปริมาณพลใช้เวลา 1 วันและสามารถตรวจสอบสถานะของพัสดุได้สำหรับอัตราค่าจัดส่งกำหนดไว้ในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ค่าส่งพัสดุแบบด่วนพิเศษ

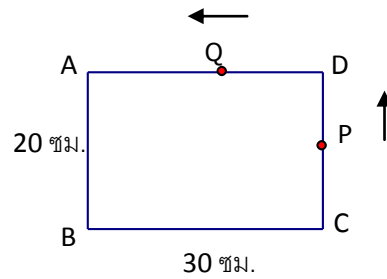
น้ำหนัก	ค่าส่ง(บาท)	น้ำหนัก	ค่าส่ง(บาท)	น้ำหนัก	ค่าส่ง(บาท)
0 – 20 กรัม	30	500 – 1000 กรัม	70	2500 – 3000 กรัม	130
20 – 100 กรัม	40	1000 – 1500 กรัม	80	3000 – 3500 กรัม	150
100 – 250 กรัม	45	1500 – 2000 กรัม	100	3500 – 4000 กรัม	170
250 – 500 กรัม	50	2000 – 2500 กรัม	110		

จงใช้ข้อมูลในตารางที่ 2 ตอบคำถามที่ 43 และ คำถามที่ 44

**คำถามที่ 43** การจัดส่งพัสดุแบบด่วนพิเศษ 750 กรัม และ 2150 กรัมไปยังลูกค้าในกรุงเทพฯ 2 แห่ง จะคิดค่าจัดส่งสินค้ากี่บาท

**คำถามที่ 44** สินค้าชิ้นหนึ่งมีต้นทุน 200 บาท สินค้าชิ้นนี้มีน้ำหนัก 745 กรัม ถ้าห่อพัสดุเพื่อส่งไปรษณีย์แบบด่วนพิเศษจะหนัก 750 กรัม หากพ่อค้าต้องการขายสินค้าให้ได้กำไร 5 % เขาจะใช้บริการของสำนักงานจัดส่งแห่งนี้ เขาควรตั้งราคาขายสินค้าชิ้นนี้รวมค่าขนส่งเท่าใด

## ปฏิบัติการ 15 การเคลื่อนที่ของจุด



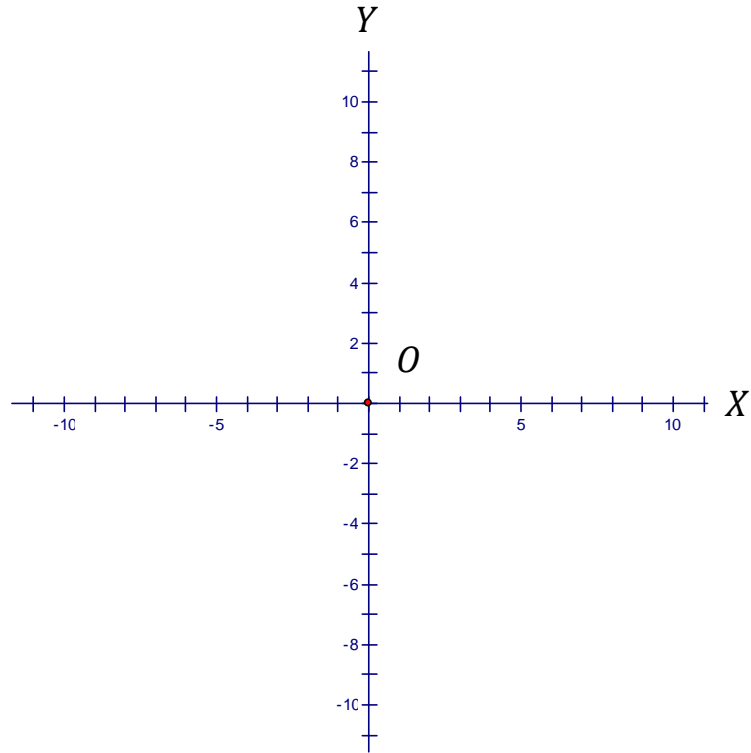
**สถานการณ์** กำหนดสี่เหลี่ยมมุมฉาก ABCD มีด้าน  $AB = 20$  ซม. ด้าน  $BC = 30$  ซม. มีจุดเคลื่อนที่ P และ Q ซึ่งเคลื่อนที่ออกจากจุด C และ D ตามลำดับ และเริ่มเคลื่อนที่พร้อมกัน จุด P เคลื่อนที่จากจุด C ถึง D ด้วยความเร็ว 2 ซม.ต่อวินาที จุด Q เคลื่อนที่จากจุด D ถึง A ด้วยความเร็ว 3 ซม.ต่อวินาที จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 45 และคำถามที่ 46

**คำถามที่ 45** จุด P เคลื่อนจากจุด C ถึงจุด D ใช้เวลากี่วินาทีและจุด Q เคลื่อนจากจุด D ถึงจุด A ใช้เวลา กี่วินาที

**คำถามที่ 46** พื้นที่  $\triangle PDQ$  จะเท่ากับ 48 ตารางเซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไปกี่วินาที หลังจากจุด P และ Q เคลื่อนที่

## ปฏิบัติการ 16 การสะท้อน การเลื่อน และการหมุน

จากแกน X และแกน Y ที่กำหนดให้ จงสร้างรูปตามเงื่อนไขของคำถามที่ 47 ถึง คำถามที่ 50



คำถามที่ 47 สร้าง  $\triangle ABC$  ให้มีจุดยอดอยู่ที่  $A(3,1)$ ,  $B(6,2)$ ,  $C(4,4)$

คำถามที่ 48 จงสะท้อนภาพนี้โดยให้แกน X เป็นแกนสะท้อน และตั้งชื่อจุดยอดมุมที่สะท้อนเป็น  $A', B', C'$  พร้อมบอกพิกัดของจุดยอดใหม่

คำถามที่ 49 เลื่อนขนาน  $\triangle ABC$  เดิมไปทางซ้าย 6 หน่วย และตรงขึ้นไป 3 หน่วย และตั้งชื่อจุดยอดมุมของรูปสามเหลี่ยมที่เลื่อนไปเป็น  $A'', B'', C''$  พร้อมบอกพิกัดของจุดยอดใหม่

คำถามที่ 50 หมุน  $\triangle ABC$  รอบจุดกำเนิด 0 เป็นมุม  $180^\circ$  และตั้งชื่อจุดยอดมุมของรูปสามเหลี่ยมที่หมุนไปเป็น  $A''', B''', C'''$  พร้อมบอกพิกัดของจุดยอดใหม่

## ปฏิบัติการ 17 บริการลูกค้า

สถานการณ์ ที่ร้านแห่งหนึ่งได้บันทึกการสั่งอาหารของลูกค้าจำนวน 50 คน ได้ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

เมนูหลัก	เมนูเสริม	จำนวนลูกค้าที่สั่ง
ขนมจีนแกงไก่	ก๋วยเตี๋ยวหลอด	17
	ปอเปี๊ยะสด	4
ข้าวคลุกกะปิ	ก๋วยเตี๋ยวหลอด	11
	ปอเปี๊ยะสด	6
ผัดไทย	ก๋วยเตี๋ยวหลอด	9
	ปอเปี๊ยะสด	3


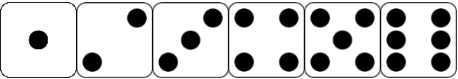
จงใช้ข้อมูลในตารางตอบคำถามที่ 51 และ คำถามที่ 52

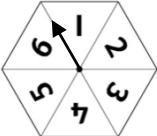
คำถามที่ 51 จากข้อมูลที่ได้จากลูกค้า 50 คน จงหาความน่าจะเป็นที่ลูกค้ารายต่อไปจะสั่งก๋วยเตี๋ยวหลอดกี่เปอร์เซ็นต์

คำถามที่ 52 ความน่าจะเป็นที่ลูกค้ารายต่อไปจะสั่งปอเปี๊ยะสดมีมากกว่าหรือน้อยกว่าสั่งก๋วยเตี๋ยวหลอดกี่เปอร์เซ็นต์

## ปฏิบัติการ 18 ความน่าจะเป็น

สถานการณ์ นักคณิตศาสตร์ต้องการศึกษาความน่าจะเป็นของการจับคู่ระหว่างแต้มบนลูกเต๋าและตัวเลขบนแป้นหมุน โดยกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ กัน

อุปกรณ์ ลูกเต๋า  หน้าของลูกเต๋าทั้ง 6 หน้ามีดังนี้ 

แป้นหมุนตัวเลข  บนแป้นหมุนมีตัวเลข 1, 2, 3, 4, 5 และ 6

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 53 ถึงคำถามที่ 55

คำถามที่ 53 ถ้าให้ (1,1), (2,2), (3,3), (4,4), (5,5) และ (6,6) แทนการจับคู่ระหว่างจำนวนจุดบนลูกเต๋า (D) และตัวเลขบนแป้นหมุน (S) จงเติมข้อมูลการจับคู่ในตารางต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

D \ S	1	2	3	4	5	6
1	(1,1)	(1,2)				
2		(2,2)			(2,5)	
3			(3,3)			
4	(4,1)			(4,4)		
5					(5,5)	
6			(6,3)			(6,6)

คำถามที่ 54 การจับคู่ระหว่างแต้มบนลูกเต๋าและตัวเลขบนแป้นหมุนจะจับคู่ได้ที่คู่

คำถามที่ 55 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นจากการจับคู่แต้มบนลูกเต๋า 3 จุดกับตัวเลข 3 บนแป้นหมุนเป็นเท่าใด

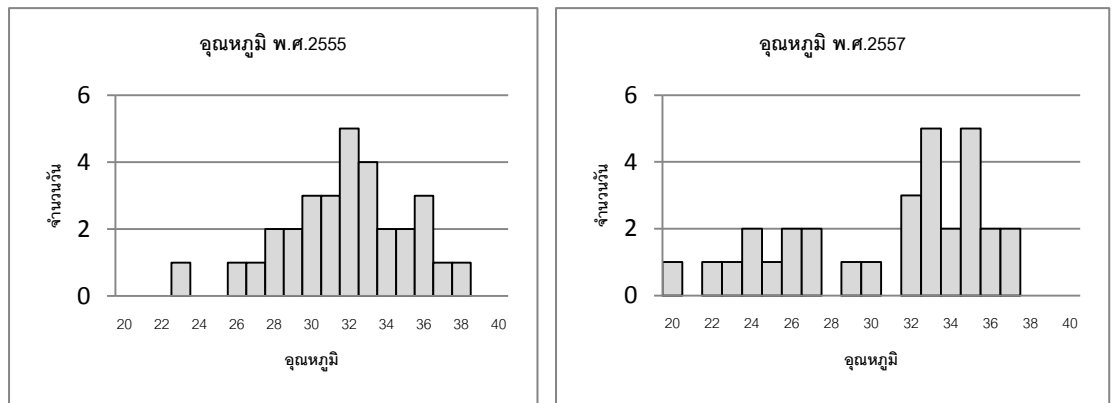
## ปฏิบัติการ 19 การวิเคราะห์อุณหภูมิ

สถานการณ์ กรมอุตุนิยมวิทยาได้รายงานอุณหภูมิของเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 และ เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2557 ในรูปตารางและแผนภูมิแท่ง ดังนี้

(1) รายงานอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดดังตารางต่อไปนี้

	พ.ศ.2555	พ.ศ.2557
อุณหภูมิเฉลี่ย	30.6°C	30.7°C
อุณหภูมิสูงสุด	38°C	37°C
อุณหภูมิต่ำสุด	23°C	20°C

(2) รายงานการกระจายของอุณหภูมิที่มีจำนวนวันแตกต่างกันด้วยแผนภูมิแท่งดังนี้



จงใช้ข้อมูลตอบคำถามที่ 56 ถึงคำถามที่ 58

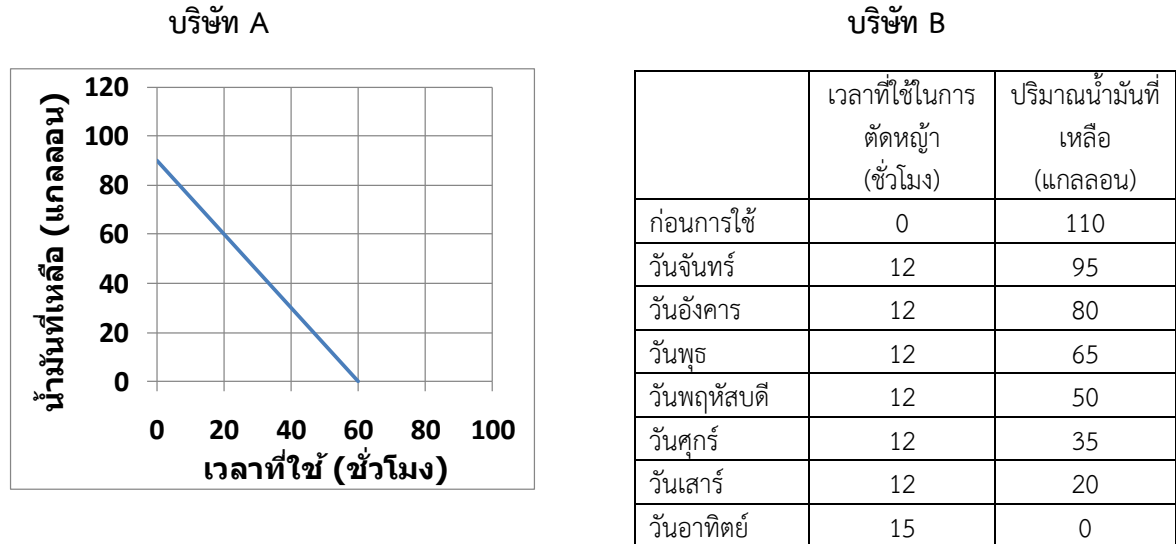
คำถามที่ 56 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557 มีอุณหภูมิสูงกว่า 35°C กี่วัน

คำถามที่ 57 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 มีการกระจายของอุณหภูมิเท่าใด

คำถามที่ 58 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยในเดือนกรกฎาคม ของปีพ.ศ.ใดสูงกว่ากัน

## ปฏิบัติการ 20 การวิเคราะห์การใช้น้ำมัน

สถานการณ์ บริษัทที่จับจัดสวน 2 บริษัท คือ บริษัท A และบริษัท B ได้บันทึกปริมาณการใช้้ำมันในการตัดหญ้าในหนึ่งสัปดาห์ไว้ดังนี้



จงใช้ข้อมูลที่กำหนดตอบคำถามที่ 59 และคำถามที่ 60

คำถามที่ 59 ในหนึ่งสัปดาห์บริษัทใดใช้เวลาในการตัดหญ้ามากกว่า

คำถามที่ 60 ในหนึ่งสัปดาห์บริษัทใดใช้น้ำมันสำหรับเครื่องตัดหญ้าน้อยกว่า

### แบบทดสอบชุดที่ 3

#### แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน (standard posttest)

ตอนที่ 1: ในแต่ละคำถามให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องมากที่สุดเพียง 1 ข้อ

1. แม่ค้าขายช่อดอกไม้ราคาช่อละ 250 บาท แต่ละช่อต้องการดอกไม้คละกันเพียงสองชนิดคือดอกกุหลาบและดอกทิวลิป โดยแม่ค้ากำหนดราคาของดอกไม้แต่ละชนิดดังนี้

ดอกกุหลาบ 1 ดอกราคา 5 บาท

ดอกทิวลิป 1 ดอกราคา 25 บาท

รูปแบบของช่อดอกไม้ที่คละกันมีดังนี้

แบบที่ 1 มีดอกกุหลาบ 10 ดอกและดอกทิวลิป 8 ดอก

แบบที่ 2 มีดอกกุหลาบ 8 ดอกและดอกทิวลิป 10 ดอก

แบบที่ 3 มีดอกกุหลาบ 30 ดอกและดอกทิวลิป 4 ดอก

แบบที่ 4 มีดอกกุหลาบ 12 ดอกและดอกทิวลิป 7 ดอก

รูปแบบการคละดอกไม้ในข้อใดที่ตรงกับราคาช่อละ 250 บาท

(ก) แบบที่ 1 และแบบที่ 2

(ข) แบบที่ 1 และแบบที่ 3

(ค) แบบที่ 1 และแบบที่ 4

(ง) แบบที่ 2 และแบบที่ 3

2. วันนี้นักเรียนห้องหนึ่งมีคนไม่มาเรียน 7 คน คิดเป็น 25% ของนักเรียนในห้อง ปกติจำนวนนักเรียนทั้งหมดของห้องนี้ตรงกับข้อใด

(ก) 21 คน

(ข) 25 คน

(ค) 28 คน

(ง) 32 คน

3. การคิดภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% จากราคาสินค้า 1,000 บาท ผู้ซื้อต้องจ่ายเงินทั้งหมดเท่าใด

(ก) 1,007 บาท

(ข) 1,070 บาท

(ค) 1,107 บาท

(ง) 1,170 บาท

4. วิทยาซื้อพันธบัตรออมทรัพย์ 5,000 บาทโดยธนาคารจ่ายดอกเบี้ยให้ 7% ต่อปี เมื่อซื้อครบ 4 ปีวิทยาจะได้รับเงินต้นรวมกับดอกเบี้ย (เชิงเดียว) ตรงกับข้อใด

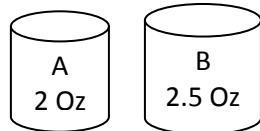
(ก) 1,400 บาท

(ข) 3,600 บาท

(ค) 5,350 บาท

(ง) 6,400 บาท

5. สูตรการปรงน้ำผลไม้รวมสำหรับหนึ่งที่กำหนดให้ผสมน้ำส้ม 9 ออนซ์ แต่มีถ้วยตวงให้ใช้ได้เพียง 2 ขนาดคือถ้วย A ขนาด 2 ออนซ์ กับถ้วย B ขนาด 2.5 ออนซ์ จะต้องตวงน้ำส้มอย่างไรสำหรับการปรงน้ำผลไม้รวมสำหรับ 2 ที่



(ก) ใช้ถ้วย A ตวง 2 ครั้งและใช้ถ้วย B ตวง 1 ครั้ง

(ข) ใช้ถ้วย A ตวง 2 ครั้งและใช้ถ้วย B ตวง 2 ครั้ง

(ค) ใช้ถ้วย A ตวง 3 ครั้งและใช้ถ้วย B ตวง 2 ครั้ง

(ง) ใช้ถ้วย A ตวง 4 ครั้งและใช้ถ้วย B ตวง 1 ครั้ง

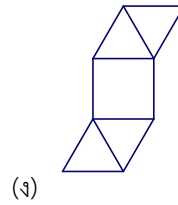
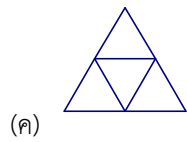
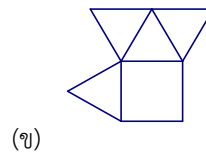
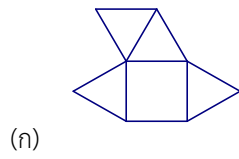
6. นารีอายุ 1 ใน 3 ของวนิดา อีก 4 ปีข้างหน้าวนิดาจะอายุ 70 ปี  
อายุในข้อใดเป็นอายุของนารีอีก 4 ปีข้างหน้า  
(ก) 27 ปี 4 เดือน (ข) 26 ปี  
(ค) 23 ปี 4 เดือน (ง) 22 ปี
7. ปีนี้ปียะอายุแก่กว่ากานดา 3 ปี สุนทรียอายุ 18 ปีเมื่อสองปีที่แล้ว ปัจจุบันผลรวมของอายุของคนทั้งสามเท่ากับ 59 ปี  
อายุในข้อใดเป็นอายุปัจจุบันของกานดา  
(ก) 18 ปี (ข) 21 ปี  
(ค) 22 ปี (ง) 25 ปี
8. ผู้จัดการแข่งขันฟุตบอลจำหน่ายบัตรเข้าชมรอบที่หนึ่งได้ 12,936 ใบ รอบที่สองจำหน่ายบัตรได้ 14,293 ใบรอบที่สาม  
จำหน่ายบัตรได้มากกว่ารอบที่หนึ่งและรอบที่สองรวมกัน 40% จำนวนบัตรในข้อใดที่ผู้จัดการแข่งขันขายได้ในรอบที่  
สาม (ประมาณเป็นจำนวนเต็ม)  
(ก) 27,229 ใบ (ข) 38,120 ใบ  
(ค) 38,121 ใบ (ง) 38,122 ใบ
9. ชาลีอ่านหนังสือได้ 45 หน้าภายใน 1 ชั่วโมง สมศรีอ่านหนังสือเรื่องเดียวกันได้ 55 หน้าภายใน 1 ชั่วโมงถ้าชาลี  
เริ่มต้นอ่านเวลา 14.00 น. และสมศรีเริ่มต้นอ่านเวลา 14.40 น. จงหาว่าทั้งสองคนจะอ่านหน้าเดียวกันในเวลาใด  
(ก) 15.40 น. (ข) 16.00 น. (ค) 16.40 น. (ง) 17.40 น.
10. ข้อความในข้อใดเขียนแทนด้วยนิพจน์  $2d - 5$   
(ก) นิดเดินได้ระยะทาง 2 กิโลเมตร ซึ่งน้อยกว่า 5 เท่าของระยะทางที่น้อยเดิน  
(ข) นิดเดินได้ระยะทาง 5 กิโลเมตร ซึ่งน้อยกว่า 2 เท่าของระยะทางที่น้อยเดิน  
(ค) นิดเดินได้มากกว่า 5 เท่าของระยะทางที่น้อยเดินอยู่ 2 กิโลเมตร  
(ง) นิดเดินได้มากกว่า 2 เท่าของระยะทางที่น้อยเดินอยู่ 5 กิโลเมตร
11. นาฬิกาหน้าปัดกลมบอกเวลาตรงกับเวลามาตรฐาน ซึ่งไม่ตรงกับนาฬิกาดิจิทัลบนหน้าจคอมพิวเตอร์



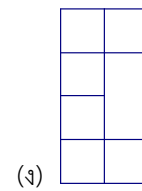
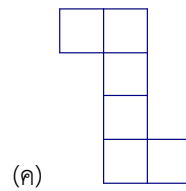
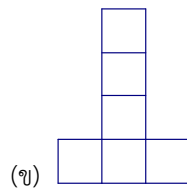
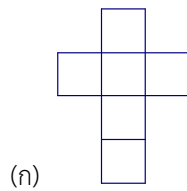
ข้อความในข้อใดอธิบายได้ถูกต้อง

- (ก) นาฬิกาดิจิทัลเดินเร็วกว่านาฬิกาหน้าปัดกลม 38 นาที  
(ข) นาฬิกาดิจิทัลเดินช้ากว่านาฬิกาหน้าปัดกลม 28 นาที  
(ค) นาฬิกาดิจิทัลเดินเร็วกว่าหน้าปัดกลม 38 นาที  
(ง) นาฬิกาดิจิทัลเดินช้ากว่าหน้าปัดกลม 28 นาที
12. สนามหญ้ารูปสี่เหลี่ยมมุมฉากยาว 8 เมตรกว้าง 6 เมตร ถ้าความยาวและความกว้างเพิ่มเป็นสองเท่าข้อใดต่อไปนี้  
เป็นพื้นที่ของสนามอันใหม่  
(ก) มีพื้นที่เป็น 2 เท่าของสนามเดิม  
(ข) มีพื้นที่เป็น 4 เท่าของสนามเดิม  
(ค) มีพื้นที่เป็น 6 เท่าของสนามเดิม  
(ง) มีพื้นที่เป็น 8 เท่าของสนามเดิม

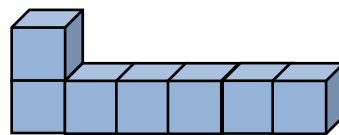
13. รูปในข้อใดนำมาประกอบเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส



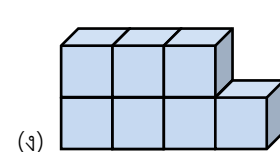
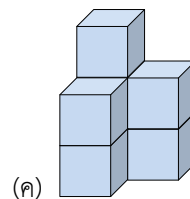
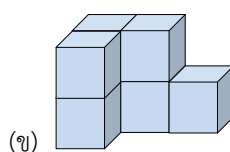
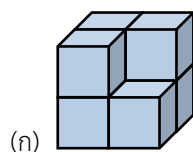
14. รูปคลี่ในข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของลูกบาศก์



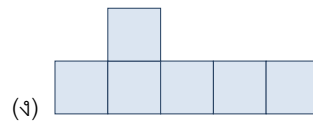
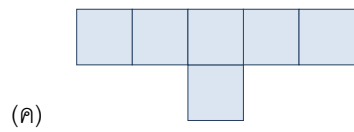
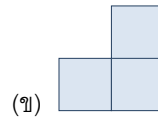
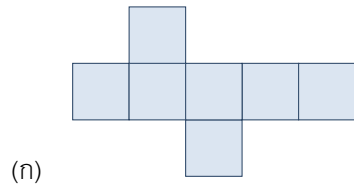
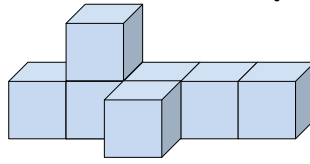
15. รูปทรงด้านล่างประกอบด้วยลูกบาศก์ 7 ลูกที่มีความยาวด้านละ 1 เซนติเมตรและมีพื้นที่ผิวภายนอกเท่ากับ 30 ตารางเซนติเมตร



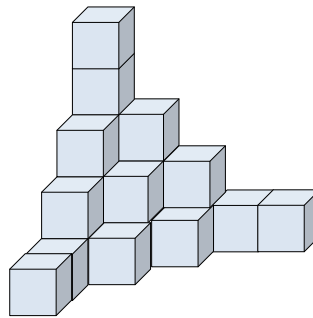
รูปทรงแต่ละรูปต่อไปนี้ประกอบด้วยลูกบาศก์ 7 ลูกเช่นเดียวกับตัวอย่างรูปทรงใดที่มีพื้นที่ผิวภายนอกแตกต่างจากรูปทรงอื่น



16. รูปในข้อใดไม่ได้เกิดจากการมองด้านหน้า ด้านบน และด้านข้างของรูปสามมิติที่กำหนด



17. จำนวนลูกบาศก์ที่ประกอบเป็นรูปทรงข้างบนนี้ตรงกับข้อใด



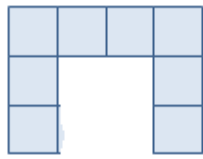
(ก) 13

(ข) 20

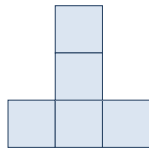
(ค) 23

(ง) 25

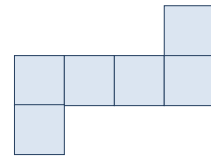
18. รูปที่กำหนดให้เป็นรูปที่เกิดจากการมองวัตถุสามมิติทางด้านหน้าด้านข้างและด้านบน



ด้านหน้า

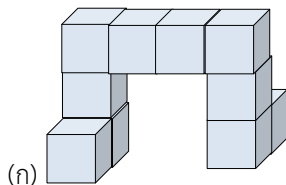


ด้านข้าง

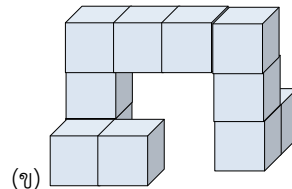


ด้านบน

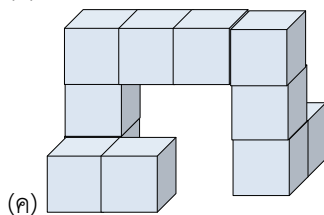
ข้อใดเป็นวัตถุทรงสามมิติดังกล่าว



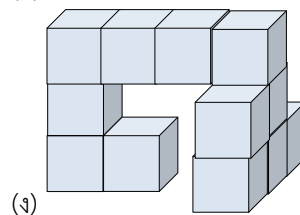
(ก)



(ข)



(ค)

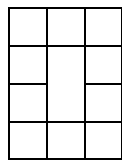


(ง)

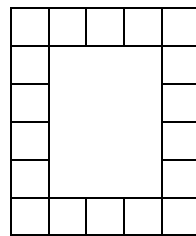
19. รูปข้างล่างนี้เป็นการวางแผ่นกระดาษจัตุรัสโดยทุกชั้นตอนมีการวางที่ความสัมพันธ์กันดังนี้ชั้นตอนที่ 1 ใช้กระดาษ 2 แผ่นชั้นตอนที่ 2 ใช้กระดาษ 10 แผ่นชั้นตอนที่ 3 ใช้กระดาษ 18 แผ่น



ชั้นตอนที่ 1



ชั้นตอนที่ 2



ชั้นตอนที่ 3

ชั้นตอนที่ 4

จำนวนกระดาษจัตุรัสที่ใช้ในชั้นตอนที่ 4 ตรงกับข้อใด

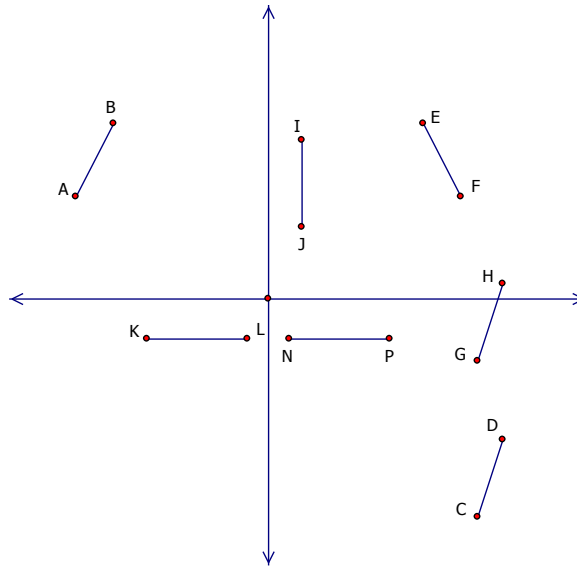
(ก) 20 แผ่น

(ข) 26 แผ่น

(ค) 36 แผ่น

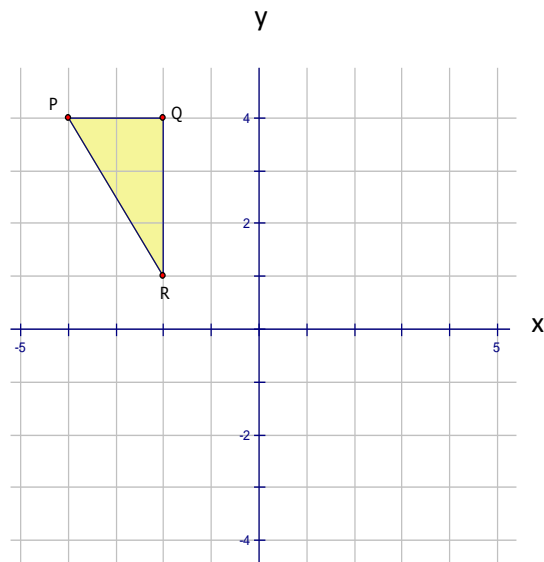
(ง) 40 แผ่น

20. ส่วนของเส้นตรงใดเกิดจากการสะท้อน การหมุน และการเลื่อนขนานของส่วนของเส้นตรง AB ตามลำดับ



- (ก) ส่วนของเส้นตรง CD
- (ข) ส่วนของเส้นตรง GH
- (ค) ส่วนของเส้นตรง NP
- (ง) ส่วนของเส้นตรง KJ

สถานการณ์ กำหนดรูปสามเหลี่ยม PQR ในระนาบพิกัดฉาก ถ้าหมุนรูปนี้แบบตามเข็มนาฬิการอบจุดกำเนิดเป็นมุม  $90^\circ$  ทำให้เกิดรูปสามเหลี่ยม P'Q'R'



จงใช้ข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดตอบคำถามข้อ 21 และ ข้อ 22

21. พิกัด  $(x, y)$  ของจุด P' มีเครื่องหมายตรงกับข้อใด

- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| (ก) ทั้ง $x$ และ $y$ เป็นบวก | (ข) $x$ เป็นลบ แต่ $y$ เป็นบวก |
| (ค) ทั้ง $x$ และ $y$ เป็นลบ  | (ง) $x$ เป็นบวก แต่ $y$ เป็นลบ |

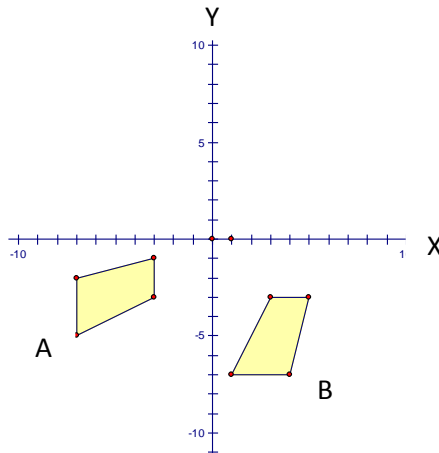
22. พิกัดของ  $Q'$  มีเครื่องหมายตรงกับข้อใด

- (ก) ทั้ง  $x$  และ  $y$  เป็นบวก
- (ข)  $x$  เป็นลบ แต่  $y$  เป็นบวก
- (ค) ทั้ง  $x$  และ  $y$  เป็นลบ
- (ง)  $x$  เป็นบวก แต่  $y$  เป็นลบ

23. ให้เส้นตรง  $m$  และ  $n$  ขนานกันในระนาบพิกัดฉาก ถ้าหมุนเส้นตรงทั้งสองด้วยขนาดของมุมที่เท่ากัน ทำให้เกิดเส้นตรง  $s$  และ  $t$  ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริง

- (ก) เส้นตรง  $s$  และ  $t$  ขนานกัน
- (ข) เส้นตรง  $s$  และ  $t$  ตั้งฉากกัน
- (ค) เส้นตรง  $s$  และ  $t$  ตัดกันแต่ไม่ตั้งฉากกัน
- (ง) ไม่สามารถตัดสินได้เพราะไม่ได้กำหนดขนาดของมุมที่หมุน

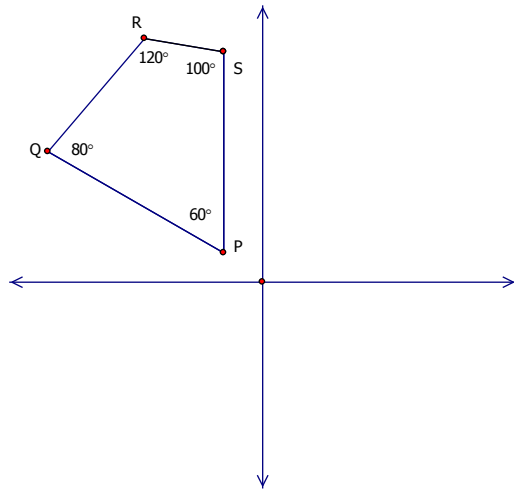
24. กำหนดการแปลงของรูปสี่เหลี่ยมคางหมูดังภาพต่อไปนี้



การแปลงในข้อใดย้ายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู A ไปยังสี่เหลี่ยมคางหมู B

- (ก) สะท้อนรูป A ที่ใช้เส้นตรง  $y = -3$  เป็นแกนสะท้อน แล้วหมุนรูปรอบจุดกำเนิดทวนเข็มนาฬิกา  $90^\circ$
- (ข) สะท้อนรูป A ที่ใช้แกน  $X$  เป็นแกนสะท้อน แล้วหมุนรูปรอบจุดกำเนิด  $180^\circ$
- (ค) หมุนรูป A ทวนเข็มนาฬิกา  $90^\circ$  รอบจุด  $(-3, -3)$  แล้วเลื่อนไป 8 หน่วยทางขวา
- (ง) เลื่อนรูป A ไปทางขวา 8 หน่วย แล้วสะท้อนรูปโดยใช้เส้นตรง  $y = -3$  เป็นแกนสะท้อน

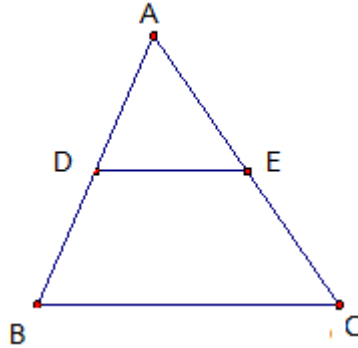
25. รูปสี่เหลี่ยม PQRS เขียนในระนาบพิกัดฉากดังภาพต่อไปนี้



ถ้ารูปสี่เหลี่ยม PQRS หมุนตามเข็มนาฬิกา  $90^\circ$  รอบจุดกำเนิด จะได้รูปสี่เหลี่ยม  $P'Q'R'S'$  ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริง

- (ก)  $\angle Q'$  จะมีขนาดเท่ากับ  $80^\circ$
- (ข)  $\angle P'$  จะมีขนาดมากกว่า  $60^\circ$
- (ค) ส่วนของเส้นตรง RS จะขนานกับส่วนของเส้นตรง  $R'S'$
- (ง) ส่วนของเส้นตรง SP จะขนานกับส่วนของเส้นตรง  $R'S'$

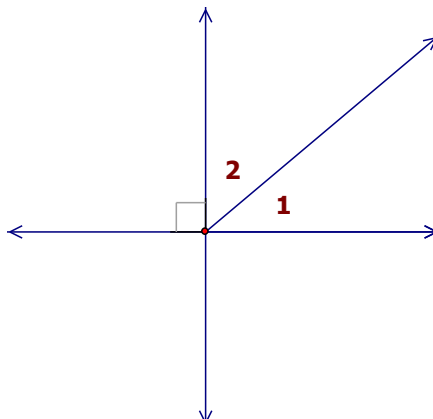
26. ให้  $\triangle ABC$  เป็นรูปสามเหลี่ยมใด ๆ



ถ้า  $\triangle ABC$  คล้ายกับ  $\triangle ADE$  แล้ว ข้อความใดเป็นจริง

- (ก)  $AB : AD = AC : AE$
- (ข)  $AB : AD = AE : AC$
- (ค)  $AB : AD = DE : AE$
- (ง)  $AB : AD = BC : AE$

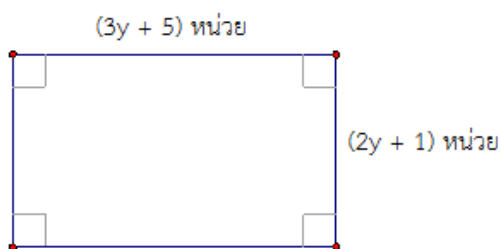
27. จากรูปที่กำหนด  $m\angle 1 = (4x + 12)^\circ$  และ  $m\angle 2 = (6x + 8)^\circ$



จงหาว่า  $m\angle 1$  มีค่าเท่าใด

- (ก)  $20^\circ$
- (ข)  $40^\circ$
- (ค)  $50^\circ$
- (ง)  $70^\circ$

จงใช้รูปผังพื้นห้องรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากตอบคำถามข้อ 28 และ 29



28. พื้นห้องมีความยาวโดยรอบทั้งหมดกี่หน่วย

- ก.  $5y + 6$
- ข.  $6y^2 + 5$
- ค.  $10y + 12$
- ง.  $6y^2 + 13y + 5$

29. พื้นห้องมีพื้นที่ทั้งหมดกี่ตารางหน่วย

- ก.  $6y^2 + 5$
- ข.  $6y^2 + 6$
- ค.  $6y^2 + 30y + 5$
- ง.  $6y^2 + 13y + 5$

30. รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 4 รูปมีความยาวของด้านกว้างตามที่กำหนดในตาราง ถ้าแต่ละรูปมีพื้นที่เท่ากัน คือ 72 ตารางเซนติเมตร

	ความยาวด้านกว้าง (ซม.)
รูปสี่เหลี่ยม A	6
รูปสี่เหลี่ยม B	8
รูปสี่เหลี่ยม C	10
รูปสี่เหลี่ยม D	18

รูปสี่เหลี่ยมในข้อใดมีความยาวรอบรูปน้อยที่สุด

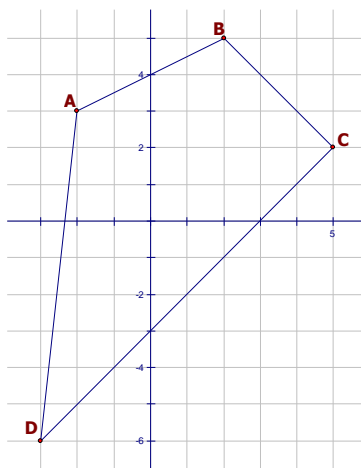
- ก. รูปสี่เหลี่ยม A
- ค. รูปสี่เหลี่ยม C

- ข. รูปสี่เหลี่ยม B
- ง. รูปสี่เหลี่ยม D

31. มีกล่องบรรจุน้ำตาล 2 แบบ ซึ่งมีปริมาตรเท่ากัน ถ้ากล่องแบบเดิมเป็นกล่องทรงปริซึมที่มีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และกล่องแบบใหม่เป็นกล่องทรงลูกบาศก์ ข้อความใดเป็นจริงสำหรับกล่องแบบใหม่

- ก. บรรจุน้ำตาลได้น้อยลง
- ข. บรรจุน้ำตาลได้มากขึ้น
- ค. ใช้กระดาษทำกล่องน้อยลง
- ง. ใช้กระดาษทำกล่องมากขึ้น

จงใช้รูปสี่เหลี่ยม ABCD ในตารางที่มีแกนพิกัดฉากที่กำหนดตอบคำถามข้อ 32 และ 33



32.  $\overline{AB}$  ยาวกี่หน่วย

- ก.  $2\sqrt{5}$
- ข.  $4\sqrt{2}$
- ค.  $4\sqrt{5}$
- ง.  $5\sqrt{2}$

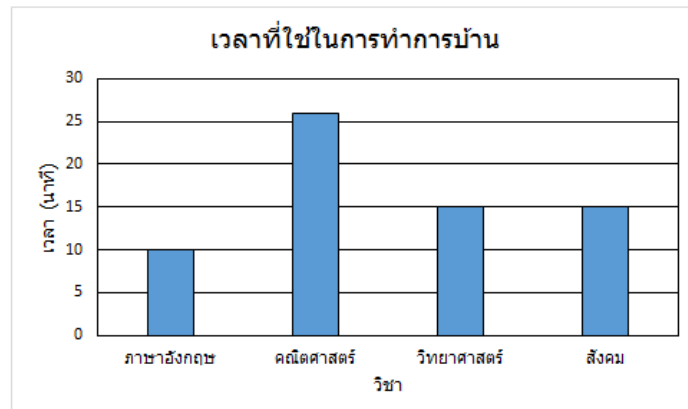
33. จุดกึ่งกลางของ  $\overline{BD}$  มีพิกัดเท่าใด

- ก. (-0.5, -0.5)
- ข. (-0.5, 3.5)
- ค. (1.5, -0.5)
- ง. (-2.5, 1.5)

34. สี่เหลี่ยมรูปว่าว ABCD มีขนาดของมุมยอด  $80^\circ$  มุม D เป็นมุมที่อยู่ตรงข้ามกับมุม A จงหาว่ามุม A และมุม C จะมีขนาดของมุมอย่างมากที่สุดกี่องศา

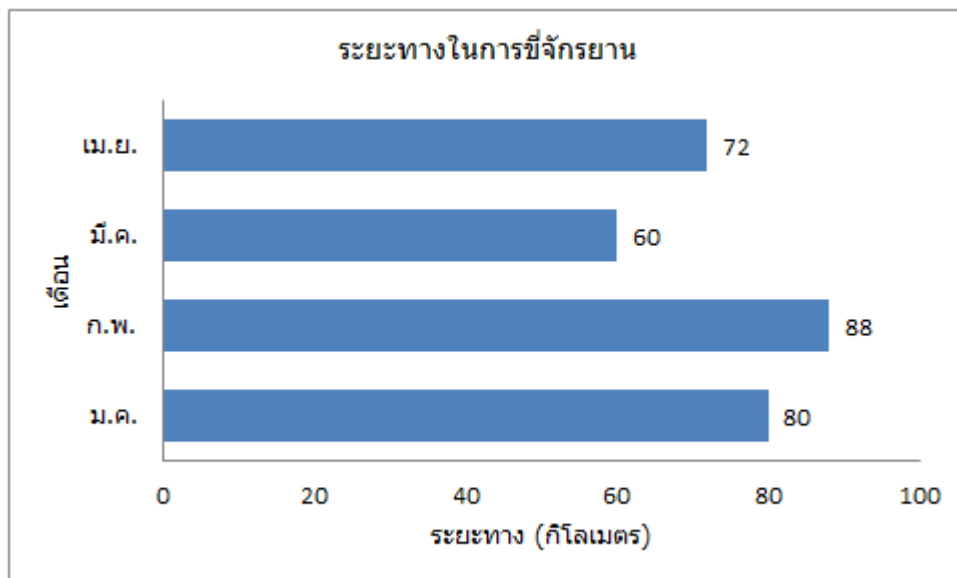
- ก. มากกว่า 50 แต่ไม่เกิน 100
- ข. มากกว่า 50 แต่ไม่เกิน 140
- ค. น้อยกว่า 90 แต่ไม่เกิน 50
- ง. น้อยกว่า 100 แต่ไม่เกิน 50

35. ข้อความในข้อใดเป็นผลสรุปของแผนภูมิที่กำหนด



- (ก) ทำการบ้านภาษาอังกฤษเสร็จก่อนวิชาอื่น
- (ข) เวลาที่ใช้ทำการบ้านน้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง
- (ค) เวลาที่ใช้ทำการบ้านคณิตศาสตร์มากกว่าครึ่งชั่วโมง
- (ง) เวลาที่ใช้ทำการบ้านวิทยาศาสตร์และสังคมเท่ากัน

สถานการณ์ ชายคนหนึ่งขี่จักรยานในช่วงเวลา 4 เดือนแรกของปี เขาบันทึกระยะทางเป็นแผนภูมิดังรูป



จงใช้ข้อมูลในแผนภูมิตอบคำถามข้อ 36 และ 37

36. ระยะทางเฉลี่ยของการขี่จักรยานตลอด 4 เดือนเท่ากับกี่กิโลเมตร

- ก. 72
- ข. 75
- ค. 88
- ง. 100

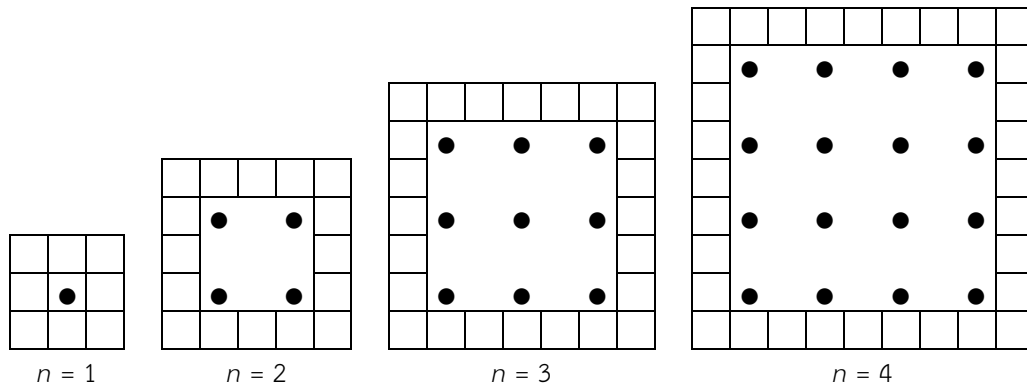
37. ถ้าเดือนพฤษภาคมชายคนนี้ขี่จักรยานได้เพิ่มจากเดือนเมษายน 8 กิโลเมตร ระยะทางเฉลี่ยของการขี่จักรยานตลอด 5 เดือนเท่ากับกี่กิโลเมตร

- ก. 75
- ข. 76
- ค. 80
- ง. 88



ตอนที่ 2: ในแต่ละคำถามให้เขียนคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้หรือแสดงวิธีคิด

- รูปแบบข้างล่างนี้เขียนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสไว้รอบรูปและเขียนวงกลมไว้ภายในรูปภายใต้เงื่อนไขที่สัมพันธ์กันกำหนดให้  $n$  เป็นลำดับที่ของรูปแบบ



เมื่อ  $n = 8$  จะได้รูปแบบที่มี □ กี่รูปและ ● กี่รูป  
คำตอบ มี □.....รูป และมี ●.....รูป

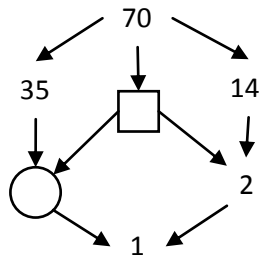
จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 2 – 4

จากปฏิทินที่กำหนดถ้าล้อมรอบจำนวน 3 จำนวนในแนวทแยงจะพบว่าการกำลังสองของจำนวนที่อยู่ตรงกลางลบด้วยผลคูณของสองจำนวนที่เหลือจะมีค่าคงที่เสมอซึ่งความสัมพันธ์นี้เป็นจริงเสมอ

อา	จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

- จงเขียนประโยคสัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนสามจำนวนที่ล้อมไว้ในปฏิทินคือ 15, 9, และ 3 ตามเงื่อนไขที่กำหนด  
คำตอบ .....
- จงเขียนประโยคสัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนสามจำนวนในปฏิทินตามแนวทแยงแบบเดียวกันคือ 20, 14, และ 8  
คำตอบ .....
- ถ้ากำหนดให้จำนวนตรงกลางคือ  $n$  จงเขียนประโยคสัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ตามที่กำหนด  
คำตอบ .....
- แม่ค้าขายจาน 4 ใบและชาม 2 ใบ 100 บาท ถ้าซื้อจาน 2 ใบและชาม 3 ใบจะราคา 70 บาท จานและชามแต่ละใบราคาเท่าใด  
คำตอบ จานราคา .....บาท ชามราคา ..... บาท

6. ในรูปที่กำหนดมีลูกศรเชื่อมระหว่างจำนวน 2 จำนวน ตัวอย่างเช่น  $70 \rightarrow 14$  แสดงว่า 70 หารด้วย 14 ลงตัว จงหาจำนวนเต็มลงใน  $\bigcirc$  และ  $\square$  ที่ไม่ซ้ำกับจำนวนที่ปรากฏในรูป



คำตอบ  $\bigcirc$  คือ .....  $\square$  คือ .....

7. ช่องสี่เหลี่ยม  $\square$  แทนเลขโดด 0 – 9 จำนวนสามจำนวนที่นำมาบวกกัน โดยไม่มีตัวเลขใดซ้ำกันและไม่มีจำนวนใดที่ขึ้นต้นด้วยเลข 0 จำนวนที่มีค่าสูงสุดคือจำนวนใด

$$\begin{array}{r} \square \quad \square \quad \square \\ \square \quad \square \quad \square \\ + \quad \square \quad \square \quad \square \\ \hline 2 \quad 0 \quad 1 \quad 2 \end{array}$$

คำตอบ .....

8. วัฒนาเดินขึ้นยอดเขาแห่งหนึ่ง โดยระยะทาง 5 กิโลเมตรแรกเขาใช้เวลา 2 ชั่วโมงครึ่ง เขาหยุดพักรับประทานอาหารกลางวันเป็นเวลาครึ่งชั่วโมงแล้วจึงเดินทางต่อช่วงสุดท้ายไปจนถึงยอดเขาใช้เวลา 1 ชั่วโมง วัฒนาใช้ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) จากเชิงเขาไปยังยอดเขาเท่าใด

คำตอบ .....

9. ถ้า ค.ร.น. ของ 8, 12, และจำนวนที่สามเป็น 120 จงหาว่าจำนวนที่สามมีค่าเท่าใด

คำตอบ.....

10. จำนวนสี่หลักจำนวนหนึ่งมีผลบวกของเลขโดดสองตัวที่อยู่ติดกันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 และผลบวกของเลขโดดสามตัวที่อยู่ติดกันมากกว่าหรือเท่ากับ 3 จำนวนสี่หลักดังกล่าวคือจำนวนใด

คำตอบ .....

11. ผลไม้ 4 ชนิดมีราคาดังนี้

แอปเปิ้ล 1 ผลราคาเท่ากับน้อยหน้า 2 ผล

น้อยหน้า 4 ผลราคาเท่ากับฝรั่ง 9 ผล

ฝรั่ง 1 ผลราคาเท่ากับพุทรา 6 ผล

จงหาว่าแอปเปิ้ล 1 ผลราคาเท่ากับพุทรากี่ผล

คำตอบ .....

12. ชั้นวางหนังสือมีจำนวนหนังสือนวนิยายมากกว่า 2 เท่าของจำนวนหนังสือการ์ตูนอยู่ 12 เล่ม ถ้ามีหนังสือ นวนิยาย 42 เล่มจะมีหนังสือการ์ตูนกี่เล่ม

คำตอบ.....

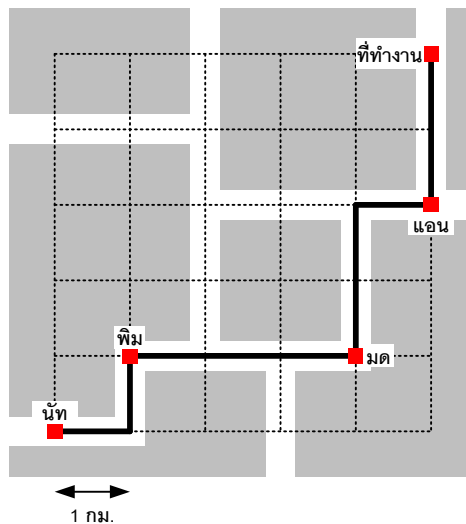
13. จากตารางที่กำหนดให้ อัตราส่วนระหว่างจำนวนจังหวัดของภาคกลางและภาคใต้เป็นเท่าใด

ภาค	จำนวนจังหวัด
ภาคเหนือ	9
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	20
ภาคกลาง	21*
ภาคตะวันออก	7
ภาคตะวันตก	5
ภาคใต้	14

หมายเหตุ\* กรุงเทพมหานครไม่ถือว่าเป็นจังหวัด

คำตอบ .....

14. นัทขับรถจากบ้านไปทำงานเป็นระยะทาง 10 กิโลเมตรตามเส้นทางดังรูป ซึ่งแต่ละช่วงถนนมีระยะห่างประมาณ 1 กิโลเมตร ระหว่างทางนัทแวะรับเพื่อน 3 คน คือ พิม มดและแอน ซึ่งทำงานอยู่ที่เดียวกันและมีบ้านอยู่ในเส้นทางเดียวกันตามรูป หลังเลิกงานนัทขับรถกลับเส้นทางเดิมและแวะส่งเพื่อน 3 คนที่บ้านในแต่ละสัปดาห์ซึ่งมีวันทำงาน 5 วัน นัทจ่ายค่าน้ำมันเป็นเงินประมาณ 500 บาท (คิดเฉพาะที่ใช้ขับรถไป-กลับที่ทำงาน) เพื่อนทั้งสามคนจึงตกลงที่จะช่วยออกค่าน้ำมันให้นัท จงแสดงแนวคิดว่ามีมดและแอนควรช่วยนัทออกค่าน้ำมันคนละเท่าใดต่อสัปดาห์ โดยให้ถือว่าการจราจรไม่ติดขัดและนัทไม่ได้ขับรถไปที่อื่นในวันทำงาน



วิธีที่ 1 คิดอัตราส่วนของระยะทางแล้วคำนวณเงินตามอัตราส่วน

คำตอบ .....

วิธีที่ 2 คำนวณค่าของน้ำมันต่อหนึ่งกิโลเมตร

คำตอบ .....

15. นิด น้อย และน้อยไปรับประทานอาหารด้วยกัน นิดมีเงินในกระเป๋า 120 บาท น้อยมี 60 บาท และน้อยมี 180 บาท ร้านค้าคิดเงินค่าอาหาร 104 บาทและคนทั้งสามจ่ายค่าทิป 16 บาท ถ้าเขาทั้งสามต้องเฉลี่ยเงินกันตามอัตราส่วนที่แต่ละคนมีในกระเป๋า จงหาว่านิดและน้อยจ่ายเงินต่างกันกี่บาท  
คำตอบ .....
16. จตุพรมีเงินในบัญชีออมทรัพย์ 12,500 บาท แต่เดือนเขาจะฝากเงินเข้าบัญชีออมทรัพย์ 10% ของรายได้ที่เขาได้รับ ซึ่งธนาคารให้อัตราดอกเบี้ย 2% ต่อปี เงินที่เหลือของรายได้แต่ละเดือนเขานำไปใช้จ่ายเป็นค่าใช้จ่ายส่วนตัว ดังนั้นข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติมเพื่อใช้คำนวณว่าจตุพรจะมีเงินในบัญชีออมทรัพย์เมื่อสิ้นปีเท่าใดคือข้อมูลใดบ้าง  
คำตอบ .....
17. โรงเรียนสาธิตวิทยาคมมีการเลือกตั้งประธานนักเรียน สุนิสาได้รับคะแนนการเลือกตั้ง 44% ของผู้เลือกที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และได้รับคะแนนการเลือกตั้ง 72% ของผู้เลือกที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สุนิสาต้องการหาจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ให้คะแนนการเลือกตั้งแก่เขา ดังนั้นสุนิสาดูข้อมูลอะไรเพิ่มเติมจึงจะได้คำตอบที่ต้องการ  
คำตอบ .....
18. สุจิตราและมานพวางแผนที่จะนำเงินโบนัสไปเที่ยวซึ่งเขาทั้งสองต้องการซื้อรถยนต์ราคา 330,000 บาท โบนัสที่สุจิตราได้รับคิดเป็น 62% ของราคารถยนต์ และโบนัสที่มานพได้รับคิดเป็น 54% ของราคารถยนต์ จงหาว่าคนทั้งสองได้รับโบนัสรวมกันกี่บาท  
คำตอบ .....
19. วิทยาอายุ 3 ปี บิดาของวิทยาอายุ 31 ปี อีกกี่ปีบิดาจะมีอายุเป็น 5 เท่าของวิทยา  
คำตอบ .....
20. เจตน์และพจน์ต้องการจะเข้าชมการแข่งขันฟุตบอล บ้านของทั้งสองคนอยู่ห่างจากสนามกีฬา 95 กิโลเมตร แต่อยู่คนละทิศกัน ถ้าเจตน์ออกจากบ้านเวลา 16.00 น. และขับรถด้วยความเร็วอย่างสม่ำเสมอ 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พจน์ออกจากบ้านเวลา 16.15 น. และขับรถด้วยความเร็วอย่างสม่ำเสมอ 55 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เจตน์ขับรถถึงสนามกีฬาก่อน เจตน์จะต้องคอยพจน์เป็นเวลานานเท่าใด (ประมาณเป็นจำนวนเต็ม)  
คำตอบ .....
21. ครูแจกดินสอให้นักเรียนคนละ 5 แท่ง ครูจะเหลือดินสอ 2 แท่ง ถ้าครูแจกดินสอคนละ 7 แท่งเขาจะไม่สามารถแจกนักเรียนได้ครบทุกคนดังนั้นเขาจึงแจกดินสอให้นักเรียนคนละ 6 แท่ง อยากทราบว่าครูมีดินสอทั้งหมดกี่แท่ง  
คำตอบ .....
22. กิตติใช้เวลา 2 นาฬิกาหลังจากทำการบ้านคณิตศาสตร์หลายข้อ ก่อนเข้านอนเขาสังเกตเห็นเข็มสั้นและเข็มนยาวทับกันพอดี กิตติรีบลุกขึ้นเวลา 8 นาฬิกาเพื่อทำการบ้านให้เสร็จ เขาสังเกตเห็นเข็มสั้นและเข็มนยาวอยู่แนวเส้นตรงถ้ากิตติกลับไป  $x$  ชั่วโมงค่าของ  $100x$  เท่ากับเท่าใด  
คำตอบ .....

23. รถไฟขบวนหนึ่งแล่นผ่านสะพานที่ยาว 1500 เมตรในเวลา 35 วินาที และผ่านสะพานที่ยาว 2000 เมตรในเวลา 45 วินาที รถไฟขบวนนี้ยาวกี่เมตร

คำตอบ .....

24. สมชายเดินจากบ้านไปโรงเรียนและขี่จักรยานจากโรงเรียนกลับบ้าน ถ้าเขาเดินด้วยความเร็ว 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และขี่จักรยานด้วยความเร็ว 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สมชายใช้ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางทั้งขาไปและขากลับกี่ กิโลเมตรต่อชั่วโมง

คำตอบ .....

25. ลินดาปลูกต้นไม้ไว้สองชนิด เขابันทึกรากเจริญเติบโตของต้นไม้ทั้งสอง ลินดาเริ่มบันทึกเมื่อต้นหนึ่งสูง 16 เซนติเมตรและมีอัตราการเจริญเติบโต 1.5 เซนติเมตรต่อวัน อีกต้นหนึ่งสูง 10 เซนติเมตรมีอัตราการเจริญเติบโต 3 เซนติเมตรต่อวัน อีกกี่วันต้นไม้ทั้งสองจะสูงเท่ากัน

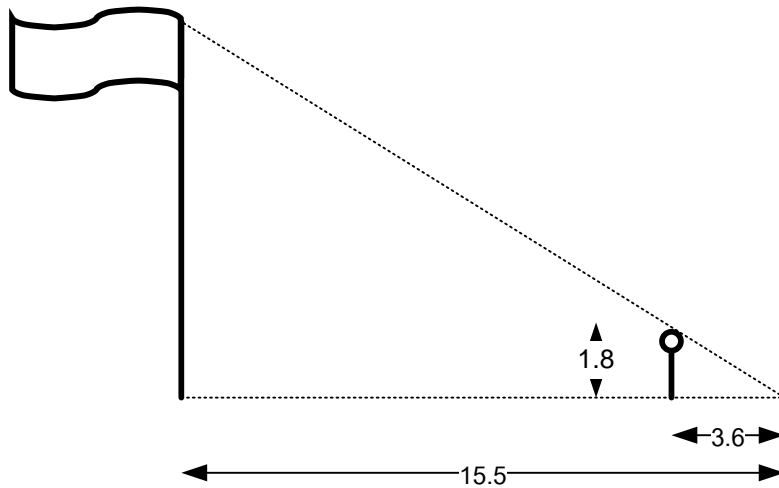
คำตอบ .....

26. ผลคูณของ  $12a^3b^6$  และ  $3ab^2$  มีค่าเท่าใด

คำตอบ .....

27. เสาธงมีเงาทอดยาว 15.5 เมตร ในขณะที่วิชัยมีเงาทอดยาว 3.6 เมตร (ดังรูป) ถ้าวิชัยสูง 1.8 เมตร เสาธงมีความสูงเท่าใด

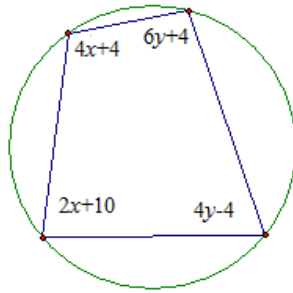
คำตอบ .....



28. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว 14 เซนติเมตร กว้าง 10 เซนติเมตร ถ้าความยาวลดลง  $x$  เซนติเมตร และความกว้างเพิ่มขึ้น  $x$  เซนติเมตรจะทำให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังนั้นพื้นที่จะเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด

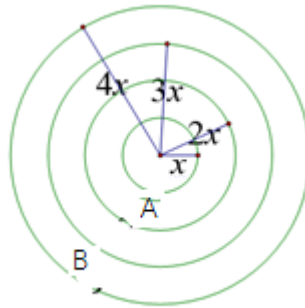
คำตอบ .....

29. จากรูปที่กำหนด  $x$  และ  $y$  มีค่าเท่าใด



คำตอบ .....

30. วงกลมวงหนึ่งมีจุดศูนย์กลางร่วมกันและมีความยาวของรัศมีเท่ากับ  $x, 2x, 3x$  และ  $4x$  ดังแสดงในภาพต่อไปนี้จงหาอัตราส่วนของพื้นที่วงแหวน A ต่อพื้นที่วงแหวน B



คำตอบ .....

31. วิมลต้องการเข้าแข่งขันการวิ่งมาราธอนเขาต้องการควบคุมน้ำหนักให้ได้มาตรฐานโดยใช้ตัวชี้วัดมวลของร่างกาย

(Body Mass Index: BMI) คำนวณจากสูตร  $BMI = \frac{w}{h^2}$

โดยที่  $w$  คือน้ำหนักเป็นกิโลกรัม  $h$  คือความสูงเป็นเมตร

กำหนดค่า BMI และสมรรถนะของน้ำหนักดังตาราง

BMI	สมรรถนะน้ำหนัก
ต่ำกว่า 18.5	ต่ำกว่ามาตรฐาน
18.5 – 24.9	ปกติ
25.0 – 29.9	สูงกว่ามาตรฐาน
30.0 หรือ สูงกว่า	อ้วน

ถ้าวิมลหนัก 65 กิโลกรัมและสูง 160 เซนติเมตร เขาควรลดหรือเพิ่มน้ำหนักเท่าใดจึงจะมีตัวชี้วัดมวลของร่างกายของสมรรถนะน้ำหนักปกติ

คำตอบ .....

32. ถ้ารัศมีของวงกลมเพิ่มขึ้น 20% จะทำให้พื้นที่ของวงกลมเพิ่มขึ้นเท่าใด

คำตอบ .....

33. อัตราซื้อขายเงินเยนเทียบกับเงินบาท ธนาคารได้กำหนดไว้ดังนี้

อัตราขาย 34 บาท แลกได้ 100 เยน

อัตราซื้อ 100 เยน แลกได้ 33.40 บาท

(ก) ถ้านักท่องเที่ยวคนหนึ่งต้องการแลกเงินไทยเป็นเงินเยน 20,000 เยน จะต้องเตรียมเงินไทยกี่บาท

(ข) ในวันเดียวกัน ถ้านักท่องเที่ยวอีกคนหนึ่งต้องการแลกเงินเยน 20,000 เยน เป็นเงินไทย เขาจะได้รับเงินไทยกี่บาท

คำตอบ (ก) .....

.....

.....

(ข) .....

.....

.....

34. ศิริพรอ่านข้อมูลข้างขวदन้้ำเชื่อมซึ่งกำหนดสัดส่วนของน้ำเชื่อมที่จะใช้ทำแพนเค้กไว้ดังนี้

- ถ้าต้องการแพนเค้กแบบหวานกลมกล่อมให้ใช้น้ำเชื่อม  $\frac{1}{3}$  ถ้วย

- ถ้าต้องการหวานมากให้ใช้น้ำเชื่อม  $\frac{5}{12}$  ถ้วย

ถ้าศิริพรต้องการแพนเค้กที่มีรสหวานอยู่ระหว่างหวานกลมกล่อมและหวานมากเขาจะคำนวณเศษส่วนที่แสดงสัดส่วนของน้ำเชื่อมที่ต้องการได้อย่างไร

คำตอบ .....

.....

.....

**สถานการณ์** สุนันทากับวนิดาขับรถด้วยความเร็วที่ต่างกันและให้ทั้งสองคนขับออกจากจุดเริ่มต้นพร้อมกัน ถ้าสุนันทาขับรถด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และวนิดาขับรถด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 35 และ 36

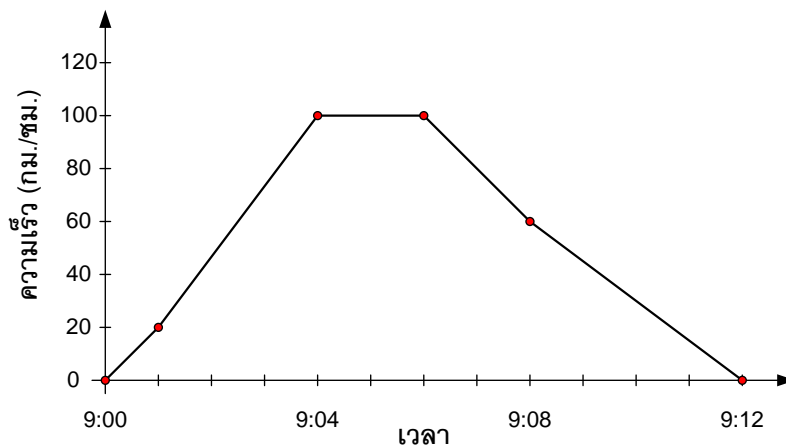
35. ในระยะทางที่เท่ากันใครจะถึงจุดสุดท้ายเป็นคนแรก

คำตอบ .....

36. ในเวลาที่เท่ากันใครจะขับรถได้ระยะทางมากกว่า

คำตอบ .....

37. จงตอบคำถามโดยใช้กราฟที่แสดงการขับรถของวีระ



(ก) แกนนอนแสดงว่าวีระขับรถออกจากจุดเริ่มต้นเวลาใดและถึงปลายทางเวลาใด

คำตอบ .....

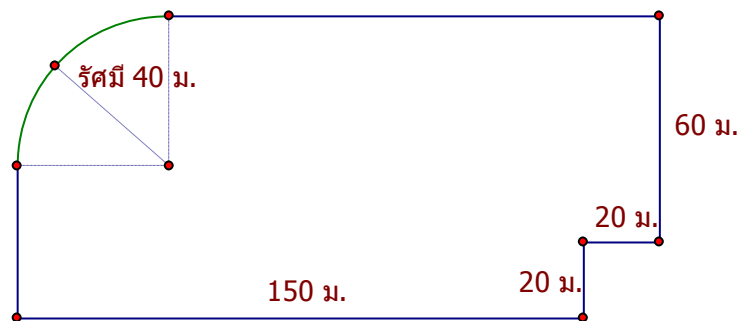
(ข) วีระขับรถเร็วที่สุดกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง

คำตอบ .....

(ค) วีระเริ่มลดความเร็วเมื่อขับรถไปได้กี่นาที

คำตอบ .....

38. จงใช้แผนผังของสวนพักผ่อนแห่งหนึ่งที่มีแผนผังตามรูปตอบคำถาม



(ก) สวนพักผ่อนแห่งนี้มีพื้นที่เท่าใด (ประมาณเป็นจำนวนเต็ม)

คำตอบ .....

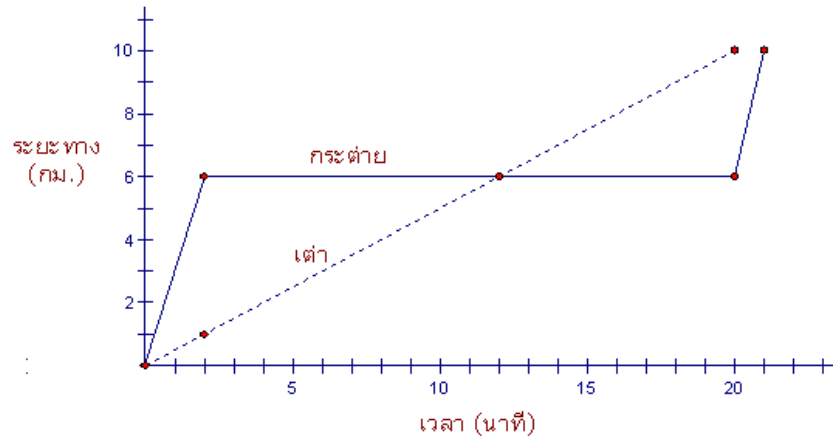
(ข) ภายในสวนแห่งนี้จึงเขียนบริเวณสนามเด็กเล่นให้มีพื้นที่อย่างน้อยที่สุด 100 ตารางเมตรและเขียนบริเวณที่ใช้รับประทานอาหารให้มีพื้นที่อย่างน้อยที่สุด 60 ตารางเมตร

คำตอบ .....

39. สนามแห่งหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว 100 เมตรกว้าง 70 เมตรต้องการปักเสาให้มีระยะห่างมากที่สุดเท่า ๆ กัน โดยที่ทุกมุมของสนามมีเสาปัก ดังนั้นจะต้องใช้เสาปักกี่ต้น

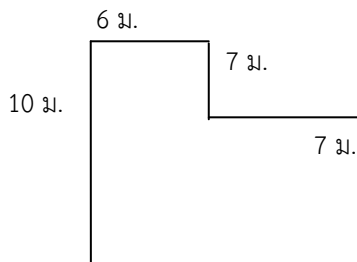
คำตอบ .....

40. จงพิจารณากราฟแสดงการวิ่งแข่ง 10 กิโลเมตร ระหว่างกระต่าย (เส้นทึบ) และเต่า (เส้นประ) แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



- หลังจากวิ่งได้ 2 นาที สัตว์ตัวใดนำหน้า คำตอบ .....
- เมื่อเวลาผ่านไปกี่นาทีที่สัตว์ทั้งสองอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน คำตอบ .....
- กระต่ายนอนหลับกี่นาที คำตอบ .....
- เต่าชนะกระต่ายกี่นาที คำตอบ .....

สถานการณ์ ที่ดินผืนหนึ่งมีผังตามรูปที่กำหนด



จงใช้รูปที่กำหนดตอบคำถามข้อ 41 – 42

41. ที่ดินผืนนี้มีความยาวรอบรูปกี่เมตร  
คำตอบ ..... เมตร
42. ที่ดินผืนนี้มีพื้นที่กี่ตารางเมตร  
คำตอบ ..... ตารางเมตร
43. กระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากแผ่นหนึ่งมีความกว้าง 21.5 เซนติเมตร และความยาว 28 เซนติเมตร จงหาว่ากระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีพื้นที่เป็น 4 เท่าของกระดาษแผ่นเดิม จะมีความกว้างและความยาวเท่าใด  
คำตอบ ความกว้าง ..... เซนติเมตร ความยาว ..... เซนติเมตร
44. ชายคนหนึ่งทำผลิตภัณฑ์พลาสติกให้เป็นรูปครึ่งทรงกลมหนึ่งชิ้นมีรัศมี 7 เซนติเมตร ผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้มีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร  
คำตอบ ..... ลูกบาศก์เซนติเมตร

45. เส้นตรง  $x = 4$  และ  $x = -4$  จะขนานกันหรือตั้งฉากกัน

คำตอบ .....

46. ถ้ามาตราส่วนของแผนที่คือ 1 ซม.: 40 กิโลเมตร ถ้าวัดระยะห่างของสถานที่ ก. และสถานที่ ข. บนแผนที่ได้ 17.5 ซม. จงหาระยะห่างที่แท้จริงของสถานที่ทั้งสองแห่ง

คำตอบ ..... กิโลเมตร

47. ตารางต่อไปนี้แสดงความเร็วของเครื่องพิมพ์ที่ใช้คำสั่งผ่านจากหน้าจอคอมพิวเตอร์

ชนิด	ความเร็ว
A	2 หน้าต่อวินาที
B	1 หน้าทุก 2 วินาที
C	160 หน้าใน 2 นาที
D	100 หน้าต่อนาที

เครื่องพิมพ์ชนิดใดพิมพ์ได้เร็วที่สุด

คำตอบ .....

สถานการณ์ โยนลูกเต๋า 2 ลูก พร้อมกันให้ได้ผลบวกดังตารางที่กำหนด



+	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9	10
5	6	7	8	9	10	11
6	7	8	9	10	11	12

จงใช้ข้อมูลในตารางหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลบวกของแต้มลูกเต๋าดังเงื่อนไขที่กำหนดในคำถามข้อ 48 ถึง 50

48. ความน่าจะเป็นที่จะได้ผลบวกของแต้มที่หงายของลูกเต๋าทิ้งสองเท่ากับ 8

คำตอบ .....

49. ความน่าจะเป็นที่จะได้ผลบวกของแต้มที่หงายของลูกเต๋าทิ้งสองน้อยกว่า 7

คำตอบ .....

50. ความน่าจะเป็นที่จะได้ผลบวกของแต้มที่หงายของลูกเต๋าทิ้งสองมากกว่า 5

คำตอบ .....

สถานการณ์ กล่องใบหนึ่งมีลูกแก้วสีขาว 5 ลูก ลูกแก้วสีแดง 8 ลูก ลูกแก้วสีเหลือง 7 ลูก และลูกแก้วสีเขียว 4 ลูก

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดหาความน่าจะเป็นของการหยิบลูกแก้วออกจากกล่องตามเงื่อนไขที่กำหนดในคำถามข้อ 51 ถึง 54

51. ความน่าจะเป็นของการหยิบให้ได้ลูกแก้วสีแดง

คำตอบ .....

52. ความน่าจะเป็นของการหยิบไม่ได้ลูกแก้วสีแดง

คำตอบ .....

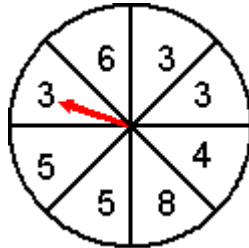
53. ความน่าจะเป็นของการหยิบให้ได้ลูกแก้วสีขาวหรือสีเขียว

คำตอบ .....

54. ความน่าจะเป็นของการหยิบที่ไม่ได้ทั้งลูกแก้วสีเหลืองหรือสีแดง

คำตอบ .....

สถานการณ์ แป้นหมุนอันหนึ่งมีตัวเลขและเข็มหมุดดังภาพ จงใช้ข้อมูลที่กำหนดหาความน่าจะเป็นของการที่เข็มจะหมุนและไปหยุดตามเงื่อนไขที่กำหนดในคำถามข้อ 55 ถึง 57



55. ความน่าจะเป็นที่เข็มจะหยุดที่แต้มหมายเลข 4

คำตอบ .....

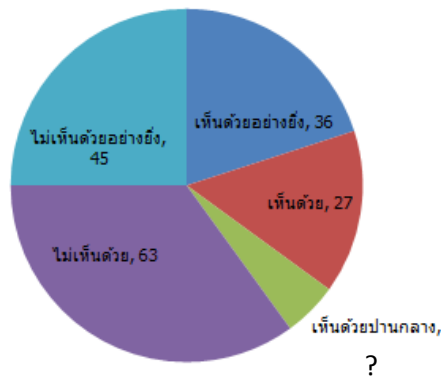
56. ความน่าจะเป็นที่เข็มจะหยุดที่แต้มหมายเลขที่เป็นจำนวนเฉพาะ

คำตอบ .....

57. ความน่าจะเป็นที่เข็มจะหยุดที่แต้มหมายเลขที่เป็นจำนวนคี่

คำตอบ .....

สถานการณ์ บริษัทได้สอบถามความคิดเห็นของพนักงาน 180 คน เกี่ยวกับการผลิตสินค้าชนิดใหม่ ผลการสำรวจได้แสดงไว้ในแผนภูมิวงกลม จงใช้ข้อมูลตอบคำถามข้อ 58 ถึง 60



58. พนักงานแสดงความเห็นด้วยในระดับปานกลางกี่คน

คำตอบ .....

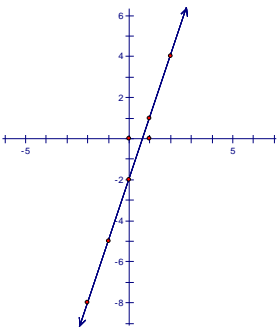
59. พนักงานของบริษัทมีความเห็นด้วยอย่างยิ่งร้อยละเท่าใด

คำตอบ .....

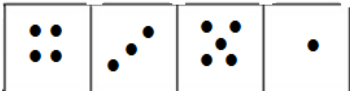
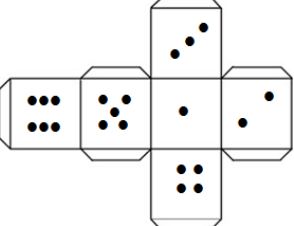
60. ข้อมูลจากการสำรวจความคิดเห็นของพนักงานที่ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งและไม่เห็นด้วยในการผลิตสินค้าชนิดใหม่คิดเป็นร้อยละเท่าใด

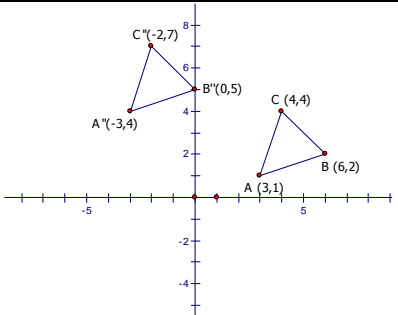
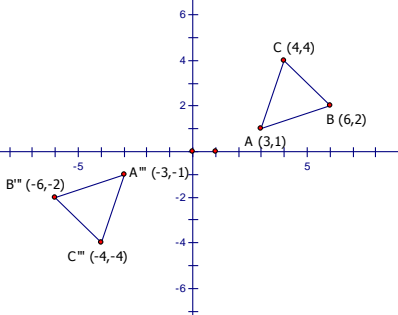
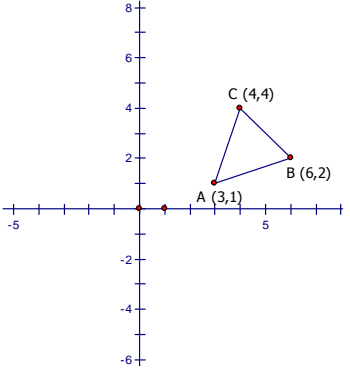
คำตอบ .....

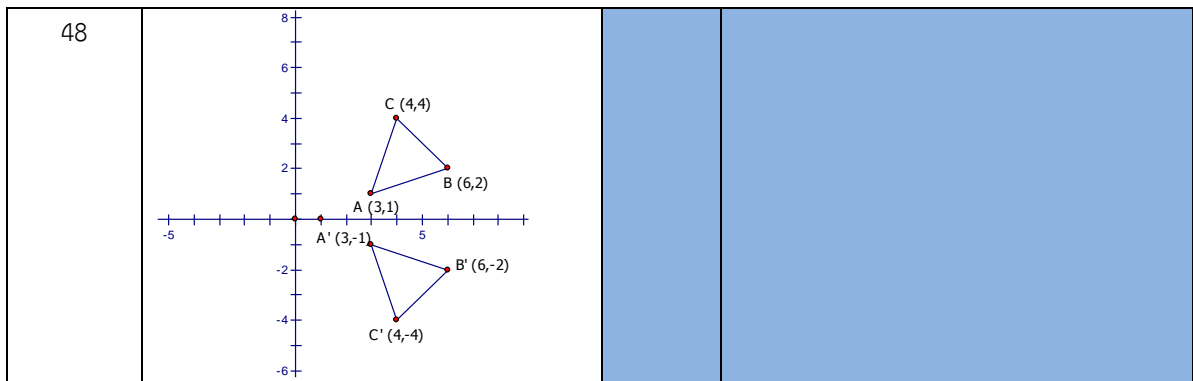
เฉลยคำตอบแบบทดสอบชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะแรกเข้า

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	28 คน	21	7
2	856 บาท	22	$y = 3x + 4$
3	6,400 บาท	23	$y = 1,5,9$
4	ร้อยละ 40	24	160 แกลลอน, 180 แกลลอน
5	454.50 บาท	25	$4x + 6y$
6	20,520 บาท	26	6 ซม.
7	$13\frac{1}{2}$ นาที	27	10 กม.
8	เค้กลูกเกต	28	3.317 ม. หรือ $\sqrt{11}$ ม.
9	21.60 บาท	29	108 ตร.มม.
10	6 ถ้วย	30	4 ตร.ซม.
11	ก. $a - (-2)$	31	38 ตร.หน่วย
12	12 ปี	32	55 องศา
13	45 ปี	33	$\angle 1 \cong \angle 3$
14	$\frac{3}{10}$ หรือ 0.3	34	67 องศา
15	$25xy$	35	210 องศา
16	$6x^2 - 6x + 10$	36	สมชาย
17	8	37	105 ตัว
18	$a^2 - 2$	38	แต้ม 1, 5, 6
19	4	39	25 %
20		40	เครื่องสาย 25%

เฉลยคำตอบแบบทดสอบชุดที่ 2 แบบทดสอบการปฏิบัติการระหว่างเรียน

คำถามที่	คำตอบ	คำถามที่	คำตอบ
ปฏิบัติการ 1 ลูกเต๋า		ปฏิบัติการ 7 รับประทานอาหารกลางวัน	
1		18	385 บาท
2		19	มาลี
3	49	20	วิชัย...วีระ...นาวิ...สุดา...มาลี
ปฏิบัติการ 2 ระยะทางและความเร็ว		ปฏิบัติการ 8 โดมิโนลูกเต๋า	
4	240 และ 320	21	3
5	ก. $D = S \times T$	22	64
6	500 กม./ชม.	23	49 และ 60
ปฏิบัติการ 3 การเปลี่ยนหน่วยความเร็ว		ปฏิบัติการ 9 ตัดผ้าต่างขนาดให้ด้านกว้างเท่ากัน	
7	ก.	24	1, 2, 3, 6 และ 18
8	ข.	25	18
9	4 กิโลเมตร	26	18 เซนติเมตร
ปฏิบัติการ 4 อัตราการเปลี่ยนแปลงของการแข่งขันฟุตบอล		ปฏิบัติการ 10 เมื่อใดจะออกกำลังกายวันเดียวกัน	
10	อัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่ม 1 และ ทางบวก	27	นับจากวันแรกจะพบกันอีกใน 24 วัน 48 วัน 72 วัน (หากมีการออกกำลังกายต่อเนื่องจะพบกันอีกในจำนวนวันที่เป็นผลคูณของ 24 ไปเรื่อย ๆ จนกว่าคนใดคนหนึ่งจะงดการออกกำลังกาย)
11	อัตราการเปลี่ยนแปลงลดลง 1 และ ทางลบ	28	24 วัน
12	อัตราการเปลี่ยนแปลง 0 และ ไม่เป็นทั้งทางบวกหรือทางลบ	29	24
ปฏิบัติการ 5 อัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลาการเข้าออกของลูกค้า		30	20
13	อัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่ม 7 และ ทางบวก	ปฏิบัติการ 11 รายรับรายจ่าย	
14	อัตราการเปลี่ยนแปลงลดลง 3 และ ทางลบ	31	11.31 %
ปฏิบัติการ 6 อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว		32	เมษายน
15	อัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่ม 17.5 และ ทางบวก	33	11.81 %
16	อัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่ม 11.67 และ ทางบวก	34	63.23 %
17	อัตราการเปลี่ยนแปลงลดลง 11.67 และ ทางลบ		

คำถามที่	คำตอบ	คำถามที่	คำตอบ																																																	
<b>ปฏิบัติการ 12 ตารางหมากดำขาว</b>		49																																																		
35	24																																																			
36	11																																																			
<b>ปฏิบัติการ 13 ภาพเงาของวัตถุ</b>																																																				
37	กรวยกลม และ 50.29 ตารางเซนติเมตร																																																			
38	ทรงกลม และ 28.29 ตารางเซนติเมตร																																																			
39	113.14 ลูกบาศก์เซนติเมตร	50																																																		
40	$h = 6.75$ เซนติเมตร																																																			
<b>ปฏิบัติการ 14 ส่งสินค้าทางไปรษณีย์</b>																																																				
41	พัสดุหนัก 750 กรัม เสียค่าส่ง 25 บาท พัสดุหนัก 2,105 กรัม เสียค่าส่ง 55 บาท																																																			
42	235 บาท																																																			
43	พัสดุหนัก 750 กรัม เสียค่าส่ง 70 บาท พัสดุหนัก 2,105 กรัม เสียค่าส่ง 110 บาท																																																			
44	280 บาท	<b>ปฏิบัติการ 15 การเคลื่อนที่ของจุด</b>																																																		
45	จุด P เคลื่อนที่จาก C ไป D ใช้เวลา 10 วินาที จุด Q เคลื่อนที่จาก D ไป A ใช้เวลา 10 วินาที	<b>ปฏิบัติการ 17 บริการลูกค้า</b>																																																		
46	เกิดขึ้น 2 ครั้ง เมื่อจุดทั้งสองเคลื่อนไป 2 วินาที และ 8 วินาที	51	34 %																																																	
<b>ปฏิบัติการ 16 การสะท้อน การเลื่อน การหมุน</b>		52	น้อยกว่า 10 %																																																	
47		<b>ปฏิบัติการ 18 ความน่าจะเป็น</b>																																																		
		53	<table border="1" data-bbox="957 1265 1380 1579"> <tr> <td>S \ D</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1,1</td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,5</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2,1</td> <td>2,2</td> <td>2,3</td> <td>2,4</td> <td>2,5</td> <td>2,6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3,1</td> <td>3,2</td> <td>3,3</td> <td>3,4</td> <td>3,5</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4,1</td> <td>4,2</td> <td>4,3</td> <td>4,4</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5,1</td> <td>5,2</td> <td>5,3</td> <td>5,4</td> <td>5,5</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>6,1</td> <td>6,2</td> <td>6,3</td> <td>6,4</td> <td>6,5</td> <td>6,6</td> </tr> </table>	S \ D	1	2	3	4	5	6	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6
S \ D	1	2	3	4	5	6																																														
1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6																																														
2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6																																														
3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6																																														
4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6																																														
5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6																																														
6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6																																														
		54	36 คู่																																																	
		55	$\frac{1}{36}$																																																	



คำถามที่	คำตอบ	คำถามที่	คำตอบ
	<b>ปฏิบัติการ 19 การวิเคราะห์อุณหภูมิ</b>		<b>ปฏิบัติการ 20 การวิเคราะห์การใช้น้ำมัน</b>
56	4 วัน	59	บริษัท B
57	15 °C	60	บริษัท A
58	พ.ศ.2557		

เฉลยคำตอบแบบทดสอบชุดที่ 3 แบบทดสอบมาตรฐานหลังเรียน

ตอนที่ 1

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ข. แบบที่ 1 และแบบที่ 3	21	ก.
2	ค. 28 คน	22	ก.
3	ข. 1,070 บาท	23	ก.
4	ง. 6,400 บาท	24	ก.
5	ข. ถ้วย A ตวง 2 ครั้ง B ตวง 2 ครั้ง	25	ก.
6	ข. 26 ปี	26	ก.
7	ก. 18 ปี	27	ข.
8	ค. 38,121 ใบ	28	ค.
9	ง. 17.40 น.	29	ง.
10	ข.	30	ข.
11	ข.	31	ค.
12	ข.	32	ก.
13	ง.	33	ก.
14	ง.	34	ข.
15	ก.	35	ง.
16	ก.	36	ข.
17	ค.	37	ข.
18	ก.	38	ค.
19	ข.	39	ก.
20	ข.	40	ก.

ตอนที่ 2

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	มี $\square$ 64 รูป และมี $\bullet$ 64 รูป	31	ลดย่างน้อย 0.5 กก. (แต่ไม่ควรมากกว่า 6 กก.)
2	$9 = \frac{15+3}{2}$	32	44 %
3	$14 = \frac{20+8}{2}$	33	(ก) 68,000 บาท (ข) ขาดทุน 1,200 บาท
4	$n = \frac{(n+6)+(n-6)}{2}$	34	$\frac{3}{8}$ ถ้วย
5	จานราคา 20 บาท ชามราคา 10 บาท	35	สุนันทา
6	$\circ$ คือ 5 และ $\square$ คือ 10	36	สุนันทา
7	987	37	9.00 น. ถึง 9.12 น.
8	2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	38	(ก) 12,857 ตารางเมตร (โดยประมาณ) (ข) คำตอบนี้ให้พิจารณาจากรูปที่นักเรียนเขียน ต้องคำนวณพื้นที่ได้ตามเงื่อนไข คือ สนามเด็ก เล่นอย่างน้อยที่สุด 100 ตร.ม.เช่น รูปสี่เหลี่ยม มุมฉากกว้าง 10 ม. ยาว 10 ม. และบริเวณ รับประทานอาหารอย่างน้อยที่สุด 60 ตร.ม. เช่น รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากกว้าง 6 ม. ยาว 10 ม. เป็นต้น
9	20	39	30 ต้น
10	1111	40	กระต่าย, 12 นาทีกี่, 18 นาทีกี่, 1 นาทีกี่
11	27 ผล	41	46 เมตร
12	15 เล่ม	42	109 ตารางเมตร
13	21:14 หรือ 3:2	43	กว้าง 43 เซนติเมตร ยาว 56 เซนติเมตร
14	วิธีที่ 1 แอน 40 บาท มด 100 บาท พิม 160 บาท นัท 200 บาท วิธีที่ 2 แอน 25 บาท มด 75 บาท พิม 150 บาท นัท 250 บาท	44	718.67 ลบ.ซม.
15	20 บาท	45	ขนานกัน
16	รายได้แต่ละเดือน	46	70 กิโลเมตร
17	จำนวนนักเรียนชั้น ม.1 และจำนวนนักเรียนชั้น ม.2	47	ชนิด A
18	382,800 บาท	48	$\frac{5}{36}$
19	4 ปี	49	$\frac{5}{12}$
20	ประมาณครึ่งชั่วโมง หรือ 31 นาทีกว่า	50	$\frac{13}{18}$
21	12 แห่ง	51	$\frac{1}{3}$

22	600	52	$\frac{2}{3}$
23	250 เมตร	53	$\frac{3}{8}$
24	6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	54	$\frac{5}{8}$
25	4 วัน	55	12.5%
26	$36a^4b^8$	56	62.5 %
27	7.75 เมตร	57	62.5 %
28	4 ตารางเซนติเมตร	58	9 คน
29	$x = 26, y = 19$	59	20 %
30	3:7	60	60 %

### ชื่อผู้วิจัย

1. รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรฮะ
2. ดร.บุญทอง บุญทวี

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา (หลักสูตรนานาชาติ)  
วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา  
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา (หลักสูตรนานาชาติ)  
วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

### ชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ดร.ไพจิตร สดวกการ
2. ดร.โกมล ไพศาล
3. อาจารย์รัตติกรณ์ ชิมโรจน์ประเสริฐ

วิทยากรพิเศษด้านการใช้เทคโนโลยีทางคณิตศาสตร์  
วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา  
อาจารย์สอนคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีและปริญญาโท  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา  
ตำแหน่งครู ค.ศ.3 คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทพศิรินทร์