

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ปริญญานิพนธ์  
ของ  
ธีรรัตน์ ไตรเดช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา  
มีนาคม 2549

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ปริญญานิพนธ์  
ของ  
ธีรรัตน์ ไตรเดช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา  
มีนาคม 2549

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

บทคัดย่อ  
ของ  
ธีรรัตน์ ไตรเดช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา  
มีนาคม 2549

ธีรรัตน์ ไตรเดช. (2549), การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคัลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์, รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์คาโนนิคัลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และศึกษานำหนักความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 1,201 คน ซึ่งเลือกมาโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการซึ่งมีความยากอยู่ระหว่าง .33 ถึง .67 ค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .60 - .76 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .70 - .75

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคัลระหว่าง ฟังก์ชันตัวแปรอิสระ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป กับฟังก์ชันตัวแปรตามการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้แก่ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ การประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง มีค่าเท่ากับ .215, .143, .115, .083 และ .042 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001, .001, .01 และ .05 ตามลำดับส่วนฟังก์ชันที่ห้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ค่านำหนักความสำคัญคาโนนิคัลระหว่าง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่อยู่ในระดับที่ส่งผลซึ่งกันและกัน ( มากกว่า .30 ) มีสี่ฟังก์ชัน ฟังก์ชันแรกตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากตามลำดับคือ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง กลุ่มตัวแปรตามที่ส่งผลมากตามลำดับคือ การอ้างอิงหรือสรุปความ การนิรนัย และการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ในฟังก์ชันที่สองตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากตามลำดับคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลอง กลุ่มตัวแปรตามที่ส่งผลมากคือการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้นและการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ในฟังก์ชันที่สามตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากคือทักษะการทดลองและการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ กลุ่มตัวแปรตามที่ส่งผลมากได้แก่การประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ในฟังก์ชันที่สี่ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากที่สุดคือการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปกลุ่มตัวแปรตามได้แก่การตีความ

CANONICAL CORRELATION ANALYSIS AMONG INTEGRATED SCIENCE  
PROCESS SKILLS AND CRITICAL THINKING

AN ABSTRACT  
BY  
THEERARUT TRIDECH

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Master of Education Degree in Educational Research and Statistics  
at Srinakharinwirot University  
March 2006

Theerarut Tridech. (2006). *Canonical Correlation Analysis among Integrated Science Process Skills and Critical Thinking*. Master thesis, M.Ed. (Educational Research and Statistics). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc.Prof. Dr. Boonchird Pinyoanuntapong, Assoc.Prof. Nipa Sripirot.

The purpose of this study was to investigate the canonical relationship among integrated science process skills and critical thinking, and to study the weights of integrated science process skills affecting the critical thinking. The samples used in the study were 1,201 Matthayomsuksa 3 students in secondary schools in Ayutthaya Province in 2<sup>nd</sup> semester, 2003. They were obtained by using stratified random sampling. Tools used in the study were a test of integrated science process skills with its difficulty between .33 and .67 and reliability between .60 - .76, and a test of critical thinking with its reliability between .70 and .75.

The results of research were as follows.

1. The canonical correlations among the independent variable sets of integrated science process skills (formulating hypothesis, controlling variables, defining operationally, experimenting, and interpreting data) and the dependent variable sets of critical thinking (inference, recognition of assumption, deduction, interpretation, and evaluation of arguments) were .215, .143, .115, .083 and .042 respectively with statistical significance at the levels of .001, .001, .01 and .05 respectively. For only the fifth set, its relationship had no statistical significance.

2. Regarding the canonical weights among integrated science process skills and critical thinking at the mutual effective level (higher than .30), there were four functions. For the first function, the independent variables with the most effect were formulating hypothesis, controlling variables, and experimenting respectively while the dependent variables with the most effect were inference, deduction, and evaluation of arguments respectively. For the second function, the independent variables with the most effect were interpreting data, formulating hypothesis, and experimenting respectively while the dependent variables with the most effect were recognition of assumption and evaluation of arguments. According to the third function, the independent variables with the most effect were experimenting and defining operationally, and the dependent variable with the most effect was evaluation of arguments. In the fourth function, the independent variable with the most effect was interpreting data, and the dependent variable with the most effect was interpretation.

ปริญญานิพนธ์  
เรื่อง

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ของ  
ธีรรัตน์ ไตรเดช

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จีระเดชากุล )  
วันที่ เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธาน  
( รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญนนท์พงษ์ )

.....กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์ )

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิคม ตั้งกะพิภพ )

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม  
( อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ )

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีโดยได้รับความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนันตพงษ์ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการ ให้คำปรึกษา แนะนำการทำงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอนจนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งทำให้ผู้วิจัยได้รับ ประสบการณ์ในการทำงานวิจัย และรู้ถึงคุณค่าของงานวิจัยที่จะช่วยให้การทำงานในด้านการวิจัย เป็นไปอย่างมีคุณค่ามากขึ้น อีกทั้งยังเป็นแบบอย่างของอาจารย์ที่ทุ่มเทให้กับศิษย์และงานด้าน วิชาการอย่างไม่รู้เหน็ดเหนื่อย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งถึงความกรุณาดังกล่าว และขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิคม ตั้งคะพิภพ และอาจารย์ชวลิต รวยอาจิน ที่กรุณาเป็นกรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม ในการสอบปริญญานิพนธ์และได้ให้ข้อเสนอแนะ เพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย ในการศึกษา ตามหลักสูตรการวิจัยและสถิติการศึกษา อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียน คณะครู อาจารย์ ในโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้ให้ความ ร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ วิชาเอกการวิจัยและ สถิติทางการศึกษา ขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนนายงยุทธ ชูจันทร์ นายเจริญศักดิ์ ไต่เป็นสุข ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อเวลาที่มาศึกษาต่อ ขอขอบคุณอาจารย์เกษม งามนิมิตรที่ได้กรุณาพาผู้วิจัยไป เก็บข้อมูลในโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง และคณะครูอาจารย์โรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคมโดยเฉพา อย่างยิ่งอาจารย์สมทบ ปานดวงแก้ว ที่เป็นกำลังใจและมีส่วนช่วยในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณสามีของผู้วิจัยคุณอรรรณพ บัวเขียว และบุคคลในครอบครัวทุกคน ที่ได้ เป็นกำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ

กราบขอบพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนญาติๆ ที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนของ ผู้วิจัยมาตลอดและเป็นกำลังใจอันสำคัญยิ่งที่มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดนี้คุณประโยชน์และความดีที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มี อุปการะคุณทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ อบรมสั่งสอน ผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ธีรรัตน์ ไตรเดช

## สารบัญ

| บทที่                                                    | หน้า |
|----------------------------------------------------------|------|
| 1 บทนำ.....                                              | 1    |
| ภูมิหลัง.....                                            | 1    |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย.....                             | 2    |
| ความสำคัญของการวิจัย.....                                | 2    |
| ขอบเขตของการวิจัย.....                                   | 3    |
| ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....             | 3    |
| ตัวแปรที่ศึกษา.....                                      | 3    |
| นิยามศัพท์เฉพาะ.....                                     | 4    |
| สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า.....                           | 6    |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                    | 7    |
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....                        | 8    |
| ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....             | 8    |
| ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....               | 9    |
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ.....            | 15   |
| การคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....                              | 27   |
| ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....                   | 27   |
| ประเภทของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....                     | 29   |
| เครื่องมือวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....                 | 30   |
| เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิกอล.....      | 33   |
| ความหมายของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอล .....         | 33   |
| วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอล.....      | 34   |
| ประโยชน์ของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอล.....          | 35   |
| ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอล..... | 35   |
| คำศัพท์ที่ควรรู้จักเกี่ยวกับสหสัมพันธ์คาโนนิกอล.....     | 35   |
| การคำนวณสหสัมพันธ์คาโนนิกอล.....                         | 36   |
| รูปแบบคำสั่งสหสัมพันธ์คาโนนิกอลโดยใช้โปรแกรมSPSS.....    | 40   |
| การแปลผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอล.....             | 41   |

## สารบัญ(ต่อ)

| บทที่                                     | หน้า   |
|-------------------------------------------|--------|
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                | 42     |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ.....        | 42     |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ.....      | 46     |
| <br>3   วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....    | <br>50 |
| การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง..... | 50     |
| เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....    | 52     |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล.....                  | 64     |
| การวิเคราะห์ข้อมูล.....                   | 64     |
| สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....      | 65     |
| <br>4   ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....         | <br>70 |
| สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....  | 70     |
| การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....        | 71     |
| ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                 | 71     |
| <br>5   สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ..... | <br>78 |
| ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....       | 78     |
| กลุ่มตัวอย่าง.....                        | 78     |
| เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....    | 79     |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล.....                  | 79     |
| การวิเคราะห์ข้อมูล.....                   | 80     |
| สรุปผลการศึกษาค้นคว้า.....                | 80     |
| อภิปรายผล.....                            | 82     |
| ข้อเสนอแนะ.....                           | 85     |
| บรรณานุกรม.....                           | 86     |
| ภาคผนวก.....                              | 100    |
| ประวัติย่อผู้วิจัย.....                   | 143    |

## บัญชีตาราง

| ตาราง                                                                                                                      | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 ผลการทดลองกิจกรรมชุดกลิ้งหูกะเมน                                                                                         | 26   |
| 2 จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจำแนกตามขนาดโรงเรียน.....                                                      | 51   |
| 3 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ..                                                | 54   |
| 4 ค่าสถิติพื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและการคิด<br>อย่างมีวิจารณญาณ.....                             | 72   |
| 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างคะแนนทักษะกระบวนการทาง<br>วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... | 73   |
| 6 สหสัมพันธ์คาโนนิกอลระหว่างชุดตัวแปรอิสระกับชุดตัวแปรตาม.....                                                             | 75   |
| 7 คำนำน้หนักความสำคัญคาโนนิกอลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์<br>ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....            | 76   |
| 8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์<br>ขั้นบูรณาการ.....                                  | 104  |
| 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ.....                                                                                          | 110  |

## บัญชีภาพประกอบ

| ภาพประกอบ                                                                     | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 ความเกี่ยวโยงระหว่างกลุ่มตัวแปรคาโนนิคอลและค่าสหสัมพันธ์.....               | 34   |
| 2 รูปแบบคำสั่งสหสัมพันธ์คาโนนิคอล.....                                        | 41   |
| 3 ลำดับขั้นในการสร้างเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ... | 53   |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ได้กำหนดแนวทางการจัดการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 โดยการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นความสำคัญทั้งด้านความรู้ ความคิด ความสามารถ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และความรับผิดชอบต่อสังคม เพื่อพัฒนาคนให้มีความสมดุลโดยยึดหลักผู้เรียนสำคัญที่สุด ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตามธรรมชาติ ให้ความสำคัญต่อความรู้เกี่ยวกับตนเอง และความสัมพันธ์ของตนเองกับสังคมได้แก่ครอบครัว ชุมชนชาติและสังคมโลก รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับประวัติศาสตร์ความเป็นมาของสังคมไทย และระบบการเมืองการปกครองในระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ ในเรื่องการจัดการ การบำรุงรักษา การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล ยั่งยืน ความรู้เกี่ยวกับศาสนา ศิลปวัฒนธรรมการกีฬาภูมิปัญญาไทยและการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญา ความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์และด้านภาษา เน้นการใช้ภาษาไทยอย่างถูกต้อง ความรู้และทักษะในการประกอบอาชีพ การดำรงชีวิตในสังคมอย่างมีความสุข ให้สถานศึกษาจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการฝึกทักษะการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ ( กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2544 : 3 ) การสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่า ไม่เพียงแต่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่เป็นความรู้ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนคติ กฎ หลักการ ทฤษฎีและสมมติฐานเท่านั้น แต่ต้องอาศัยประสบการณ์ในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นด้วยตนเองควบคู่กันไป ( ปรีชา วงศ์ศิริ.2525 : 249 ) การจัดการเรียนการสอน และการดำเนินชีวิตประจำวัน จำเป็นต้องอาศัย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้าไปช่วยแก้ปัญหาและผลิตผลงานอย่างสร้างสรรค์ในชีวิตประจำวัน ยิ่งในอนาคตสังคมมีแนวโน้มที่จะทวีความสลับซับซ้อนมากขึ้น บุคคลจำเป็นต้องใช้ความรู้ทักษะและความคิดมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นทักษะการคิดวิเคราะห์ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตในสังคมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาโดยต้องอาศัยความรู้ การรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ต่างๆแล้วนำมาจัดระบบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาชีวิต ดังนั้นบุคคลที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีความสุข

ในสังคมปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงจำเป็นที่บุคคลจะต้องมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อให้ตนเองรอดพ้นปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะช่วยให้บุคคลนั้นสามารถค้นหาปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา ได้ด้วยตนเอง จะเห็นว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสำคัญที่ทำให้คนเราคิดวิเคราะห์หาคำตอบ หรือลงข้อสรุปเหตุการณ์ต่างๆ ที่ประสบในชีวิตประจำวันได้ด้วยตนเอง ตลอดจนยอมรับหรือปฏิเสธข้อสรุปนั้นได้อย่างสมเหตุสมผล ( สวนา พรพัฒน์กุล. 2525 : 10 ) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรมีและได้รับการพัฒนา สำหรับเป็นแนวทางที่จะสร้างและ/หรือพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการจัดการศึกษาตามหลักสูตรมัธยมศึกษา พุทธศักราช 2521 ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียน คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง จึงควรที่จะศึกษาว่าตัวแปรของ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทักษะใดที่ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ทักษะใดส่งผลซึ่งกันและกันกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรมสามัญศึกษา ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาซึ่งจะเป็นข้อมูลในการนำไปพิจารณาใช้เป็นแนวทาง ในการปรับปรุงและส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนซึ่งจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆต่อไป

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีจุดมุ่งหมายเฉพาะ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรกลุ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับตัวแปรกลุ่มการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. เพื่อศึกษาคำนวณหาความสำคัญคาโนนิคอลของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### ความสำคัญของการวิจัย

ผลการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลซึ่งกันและกันกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดพระนครศรีอยุธยาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูล ในการหาแนวทางเพื่อนำไปสู่การส่งเสริมการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อันจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยตรง ทั้งยังช่วยเป็นแนวทางในการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้เกิดแก่นักเรียนอย่างเต็มตามความสามารถของผู้เรียน อีกทั้งช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ตรงประเด็น และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

## ขอบเขตของการวิจัย

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

#### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ในสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 29 โรงเรียน มีนักเรียนทั้งหมดจำนวน 5,452 คน

#### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ในสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 5 โรงเรียน มีนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,201 คนซึ่งได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น ( Stratified Random Sampling ) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น( Strata)

#### ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการประกอบด้วย

- 1.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน
- 1.2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
- 1.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
- 1.4 ทักษะการทดลอง
- 1.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2. ตัวแปรตาม ได้แก่คิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์

( Watson & Glaser .1964 ) ประกอบด้วยความสามารถ 5 ด้านคือ

- 2.1 ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ
- 2.2 ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น
- 2.3 ความสามารถในการนิรนัย
- 2.4 ความสามารถในการตีความ
- 2.5 ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางปัญญาที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้โมเดลและหลักการทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้การลงข้อสรุปแบบอุปนัยมีความเที่ยงตรงถูกต้อง น่าเชื่อถือแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ( สุวัฒน์ นิยมคำ .2531 : 163 – 164 )

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ( Integrated Science Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานซึ่งผู้เรียนควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญมาก จึงทำให้ทักษะกระบวนการขั้นผสม หรือขั้นบูรณาการ มีประสิทธิภาพประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการกำหนดค่านิยมเชิงปฏิบัติการ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงสรุป เป็นพฤติกรรมของความสามารถที่เกิดจากการปฏิบัติ และการฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ ประกอบด้วย

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( Formulating Hypothesis ) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดหาล่วงหน้ายังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า มักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

2.2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ( Controlling Variables ) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

2.2.1 ตัวแปรต้น คือสิ่งที่เป็สาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ คือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือม

2.2.2 ตัวแปรตาม คือสิ่งที่เป็ผลเนื่องจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็สาเหตุเปลี่ยนไปตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็ผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

2.2.3 ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น ที่มีผลต่อการทดลองซึ่งต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิฉะนั้นอาจทำให้ผลการทดลอง คลาดเคลื่อน

2.2.4 การควบคุมตัวแปร หมายถึงการควบคุมสิ่งอื่นๆนอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

2.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ( Defining Operationally ) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ( ที่อยู่ในสมมติฐานการทดลอง ) ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้

2.4 ทักษะการทดลอง ( Experimenting ) หมายถึงกระบวนการปฏิบัติการ เพื่อหาคำตอบหรือสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

2.4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึงการวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนด

2.4.1.1 วิธีการทดลองซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร

2.4.1.2 อุปกรณ์ / หรือสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง

2.4.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง

2.4.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเป็นผลจากการสังเกต การวัดอื่นๆ

2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ( Interpreting Data ) หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะ และสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ และในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น เป็นการลงข้อสรุปหาความสัมพันธ์ ของข้อมูลทั้งหมด

3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ( Critical Thinking ) หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เกี่ยวกับข้อมูลสถานการณ์ที่ปรากฏ ข้อโต้แย้งหรือข้อมูล ที่คลุมเครือ โดยใช้ความรู้ความคิดและประสบการณ์ของตนเองในการตัดสินใจ เพื่อลงเป็นข้อสรุปเป็นข้อยุติ ที่สมเหตุสมผล โดยใช้แนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์ ( Watson & Glaser .1964 ) ประกอบด้วยความสามารถ 5 ด้านคือ ด้านการอ้างอิงและการสรุปความ ด้านการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความและด้านการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง สำหรับการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้ใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสมสุข โถวเจริญ ซึ่งได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถทั้ง 5 ด้านไว้ดังนี้

3.1 ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ ( Inference ) หมายถึงความสามารถในการจำแนก ระดับความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการลงสรุปข้อมูลต่างๆ ที่ปรากฏเป็นข้อความที่กำหนดให้

3.2 ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น(Recognition of assumption) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาจำแนกข้อความใดเป็นเงื่อนไขหรือสิ่งที่กำหนดให้

3.3 ความสามารถในการนิรนัย ( Deduction ) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกว่าข้อสรุปใด เป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างแน่นอน และข้อสรุปใดไม่เป็นผลของความสัมพันธ์นั้น

3.4 ความสามารถในการตีความ ( Interpretation ) หมายถึงความสามารถ

ในการจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นหรือไม่เป็นความจริงตามที่สรุปได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

### 3.5 ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ( Evaluation of arguments )

หมายถึงความสามารถในการตัดสินใจ เห็นด้วยกับสิ่งนั้นหรือไม่เพราะเหตุใด

4. สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ( Canonical Correlation ) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องระหว่างชุดของตัวแปรอิสระและชุดของตัวแปรตาม ที่มีตัวแปรอิสระตั้งแต่สองตัวขึ้นไปและตัวแปรตามตั้งแต่สองตัวขึ้นไป

5. ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของชุดของตัวแปรอิสระที่ส่งผลซึ่งกันและกันกับชุดของตัวแปรตาม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาน้ำหนักความสำคัญในรูปของคะแนนมาตรฐาน ( Canonical Weights )

### สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ มีสหสัมพันธ์แบบคาโนนิคอลกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการอย่างน้อยหนึ่งทักษะ ส่งผลซึ่งกันและกันกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
ประเภทของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
เครื่องมือวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอล  
ความหมายของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล  
วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล  
ประโยชน์ของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล  
ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล  
คำศัพท์ที่ควรรู้จักเกี่ยวกับสหสัมพันธ์คาโนนิคอล  
การคำนวณสหสัมพันธ์คาโนนิคอล  
รูปแบบคำสั่งสหสัมพันธ์คาโนนิคอล โดยใช้โปรแกรม SPSS  
การแปลผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง  
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ  
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

## 1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### 1.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ( Scientific process skills) มีผู้ให้ความหมายไว้หลายทัศนะดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534 : อ้างอิงใน สรศักดิ์ แพรดำ. 2544 : 31 – 32 ) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความนึกคิดอย่างระบบซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา”

นิคม ทาแดงและสุจินต์ วิสุทธิรานนท์ ( 2525 : 48 ) กล่าวว่า “ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะการทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์แต่ละขั้นตอนนั้น จะประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละคน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถฝึกให้ดีขึ้นได้”

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ ( 2532 : V ) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “ เป็นทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์ และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ ”

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ( สรศักดิ์ แพรดำ. 2544 : 21 – 24 ) เป็นคำที่ประกอบด้วยคำ 3 คำ คือ ทักษะ ( Skill ) กระบวนการ ( Process ) และวิทยาศาสตร์ ( Science) คำเหล่านี้มีความหมายดังนี้

ทักษะ หมายถึงความสามารถในการกระทำ( คิด / หรือปฏิบัติ ) อย่างถูกต้องและรวดเร็ว หรือคล่องแคล่วถูกต้องและแม่นยำ

กระบวนการหมายถึงแบบแผนที่มีระเบียบวิธีการ ลำดับก่อนหลังอย่างมีระเบียบอันทำให้เกิดผลในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือขั้นตอนการปฏิบัติเป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง

วิทยาศาสตร์ หมายถึงส่วนที่เป็นองค์ความรู้ ( Body of knowledge ) ทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการตรวจสอบอย่างเป็นระบบเชื่อถือได้ และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ ( Process of scientific inquiry )

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงหมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ได้แก่การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การคำนวณ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลองการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้องและแม่นยำ เพื่อการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหาอันเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบ

ภพ เลหาไฟบูลย์ ( 2537 :14 ) ได้ให้ความหมายไว้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

ผดุงยศ ดั่งมาลา ( 2531 :33 ) ได้กล่าวว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยตัวความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ วิธีหนึ่งที่จะได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การค้นคว้าทดลอง ในขณะที่ทำการทดลองนั้น ผู้ทดลองจะมีโอกาสได้ฝึกฝนทั้งในด้านปฏิบัติและพัฒนาความคิดไปด้วยในขณะเดียวกันการฝึกสังเกต บันทึกข้อมูล ตั้งสมมติฐานทำการวัดหาความสัมพันธ์ของตัวแปร ฯลฯ สิ่งเหล่านี้เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

ปีเตอร์สัน ( ชัยทศ จำเริญกุล. 2532 : 9 ; อ้างอิงจาก Peterson. 1978 :153) กล่าวว่า “...ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นปฏิบัติการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย การสังเกต การตั้งคำถาม การทดลอง การเปรียบเทียบ การสรุปพาดพิง การสรุปหลักเกณฑ์ การสื่อความหมาย และการนำไปใช้ประโยชน์...”

แอนเดอร์สัน ( สรศักดิ์ แพรดำ. 2544 : 32 ; อ้างอิงจาก Anderson . 1978 ) กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า“เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ความหมายที่สำคัญของกระบวนการคือ วิธีทางของกระบวนการในการเสาะแสวงหาความรู้กระบวนการนี้จะทำให้เกิดพัฒนาการทางด้านสติปัญญา”

จากความหมายและแนวคิด เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังกล่าวสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ เพื่อเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ไขปัญหาอันเกิดจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ

## 1.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็นหลายแบบตามแนวคิดของ AAA' American Association for the Advancement of Science ( จิรพรรณ แสงหล้า. 2532 :19-24 ; อ้างอิงจาก AAA'S 1976 : 33 – 176 ) วีระชาติ สวนไพรินทร์ ( 2531 : 7-15 ) สุวัณท์ นิยมคำ ( 2531 : 163 – 164 ) วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ ( 2532:; V-VII ) สรศักดิ์ แพรดำ ( 2544 : 39 –40 ) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( 2535 : 1-3) แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานหรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นต้น ( Basic Scientific Process Skills ) เป็นทักษะกระบวนการที่ ผู้เรียนควรฝึกให้เกิดความชำนาญเป็นพื้นฐานก่อนที่จะไปฝึกทักษะกระบวนการขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานประกอบด้วย 8 ทักษะ ดังนี้

1.1 ทักษะการสังเกต ( Observing )

1.2 ทักษะการจำแนกประเภท ( Classifying )

1.3 ทักษะการวัด ( Measuring )

1.4 ทักษะการคำนวณ ( Using Number )

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

( Space/ Space and Space/Time Relationships )

1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

( Organizing Data and Communicating )

1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ( Inferring )

1.8 ทักษะการพยากรณ์ ( Predicting )

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม หรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หรือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ( Integrated Scientific Process Skills ) เป็นทักษะกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ซึ่งผู้เรียนควรฝึกฝน ให้เกิดความชำนาญมาก่อน จึงจะทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการมีประสิทธิภาพประกอบด้วย 5 ทักษะดังนี้

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( Formulating Hypothesis )

2.2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ( Identifying and Controlling Variables)

2.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ( Defining Variable Operationally )

2.5 ทักษะการทดลอง ( Experimenting )

2.6 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ( Interpreting Data and

Making Conclusion )

ซันด์และโทรวบริดจ์ ( Sund and Trowbridge. 1967 : 93 – 95 ) ได้จัดประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาออกเป็น 5 กลุ่มคือ

1. ทักษะในการหาความรู้ ( Acquisitive Skills )

1.1 การฟังอย่างตั้งใจ กระตือรือร้นและถามเมื่อสงสัย

1.2 การสังเกตอย่างถี่ถ้วน สนใจและคิดอย่างเป็นระบบ

1.3 การค้นหาแหล่งข้อมูล ใช้แหล่งข้อมูลหลายแห่งมารวมกัน

1.4 การแสวงหาความรู้โดยการสัมภาษณ์ หรือส่งแบบสอบถาม

1.5 การกำหนดปัญหา

1.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการบันทึกเป็นตารางหรือจำแนกเป็นรายการต่างๆ

1.7 การหาคำตอบของปัญหา โดยทำการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลองแล้วสรุปผล

## 2. ทักษะในการรวบรวมประสบการณ์ ( Organizational Skills )

- 2.1 การรายงานข้อมูลอย่างมีระบบและสมบูรณ์
- 2.2 การเปรียบเทียบความเหมือนกันของสิ่งที่สังเกตได้
- 2.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของสิ่งที่สังเกตได้
- 2.4 การจำแนกข้อมูลเป็นหมวดหมู่
- 2.5 การเรียงลำดับข้อมูลที่จัดไว้เป็นหมวดหมู่โดยแสดงเป็นลำดับ
- 2.6 การกำหนดเค้าโครงออกเป็นหัวข้อใหญ่และหัวข้อย่อย
- 2.7 การแสดงหัวข้อที่สำคัญและความสัมพันธ์ของข้อมูล
- 2.8 การประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข
- 2.9 การวิเคราะห์และนำผลไปใช้

## 3. ทักษะในการสร้างสรรค์ ( Creative Skills )

- 3.1 การวางแผนล่วงหน้าโดยเล็งเห็นผลที่จะเป็นไปได้และรวมถึงการตั้งสมมติฐาน
- 3.2 การกำหนดปัญหาใหม่ วิธีการใหม่ เครื่องมือใหม่และระบบใหม่
- 3.3 การค้นหาเทคนิควิธีการต่างๆ
- 3.4 การสังเคราะห์โดยการนำสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่

## 4. ทักษะในการใช้เครื่องมือ ( Manipulative Skills )

- 4.1 การรู้จักส่วนต่างๆ ของเครื่องมือ วิธีการทำงาน การปรับเครื่องมือให้เหมาะสมและข้อจำกัดของงาน
- 4.2 การดูแลรักษาเครื่องมือให้อยู่ในสภาพดี โดยการเก็บและใช้อย่างเหมาะสม
- 4.3 การสาธิตแสดงส่วนต่างๆ หน้าที่และการทำงานของเครื่องมือ
- 4.4 การนำเครื่องมือมาใช้ในการทดลอง การวางแผนใช้เครื่องมือ การรวบรวมข้อมูล การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลที่ได้จากการใช้เครื่องมือต่างๆ
- 4.5 การซ่อมแซมเครื่องมือ
- 4.6 การสร้างเครื่องมืออย่างง่าย
- 4.7 การวัดโดยใช้เครื่องมือต่างๆ เช่นเทอร์โมมิเตอร์ ตาชั่ง เป็นต้น

## 5. ทักษะในการสื่อความหมาย ( Communication Skills )

- 5.1 การตั้งคำถาม รู้จักเลือกใช้คำถามที่ดี เป็นคำถามที่ส่งเสริมให้ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง
- 5.2 การอภิปราย รู้จักใช้ความคิดของตนเองและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น อภิปรายเรื่องที่ตรงประเด็น
- 5.3 การอภิปรายเน้นสาระสำคัญให้ชัดเจน
- 5.4 การรายงานด้วยปากเปล่าต่อชั้นเรียนหรือครู โดยเน้นเนื้อหาที่สำคัญของสาระทางวิทยาศาสตร์

5.5 การเขียนรายงานการทดลอง หรือการสาธิต เพื่อชี้แจงวิธีการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลที่ได้

5.6 การพิจารณาสร้างสรรค์เพื่อประเมินค่าจากผลที่ได้

5.7 การเขียนกราฟแสดงผลการทดลองและแปลความหมายจากกราฟ

5.8 สามารถถ่ายทอดความรู้ที่ได้แก่เพื่อนร่วมชั้นเรียน

คลอปเฟอร์ ( Klopfer. 1971 : 568 – 573 ) ได้จัดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ทักษะ คือ

1. ทักษะการสังเกตและการวัด ( Observing and Measuring )
2. ทักษะการมองเห็นปัญหาและวิธีการหาคำตอบ ( Seeing a problem and Seeking Ways to Solve it )
3. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการสรุป ( Interpreting Data and foemulating Generalizations )
4. ทักษะการสร้างทฤษฎี การตรวจสอบและการปรับปรุงทฤษฎีที่สร้างขึ้น ( Building , Testing and Revising a Theoretical Model )

โอเคย์ และฟิล ( Okey and Field. 1973 : 1 – 10 ) ได้จัดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ไว้ 10 ทักษะ คือ

1. ทักษะการกำหนดตัวแปร ( Identifying Variables )
2. ทักษะการสร้างตารางเสนอข้อมูล ( Constructing a Table of data )
3. ทักษะการเขียนกราฟ ( Constructing a Graph )
4. ทักษะการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร ( Describing Relationship between Variables )
5. ทักษะการรวบรวมและจัดกระทำข้อมูล ( Acquiring and processing Your Own Data )
6. ทักษะการวิเคราะห์กระบวนการทดลอง ( Analyzing Investigations )
7. ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( Constructing Hypothesis )
8. ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ ( Defining Variables Operationally )
9. ทักษะการออกแบบการทดลอง ( Designing Investigations )
- 10 ทักษะการดำเนินการทดลอง ( Experimenting )

มาร์แชลล์ และ เฮลส์ ( Marshall and Hales . 1971 : 105 ) ได้จัดประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 ประเภท 17 ทักษะ คือ

1. ความคิดริเริ่ม ( Initiation )

- 1.1 การกำหนดขอบเขตของปัญหา
- 1.2 การหาข้อมูลขั้นต้น
- 1.3 การทำนาย
- 1.4 การตั้งสมมติฐาน
- 1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการทดลอง
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล ( Collection of Data )
  - 2.1 การปฏิบัติ
  - 2.2 การสังเกต
3. การจัดกระทำกับข้อมูล ( Processing of Data )
  - 3.1 การจัดข้อมูล
  - 3.2 การแสดงข้อมูลโดยกราฟ
  - 3.3 การจัดกระทำข้อมูลในทางคณิตศาสตร์
4. การสร้างมโนทัศน์จากข้อมูล ( Conceptualization of Data )
  - 4.1 การตีความหมายข้อมูล
  - 4.2 การสร้างนิยามเชิงปฏิบัติการ
  - 4.3 การแสดงข้อมูลในรูปของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์
  - 4.4 การเชื่อมโยงข้อค้นพบใหม่กับทฤษฎีที่มีอยู่
5. ปลายเปิด ( Open end )
  - 5.1 ค้นหาหลักฐานต่อไป
  - 5.2 การระบุปัญหาใหม่เพื่อสืบสอบความรู้
  - 5.3 การนำความรู้ที่ค้นพบไปประยุกต์ใช้

อันสตรอม และโลเวอร์รี (Lunstrom and Lowery. 1978 : 209-210) ได้จัดประเภทของ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 10 ทักษะ คือ

1. ทักษะการสังเกตและการบรรยาย (Observation and Description)
2. ทักษะการเปรียบเทียบ (Comparison)
3. ทักษะการจำแนก (Classification)
4. ทักษะการใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Techniques)
5. ทักษะการปฏิบัติการทดลอง (Experimentation)
6. ทักษะการสรุปอ้างอิง (Inferences)
7. ทักษะการแสดงความหมาย (Implications)
8. ทักษะการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน (Verification in Independent Study)
9. ทักษะการศึกษาอย่างลึกซึ้ง (Depth Study)

# 10. ทักษะการใช้เครื่องมือและความสามารถเฉพาะ (Instrumentation and Other Specialization)

ดูเรน (Duren. 1978 : 20) กล่าวว่า สำนักประเมินผลการศึกษาเพื่อความก้าวหน้าแห่งชาติ (The National Assessment of Education Progress : NAEP , 1978) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 13 ทักษะ คือ

1. ทักษะการให้คำนิยามทางวิทยาศาสตร์ (Define a Sciengific Problem)
2. ทักษะการเสนอแนะหรือรู้สมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ ( Suggest or Recognize a Scientific Hypothesis)
3. ทักษะการเสนอหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในด้านเหตุผลและการปฏิบัติ (Propose or Select Validating Procedures)
4. ทักษะการเก็บข้อมูล (Obtain Requisite Data)
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูล (Interpret Data)
6. ทักษะการตรวจสอบความถูกต้องอย่างมีเหตุผลของสมมติฐานกับกฎ ข้อเท็จจริง การสังเกต หรือการทดลอง (Check the Logical Consistency of Hypothesis with Relevant Laws, Fact , Observations or Experimemts)
7. ทักษะการให้เหตุผลทางด้านปริมาณและสัญลักษณ์ (Reason Quantitative and Symbolically)
8. ทักษะการจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริง สมมติฐาน และความคิดเห็น สิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งไม่เกี่ยวข้องและรูปแบบจากการสังเกต(Distinguish Between Fact, Hypothesis and Opinions the Relevant from the Irrelevant and the Model from the Observations)
9. ทักษะการวิเคราะห์และวิจารณ์เอกสารทางวิทยาศาสตร์ (Read Scientific Materials Critically)
10. ทักษะการใช้กฎและหลักการทางวิทยาศาสตร์ทั้งในสถานที่คุ้นเคย และไม่คุ้นเคย (Employ Scientific Laws and Principtes in familiar and Unfamiliar and Unfamiliar Situations)
11. ทักษะการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง ( Literature Search )
12. ทักษะการสร้างความสัมพันธ์กับทฤษฎี ( Relating to theory )
13. ทักษะการลงข้อสรุป ( Drawing Conclusion )

จากแนวคิดการจัดประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้จัดแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท 13 ทักษะตามการจัดแบ่งของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( สสวท. ) คือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ( Basic Science Process Skills ) เป็นทักษะกระบวนการที่ผู้เรียนควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญเป็นพื้นฐาน ก่อนที่จะไปฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย 8 ทักษะ คือ

1.1 ทักษะการสังเกต ( Observing )

1.2 ทักษะการจำแนกประเภท ( Classifying )

1.3 ทักษะการวัด ( Measuring )

1.4 ทักษะการคำนวณ ( Using Numbers )

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา ( Space/Space and Space/Time Relationships )

1.6 ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย ( Organizing Data and Communicating )

1.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ( Infering )

1.8 ทักษะการพยากรณ์ ( Predicting )

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ ( Integrated Science Process Skills)เป็นทักษะกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานที่จะต้องมีความชำนาญ จึงจะทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 5 ทักษะ คือ

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( Formulating Hypothesis )

2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ( Defining Operationally )

2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ( Identifying and Controlling Variables )

2.4 ทักษะการทดลอง ( Experimenting )

2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ( Interpreting Data and Making Conclusion )

### 1.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

#### 1.3.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( Formulating Hypothesis )

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้หลายท่านดังนี้

ปรีชา ชูวงศ์ศิริและคณะ ( 2525 : 349 ) ให้ความหมายว่าความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายเป็นคำตอบล่วงหน้า ก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงของเรื่องนั้นๆ ต่อไป ตัวสมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่เชื่อถือได้ว่า จะเกิดขึ้น

ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม กฎ หลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องข้อความใดจะจัดว่าเป็นสมมติฐานก็ต่อเมื่อ ข้อความนั้นอ้างถึงข้อเท็จจริง ที่ยังไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน สามารถตรวจสอบโดยการทดลอง ได้ และแก้ไขเมื่อมีความรู้ใหม่

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS. 1970) ให้ความหมายของ ทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า “เป็นความสามารถในการคาดการณ์ว่าตัวแปรต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์ กันอย่างไรเป็นการลงข้อสรุปของคำอธิบาย โดยอาศัยการสังเกตหรือการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน”

กูด (Good.1973:289) ให้ความหมายของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า “เป็นความสามารถ ในการคาดคะเนคำตอบเกี่ยวกับการแก้ปัญหา หรือกฎทั่วไปที่จะอธิบายองค์ประกอบต่าง ๆ”

จากความหมายหรือแนวคิดดังกล่าว พอสรุปได้ว่าทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึงการ คิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้หรือประสบการณ์เดิม เป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดหาล่วงหน้านี้อย่างไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบ ที่คิดไว้ล่วงหน้า มักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ กับตัวแปรตาม

สมมติฐานที่ตั้งขึ้น เพื่อกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลองอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อสนับสนุนสมมติฐานหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ในสถานการณ์การทดลองหนึ่งอาจมี 1 สมมติฐานหรือหลายสมมติฐานก็ได้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึง ในการตั้งสมมติฐาน คือ การบอกชื่อตัวแปร ซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตาม และในการตั้งสมมติฐาน ต้องทราบตัวแปรจากปัญหาและสภาพแวดล้อมของตัวแปรนั้น สมมติฐานที่ตั้งขึ้นสามารถบอก ให้ทราบถึงการออกแบบการทดลอง ซึ่งต้องทราบว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุม นอกจากนี้การตั้งสมมติฐาน ควรตั้งให้ครอบคลุมประเด็นต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหาให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

จากพฤติกรรมหรือความสามารถดังกล่าว ผู้วิจัยขอสรุปความสามารถของผู้ที่แสดงว่า เกิดทักษะนี้ คือ

1. หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์ เดิมได้

2. สร้างหรือแสดงให้เห็นวิธีที่จะทดสอบสมมติฐานได้

3. แยกแยะการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกันได้ คำถามที่นำไปสู่ทักษะการตั้งสมมติฐาน

1. ถ้าเปลี่ยนน้ำหนักถ่วงที่มีของหนูน้อยนักกายกรรม ผลการทดลองที่ได้จะ เปลี่ยนแปลงหรือไม่

2. ถ้านำปลายแหลมของตุ๊กตาตามทีประกอบแล้ว ( แต่ไม่มีขา ) วางไว้บนแท่น นักเรียน คิดว่าตุ๊กตาขาตัวนี้จะยืนได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

### 3. ไก่ที่กินหนอนกับไก่ที่กินข้าวจะเจริญเติบโตต่างกันอย่างไร

#### 1.3.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

( Defining Operationally )

จากการศึกษาค้นคว้าได้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการไว้หลายท่านดังนี้

ทบวงมหาวิทยาลัย ( 2525 : 78 ) กล่าวว่า คำนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่ายๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่สังเกต หรือระบุการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบ หรือการทดลอง

พิศาล สร้อยธูหฺร่า ( 2525 : 228 ) กล่าวว่า การกำหนดข้อความ เพื่อสื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์ถ้ากำหนดในเชิงที่ผู้ที่เราต้องการจะติดต่อด้วยสามารถปฏิบัติตามได้ ตรวจสอบได้ก็จะช่วยสื่อความหมายให้เป็นที่เข้าใจตรงกัน และเป็นประโยชน์ในการที่จะทำการทดลองหรือตรวจสอบได้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ( AAAS . 1970 ) ให้ความหมายของการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการว่า “ เป็นการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตได้หรือวัดได้”

กูต ( Good .1973 :168,398 ) ให้ความหมายของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการไว้ว่า “เป็นความสามารถในการให้ความหมายหรือความสำคัญของคำ แนวคิดหรือปัญหาในลักษณะที่สังเกต วัด หรือนำมาปฏิบัติได้ “

จากแนวคิดและความหมายของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการดังกล่าว สรุปได้ว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการหมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้ โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลอง และบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

นิยามเชิงปฏิบัติการ มีสาระสำคัญ 2 ประการคือ

1. ระบุสิ่งที่สังเกต
  2. ระบุการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบ หรือการทดลอง
- สิ่งที่ควรคำนึงในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ มีดังนี้
- 1.ควรใช้ภาษาที่ชัดเจนไม่กำกวม
  2. อธิบายสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำไว้ด้วย
  3. อาจมีนิยามเชิงปฏิบัติการมากกว่า 1 นิยามก็ได้ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์

สิ่งแวดล้อม และเนื้อหาในบทเรียน

จากพฤติกรรมหรือความสามารถดังกล่าว ผู้วิจัยขอสรุปความสามารถของผู้ที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว คือ

1. กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปร ให้สามารถทดสอบหรือวัดได้
  2. แยกนิยามเชิงปฏิบัติการออกจากนิยามที่ไม่ใช่นิยามเชิงปฏิบัติการได้
  3. สามารถบ่งชี้ตัวแปรหรือคำที่ต้องการใช้ในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการได้
- คำถามที่นำไปสู่ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและนิยามทั่วไป เช่น

ข้อที่ 1

ก. ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ช่วยให้ไฟติดเมื่อนำก้านไม้ขีดที่เหลือแต่ถ่านแดงๆ หย่อนลงไปในห้องทดลองที่มีก๊าซออกซิเจนอยู่ก้านไม้ขีดไฟจะลุกเป็นเปลวไฟ

ข. ออกซิเจนเป็นธาตุที่มีเลขอะตอม 8 และน้ำหนักอะตอม 6

จากตัวอย่างข้อ 1 ก. จัดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติการ เนื่องจากสามารถสังเกตและระบุสถานการณ์ที่สามารถทดสอบได้ ส่วนตัวอย่าง ข้อ 1 ข. จัดเป็นนิยามทั่วไปเนื่องจากไม่สามารถสังเกตและทดสอบได้ถึงแม้จะเข้าใจตรงกัน

ข้อที่ 2.

ก. การสมดุลของวัตถุหมายถึงเมื่อมีแรงหลายแรงมากระทำต่อวัตถุก่อนเดียวกัน วัตถุจะไม่มี การเลื่อนตำแหน่งหรือเลื่อนตำแหน่งด้วยความเร็วคงที่และไม่เกิดการหมุน

ข. การสมดุลของวัตถุ เป็นการสมดุลทั้งการเลื่อนตำแหน่ง และการสมดุลต่อการหมุน

จากตัวอย่าง ข้อ 2 ก. จัดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติการ เนื่องจากระบุการกระทำ เมื่อมีแรงหลายแรงมากระทำต่อวัตถุและระบุสิ่งที่สังเกตได้คือวัตถุจะไม่มี การเลื่อนตำแหน่งหรือเลื่อนตำแหน่งด้วยความเร็วคงที่และไม่เกิดการหมุน ส่วนตัวอย่าง ข้อ 2 ข. จัดเป็นนิยามทั่วไปเนื่องจากระบุสิ่งที่สังเกตได้เพียงอย่างเดียวแต่ไม่ระบุการกระทำ

ข้อที่ 3

ก. คาร์บอนไดออกไซด์หมายถึงก๊าซชนิดหนึ่งที่มีสมบัติที่ไม่ช่วยให้ไฟติดถ้าจุดไฟ แหย่ลงไปในห้องทดลองที่มีก๊าซนี้อยู่ไฟจะดับอย่างรวดเร็ว

ข. คาร์บอนไดออกไซด์ หมายถึงสารประกอบชนิดหนึ่งซึ่งแต่ละโมเลกุลของ คาร์บอนไดออกไซด์ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน 1 อะตอม และธาตุออกซิเจน 2 อะตอม

จากตัวอย่างข้อ 3 ก. จัดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติการเพราะระบุการกระทำ ( จุดไฟแหย่ลงไปในห้องทดลอง ) และระบุสิ่งที่สังเกตได้คือ ไฟจะดับอย่างรวดเร็ว ส่วน ข้อ 3 ข จัดเป็นนิยามทั่วไปเพราะไม่สามารถสังเกตหรือทดสอบได้

### 1.3.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร ( Identifying and Controlling Variables )

จากการศึกษาค้นคว้า ได้มี นักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะการกำหนดและ ควบคุมตัวแปรไว้หลายท่านดังนี้

ภพ เลหาไพบุลย์ ( 2537 : 27 ) กล่าวว่าทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึงการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม ในสมมติฐานหนึ่งการควบคุม

ตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่า ไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ( AAAS. 1970 ) ให้ความหมายของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรว่าเป็นความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

กูต( Good. 1973 : 638 ) กล่าวว่าตัวแปรหมายถึงลักษณะที่เปลี่ยนแปลงจากเงื่อนไขหนึ่งไปสู่อีกเงื่อนไขหนึ่ง

ประเภทของตัวแปร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( 2534 : 56 ) ได้แบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. ตัวแปรต้นคือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองว่า เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

2. ตัวแปรตาม คือสิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตาม หรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

3. ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่นๆนอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิเช่นนั้น อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

การกำหนดตัวแปรหมายถึงการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

จากความหมายและประเภทของตัวแปรดังกล่าว ผู้วิจัยขอสรุปความหมายของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ประเภทของตัวแปร และตัวอย่างการกำหนดตัวแปรดังนี้

1. ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ( Independent Variable ) คือสิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

2. ตัวแปรตาม ( Dependent Variable ) คือสิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนแปลงไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

3. ตัวแปรที่ต้องควบคุม ( Conttrolled Variable ) คือสิ่งอื่นๆนอกเหนือจากตัวแปรต้น ที่มีผลต่อการทดลองด้วยซึ่งต้องควบคุมให้เหมือนกันมิฉะนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

การควบคุมตัวแปรหมายถึงการควบคุมตัวแปรอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นซึ่งจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

การกำหนดตัวแปร หมายถึงการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

พฤติกรรมของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( 2534 : 56 ) ได้กำหนด  
พฤติกรรมหรือความสามารถที่แสดงว่า เกิดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ

“ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้ “

จากพฤติกรรมดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงขอสรุปพฤติกรรม ที่แสดงว่าเกิดทักษะการกำหนด  
และควบคุมตัวแปรคือ

1. ชี้บ่งตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม หรือสมบัติทางกายภาพหรือชีวภาพ  
ของระบบได้

2. บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุมได้

3. สร้างวิธีการทดลอง หาผลที่เกิดจากตัวแปรต้นหนึ่งตัวหรือหลายตัวได้

4. บ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดที่ไม่ได้รับการควบคุมให้คงที่ในการทดลอง ถึงแม้ว่า ตัวแปร  
เหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปในแบบเดียวกันในทุกๆกรณี

5. บอกได้ว่าสภาพการณ์อย่างไรที่ทำให้ตัวแปรมีความคงที่ และสภาพการณ์อย่างไรไม่ทำให้  
ค่าตัวแปรคงที่

คำถามที่นำไปสู่ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรเช่น ในการทดลองเพื่อทดสอบ  
สมมติฐานว่า “ มุมของปลายรางมีผลต่อระยะตกของลูกปืน “ ในการทดลองนี้

1. จะต้องจัดอะไรให้ต่างกัน ( ถามให้ชี้บ่งตัวแปรต้น )

2. เมื่อจัดสถานการณ์ดังนี้แล้วสิ่งที่เราจะต้องติดตามดูคืออะไร

( ถามให้ชี้บ่งตัวแปรตาม )

3. จะต้องจัดอะไรให้เหมือนกันบ้าง ( ถามให้ชี้บ่งตัวแปรที่ต้องควบคุม )

### 1.3.4 ทักษะการทดลอง ( Experimenting )

จากการศึกษาค้นคว้า ได้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของ ทักษะการทดลองไว้  
หลายท่าน ดังนี้

พิศาล สร้อยธุระ ( 2525 : 293 ) กล่าวว่า การทดลองเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างหนึ่ง  
ในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้สามารถตรวจสอบได้ว่า สมมติฐานที่ตั้งขึ้นมานั้น  
ยอมรับได้หรือไม่เพียงใดซึ่งเป็นการช่วยให้ได้คำตอบที่แท้จริงของปัญหาที่เขาประสบ ถ้าปราศจาก  
การทดลองอาจทำให้ปัญหาของนักวิทยาศาสตร์ บางปัญหาไม่สามารถจะหาคำตอบที่แท้จริงได้  
กล่าวคือ เป็นเพียงสมมติฐานที่ขาดการตรวจสอบนั่นเอง

สุวัณท์ นิยมคำ ( 2531 : 246 ) กล่าวว่า การทดลองคือการสร้างสถานการณ์จำลองขึ้นมา  
อย่างหนึ่งเพื่อจะได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่างๆ ไว้แล้ว เพื่อจะได้ตรวจสอบ  
ซ้ำได้อีก การทดลองมีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบสมมติฐาน รูปแบบหรือโมเดลที่ยังสงสัยอยู่ โดย  
การกระทำ ให้วัตถุหรือเหตุการณ์เกิดการเปลี่ยนแปลง แล้วนำผลมาเปรียบเทียบ การทดลอง

ต้องประกอบด้วยกิจกรรม 2 ตอน คือ กิจกรรมภาคออกแบบการทดลอง กับกิจกรรมภาคปฏิบัติการทดลอง

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ( AAAS.1970 ) ให้ความหมายของทักษะการทดลองว่า “เป็นความสามารถในการจัดกระบวนการปฏิบัติทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากแนวคิดและความหมายของทักษะการทดลองผู้วิจัยขอสรุปว่าหมายถึง ความสามารถจัดกระบวนการปฏิบัติการทดลองเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือเพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัยในสิ่งที่อยากจะรู้คำตอบ การทดลองเป็นการนำเอาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายๆ อย่างมาใช้ในการหาคำตอบ และแบ่งประเภทของการทดลองออกเป็น 3 ประเภท

1. การทดลองแบบไม่แบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ เป็นการทดลองเพียงกลุ่มเดียวโดยไม่ต้องใช้กลุ่มเปรียบเทียบหรือทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ จากกลุ่มทดลองนี้โดยไม่ต้องตั้งสมมติฐานลักษณะของการทดลองมีตั้งแต่การทดลองง่าย ๆ ไปจนถึงการทดลองที่มีแบบแผน นั่นคือ มีการทดลองบางอย่างไม่จำเป็นต้องแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ คือ มีกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก็สามารถสรุปผลการทดลองได้ เช่น การหาจุดเดือดของน้ำ

2. การทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ เป็นการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่าง 2 กลุ่มนี้ กลุ่มหนึ่งเรียกว่า “ กลุ่มทดลอง “ อีกกลุ่มหนึ่งเรียกว่า “ กลุ่มควบคุม “ ทั้ง 2 กลุ่ม จะกำหนดตัวแปรให้แตกต่างกันส่วนตัวแปรที่ต้องควบคุมจะต้องกำหนดหรือจัดให้มีคุณสมบัติ หรือสิ่งแวดล้อมเหมือนกันทุกประการ แล้วติดตามดูผลการทดลองของตัวแปรต้น ซึ่งเราเรียกว่า “ ตัวแปรตาม “ จากสมมติฐานว่า “ หนูที่กินอาหาร ที่มีโปรตีน จะเจริญเติบโตต่างจากหนูที่กินอาหารที่ไม่มีโปรตีน”

ตัวแปรต้น ได้แก่ อาหารที่มีโปรตีนกับอาหารที่ไม่มีโปรตีน

ตัวแปรตาม ได้แก่ การเจริญเติบโตของหนู

ตัวแปรที่ต้องควบคุมได้แก่

1. ชนิดและขนาดของหนู
2. อายุและเพศของหนู
3. ปริมาณอาหารและน้ำ
4. สถานที่เลี้ยงหนู
5. เวลาการให้อาหาร เป็นต้น

3. การทดลองแบบลองผิดลองถูก เป็นการทดลองที่ผู้ทดลองไม่มีหลักเกณฑ์ หรือวิธีทดลองที่แน่นอนชัดเจนในการหาคำตอบของปัญหา หรือบางปัญหาไม่สามารถทำการทดลองอย่างมีระบบได้ ก็จะใช้วิธีลองผิดลองถูกหรือลองทำปรับปรุงแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลง จนกว่าจะได้คำตอบหรือมองเห็นวิธีการที่ถูกต้อง การทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในสมัยแรก ๆ มักจะเป็นการทดลอง

แบบลองผิดลองถูกเนื่องจากบางครั้งมีความจำเป็นเพราะบางปัญหาไม่รู้จะตั้งสมมติฐานอย่างไร ออกแบบการสอนอย่างไร หรือทำการทดลองอย่างมีแบบแผนอย่างไร

องค์ประกอบของการทดลอง

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ ( 2532 : VII ) ได้จำแนกองค์ประกอบของการทดลองออกเป็น 3 ชั้น คือ

1. การออกแบบการทดลองหมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดสอบจริง
2. การปฏิบัติการทดลองหมายถึง การลงมือปฏิบัติจริง และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
3. การบันทึกผลการทดลองหมายถึงการจดบันทึกข้อมูลที่ได้ จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัดและอื่น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง การบันทึกผลการทดลองอาจอยู่ในรูปตารางหรือการเขียนกราฟ ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงค่าของตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระบนแกนนอนและค่าของตัวแปรตามบนแกนตั้ง โดยเฉพาะในแต่ละแกนต้องใช้สเกลที่เหมาะสมพร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของค่าของตัวแปรทั้งสองบนกราฟด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( 2526 :80 ) จำแนกองค์ประกอบของการทดลองออกเป็น 3 ชั้น คือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนด
  - 1.1 วิธีการทดลอง ( ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร )
  - 1.2 อุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ
3. การบันทึกผลการทดลองหมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัดและอื่น ๆ

จากการจำแนกองค์ประกอบ ของการทดลองดังกล่าวผู้วิจัย ขอสรุปการจำแนกองค์ประกอบของการทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ชั้นคือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองเพื่อกำหนด
  - วิธีการทดลอง ( ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร )
  - อุปกรณ์ และ/ หรือสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง
2. ปฏิบัติการทดลอง หมายถึงการลงมือปฏิบัติการทดลองจริงและใช้อุปกรณ์อย่างถูกต้องเหมาะสม
3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง

ในการทดลองแต่ละครั้งจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง คือสามารถที่จะบอกชนิดของตัวแปร ในการทดลองว่าตัวแปรนั้นเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามหรือตัวแปรที่ถูกควบคุม ในการทดลองหนึ่งๆ จะต้องมิตัวแปรหนึ่งเท่านั้นที่มีผลต่อการทดลองและให้แน่ใจว่าผลที่เกิดจากตัวแปรนั้นจริงๆ จำเป็นต้องควบคุมตัวแปรอื่นไม่ให้มีผลต่อการทดลอง ซึ่งเรียกตัวแปรนี้ว่าตัวแปรที่ถูกควบคุม

พฤติกรรมของทักษะการทดลอง

สถาบันการส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526 : 80) กำหนดพฤติกรรมหรือความสามารถที่แสดงว่า เกิดทักษะการทดลอง คือ

1. ออกแบบการทดลอง โดย

1.1 กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึง

ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม

1.2 ระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลองได้

2. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

3. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

คำถามที่นำไปสู่ทักษะการทดลอง เช่น

1. จากสมมติฐานว่า “มุมของปลายรางมีผลต่อระยะที่ตกของลูกปิง”

1.1 นักเรียนมีวิธีทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานข้อนี้ได้อย่างไร

1.2 การทดลองนี้ต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง

2. การอ่านอุณหภูมิในของเหลวทำอย่างไร

3. ขณะเผาสารในหลอดทดลองต้องทำ อย่างไรบ้าง

จากพฤติกรรมหรือความสามารถดังกล่าว ผู้วิจัยขอสรุปความสามารถของผู้ที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว คือ

1. กำหนดวิธีการทดลองได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับสมมติฐานโดย

คำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุม

2. ระบุวัสดุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง

3. ปฏิบัติการทดลอง และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องคล่องแคล่ว

4. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

5. จัดกระทำข้อมูลที่สังเกตได้และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการเสนอข้อมูล

6. สามารถเขียนรายงานผลการทดลอง รวมทั้งอภิปรายผลว่าข้อมูลต่างๆที่ได้มานั้นสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่

คำถามที่นำไปสู่ทักษะการทดลองเช่น

1. จากสมมติฐานที่ว่า”ระยะที่ปล่อยลูกบอลสู่พื้นดินมากขึ้นลูกบอลยิ่งกระดอน

จากพื้นดินสูงขึ้น”

- 1.1 นักเรียนคิดว่าจะทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานข้อนี้ได้ได้อย่างไร
- 1.2 ในการทดลองนี้ต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง
2. ต้องใช้ไม้หนีบจับหลอดทดลองตรงไหน
3. ขณะเผาสารในหลอดทดลองจะต้องทำอย่างไร
4. ตักสารเคมีออกจากขวดแล้วต้องทำอย่างไร

### 1.3.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

( Interpreting Data and Making Conclusions )

จากการศึกษาค้นคว้า ได้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้หลายท่านดังนี้

พิศาล สร้อยรุห์ ( 2525 : 211 ) กล่าวว่า การนำข้อมูลไปใช้ในการอ้างอิง ในการอธิบายหรือเพื่อจุดประสงค์ใดก็ตามไม่ว่าจะนำไปใช้ทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน ผู้นำข้อมูลไปใช้จำเป็นต้องตีความหมายข้อมูลดังกล่าวให้อยู่ในรูปภาษาพูดหรือภาษาเขียนที่สามารถสื่อความหมายกับคนทั่วไปได้โดยเป็นที่เข้าใจตรงกันการกระทำเช่นนี้เรียกว่าการตีความหมายข้อมูล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2534 :58 – 59 )ให้ความหมายของทักษะการการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปว่า

ทักษะการตีความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น

ทักษะการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ( AAAS.1970 ) ได้ให้ความหมายของทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่

กูต (Good . 1973 : 313 ,125 ) กล่าวว่า ทักษะการตีความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายหรืออธิบายลักษณะของข้อมูล ส่วนทักษะการลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดหรือการตัดสินใจขั้นสุดท้าย

จากแนวคิดและความหมายของทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ผู้วิจัยจึงขอสรุปความหมายและตัวอย่างประกอบคือ

ทักษะการตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่นๆเช่น การสังเกต การคำนวณ เป็นต้น

การลงข้อสรุปหมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการ การลงข้อสรุปจะเกี่ยวข้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของสัญลักษณ์ ตาราง รูปภาพหรือกราฟ ฯลฯ ที่รวบรวมรายละเอียดต่างๆ ของข้อมูลไว้อย่างครบถ้วนและกะทัดรัด สะดวกต่อการนำไปใช้และการนำเอาข้อมูลไปใช้จำเป็นต้องตีความหมายข้อมูลดังกล่าว ให้อยู่ในรูปของภาษาพูดหรือภาษาเขียนที่สื่อความหมายกับคนทั่ว ๆ ไปได้โดยเป็นที่เข้าใจตรงกัน ประเภทหรือลักษณะของการลงข้อสรุป

หลังจากตีความหมายข้อมูลแล้วขั้นต่อไปก็คือการลงข้อสรุปวิธีการลงข้อสรุปที่ง่ายที่สุดคือการมองย้อนไปดูปัญหาหรือสมมติฐานก่อน แล้วจึงพิจารณาดูว่าเมื่อรวบรวมเอาความหมาย จากข้อมูลที่ได้มาเข้าด้วยกันแล้ว ตอบรับหรือปฏิเสธสมมติฐานนั้น อย่างไรก็ตามข้อสรุปที่ได้นี้ต้องครอบคลุมความหมายที่ดีความได้จากข้อมูลทั้งหมด ข้อความที่ดีความหมายได้ทุกประเด็นจะต้องไม่ขัดแย้งกับการลงข้อสรุป

แอนเดอร์สัน ( Anderson. 1978 : 43 ) ได้จำแนกประเภทของการลงข้อสรุป ไว้ 5

ประเภท คือ

1. การลงข้อสรุปรวมทั่วไป เพื่อหาหน้าที่เฉพาะของหน่วยใดหน่วยหนึ่งในระบบอันหนึ่ง
2. การลงข้อสรุปรวมทั่วไป เพื่อหากระบวนการทำงาน และรูปของลักษณะของ

ระบบอันหนึ่ง

3. การลงข้อสรุปรวมทั่วไป เพื่อหาการจัดประเภทใหม่ของสิ่งต่างๆ
4. การลงข้อสรุปรวมทั่วไป เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ
5. การลงข้อสรุปรวมทั่วไป เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลต่อกัน

จากแนวคิดและความหมายของทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ผู้วิจัย

จึงขอกำหนดความหมายของทักษะการตีความหมายข้อมูลโดยแบ่งเป็น 3 ข้อคือ

1. การตีความหมายข้อมูลจากกราฟ มีรายละเอียดดังนี้
  - ควรให้รายละเอียดที่ชัดเจน และเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์
  - รายละเอียดของข้อมูลจากกราฟบางส่วนอาจแปลให้มาอยู่ในรูป

ของตารางเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น

- ผลที่ได้จากการตีความหมายข้อมูลนำไปสู่การลงความเห็นได้

2. การตีความหมายข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

3. การตีความหมายของข้อมูลจากแผนภาพหรือรูปภาพ

พฤติกรรมของทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( 2534 : 59 ) ได้กำหนดพฤติกรรมหรือความสามารถผู้ที่แสดงว่า เกิดทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป คือ

1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมมติฐานของข้อมูลที่มีอยู่ได้

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

จากพฤติกรรมหรือความสามารถดังกล่าว ผู้วิจัยขอสรุปความสามารถของผู้ที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว คือ

1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ได้

2. อธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้

3. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้ เช่นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบนกราฟถ้ากราฟเป็นเส้นตรงก็สามารถอธิบายได้ว่า เกิดอะไรขึ้นกับตัวแปรตามขณะที่ตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลง หรือถ้าลากเส้นกราฟเป็นเส้นโค้งให้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรก่อนที่กราฟเส้นโค้งจะเปลี่ยนทิศทาง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังจากที่กราฟเส้นโค้งเปลี่ยนทิศทางแล้ว

คำถามที่นำไปสู่ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเช่น

1. สายสมรทดลองกิจกรรมชุดกลิ้งหกละเมนและได้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 1 ผลการทดลองกิจกรรมชุดกลิ้งหกละเมน

| ลูกกลิ้งลูกที่ | ลักษณะของลูกกลิ้ง     | ผลการทดลอง                              |
|----------------|-----------------------|-----------------------------------------|
| 1              | มีลูกแก้ว             | กลิ้งไปตามราง                           |
| 2              | มีลูกแก้วยึดติดกับฐาน | ไม่กลิ้งไปตามราง                        |
| 3              | ไม่มีลูกแก้ว          | ถ้าวางตั้งจะกลิ้งแต่ถ้าวางนอนจะไม่กลิ้ง |
| 4              | มีลูกแก้ว             | กลิ้งไปตามรางแต่วิ่ง                    |

จะสรุปข้อมูลเกี่ยวกับการกลิ้งของลูกกลิ้งได้อย่างไร

จากข้อมูลลักษณะของลูกกลิ้งมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่อย่างไร

จากพฤติกรรมหรือความสามารถดังกล่าวผู้วิจัยขอกำหนดความสามารถของผู้ที่แสดงว่าเกิดทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุปคือ

1. แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่และลงข้อสรุปได้

จากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ทักษะนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำพฤติกรรมที่ได้แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในด้านต่าง ๆ มาหาสหสัมพันธ์คาโนนิคัลกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

## 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดเป็นกระบวนการในสมองของมนุษย์ซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นได้ แต่จะทราบถึงความคิดของบุคคลนั้นๆ ได้โดยกระบวนการตอบสนองภายนอกที่เกิดขึ้น เช่น การแสดงพฤติกรรมต่างๆ ที่ออกมาจากความคิดที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลนั้น ดังนั้นจึงถือว่าการคิดเป็นสิ่งสำคัญสำหรับมนุษย์ทุกคนเป็นอย่างมาก เพื่อเป็นแนวคิดการนำไปสู่การปฏิบัติการต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน และการดำรงชีวิตในสังคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งสังคมปัจจุบันในยุคของเทคโนโลยีสารสนเทศ มนุษย์ทุกคนจะต้องมีการคิดวิเคราะห์ต่อข้อมูลข่าวสาร สามารถแยกข้อเท็จจริงได้ การคิดนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ (Hilgard. 1962 : 121-125) คือ แบบที่ 1 การคิดอย่างไม่มีจุดมุ่งหมาย (Association thinking) เป็นการคิดที่ไม่ได้ตั้งใจจะคิดหรือไม่มีจุดมุ่งหมายในการคิด คิดไปเรื่อย ๆ เป็นการคิดที่ไม่มีผลสรุปออกมา เช่นการคิดเสรี (Free association) การฝันกลางวัน (Dry dreaming) เป็นต้น และแบบที่ 2 การคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย (Directed thinking) เป็นการคิดเพื่อค้นหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหา หรือไปสู่จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายโดยตรง เช่นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) เป็นการคิดที่มีความสำคัญและความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาบุคคลในสังคมแห่งการเรียนรู้ ซึ่งบุคคลนั้นจะต้องมีการตัดสินใจด้วยตนเอง และมีเหตุผลในการพิจารณาสภาพการณ์ วิธีการ กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ข้ออ้าง ข้อขัดแย้ง ข้อปัญหา และสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ เหล่านั้นได้ สำหรับในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้กล่าวเกี่ยวกับการคิด อย่างมีวิจารณญาณ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) มีการให้ความหมายจากนักจิตวิทยา นักการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญหลายท่านซึ่งแตกต่างกันออกไป ดังต่อไปนี้

ดิวอี้ (Dewey. 1938 : 30) ได้ให้ความหมายว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณหมายถึง การคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบที่มีสถานการณ์เริ่มต้นที่สับสน ยุ่งยาก และสิ้นสุดสถานการณ์จะมีความชัดเจน

ฮิลการ์ด (Hilgard. 1962 : 336) ได้ให้ความหมายว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึงความสามารถในการตัดสินใจข้อความหรือปัญหาว่าเป็นข้อเท็จจริงหรือเป็นเหตุเป็นผลกัน

ฮัดกินส์ (Hudgins. 1988 :173-180) ได้ให้ความหมายว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การมีเจตคติในการค้นหาหลักฐาน เพื่อวิเคราะห์และประเมินข้อโต้แย้ง และมีทักษะในการใช้ความรู้จำแนกข้อมูลต่าง ๆ และตรวจสอบสมมติฐานเพื่อลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล

เอนนิส (Dembo. 1994 : 130 ; citing Ennis. 1985) ได้ให้ความหมายว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดพิจารณาใคร่ครวญไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล และมีจุดมุ่งหมายเพื่อการตัดสินใจว่าควรเชื่อสิ่งใด หรือสิ่งใดควรทำเพื่อช่วยให้ตัดสินใจได้ถูกต้อง

ฟาเซียน (Facience. 1984 : 253) ได้ให้ความหมายว่าการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณ หมายถึงการหาข้อสรุปจากข้อความอย่างมีเหตุผล และมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือเพื่ออ้างเหตุผล ในการสรุป

แบนด์แมน และแบนด์แมน (Bandman & Bandman.1988 : 5) ได้ให้ความหมายการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณหมายถึงการคิดอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับการสรุปความการตั้งสมมติฐานการอ้างอิง ข้อตกลงเบื้องต้น ความเชื่อและการกระทำ โดยใช้แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

เคอร์ฟิส (Kurfiss.1988 :42 ) ได้ให้ความหมายการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณว่าเป็นการคิดที่มีการสืบค้นอย่างมีวัตถุประสงค์ โดยการสำรวจสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแล้วตั้งคำถาม เพื่อค้นปัญหาให้บรรลุข้อสรุปด้วยวิธีการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ เพื่อจะได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง

วัตสันและเกลเซอร์ (ชาลิณี เอี่ยมศรี. 2536 : 14-15 ; อ้างอิงจาก Watson & Glaser. 1964 ) ได้กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณประกอบด้วยทัศนคติ ความรู้และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

- 1.ทัศนคติในการสืบเสาะซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการมองเห็นปัญหา และความต้องการที่จะสืบเสาะค้นหาข้อมูล หลักฐาน มาพิสูจน์ เพื่อหาข้อเท็จจริง
2. ความรู้ในการหาแหล่งข้อมูลอ้างอิงและการใช้ข้อมูลอ้างอิงอย่างมีเหตุผล
3. ทักษะในการประยุกต์ใช้ความรู้และทัศนคติดังกล่าวมาใช้ให้เป็นประโยชน์

จากนิยามของการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณข้างต้นจะเห็นได้ว่าบุคคลต่าง ๆ นิยามการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณแตกต่างกันพอสรุปความหมาย ของการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณได้ว่า หมายถึงความสามารถในการคิดอย่างพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ สถานการณ์ที่ปรากฏข้อโต้แย้ง หรือข้อมูลที่คลุมเครือโดยใช้ความรู้ความคิดและประสบการณ์ของตนเองในการตัดสินใจเพื่อลงสรุปเป็นข้อยุติที่สมเหตุสมผล ประกอบด้วยความสามารถ 5 ด้าน คือการอ้างอิง และการสรุปความ การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ และการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง โดยความสามารถในแต่ละด้านทั้งด้าน 5 ด้าน ลำไย สนั่นรัมย์ (2542 : 9) ได้ทำการศึกษาเอกสารของนักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทย ได้ข้อสรุปที่มีความหมายดังนี้

1. ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ ( Inferences ) หมายถึงความสามารถในการจำแนกระดับความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการลงสรุปข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้

2. ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ( Recognition of assumptions ) หมายถึงความสามารถในการพิจารณาจำแนกข้อความใดเป็นเงื่อนไขหรือสิ่งที่กำหนดให้

3. ความสามารถในการนิรนัย ( Deduction ) ความสามารถในการจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างแน่นอน และข้อสรุปใดไม่เป็นผลของความสัมพันธ์นั้น

4. ความสามารถในการตีความ ( Interpretation ) หมายถึงความสามารถในการจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นหรือไม่เป็นความจริง ตามที่สรุปได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

5. ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ( Evaluation of arguments ) หมายถึงความสามารถในการตัดสินว่าเห็นด้วยกับสิ่งนั้นหรือไม่เห็นด้วยเพราะเหตุใด

## 2.2 ประเภทของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

พอล (ทีศนา แชมมณี และคณะ. 2534 : 78-79 ; อ้างอิงจาก Paul. 1993) ได้กล่าวไว้ว่า นักคิดอย่างมีวิจารณญาณมี 2 แบบ คือนักคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ไม่เหมาะสม และนักคิดอย่างมีวิจารณญาณที่เหมาะสม โดยแบบแรกจะเป็นผู้ที่สามารถใช้ทักษะในการวิเคราะห์ข้อถกเถียงโต้แย้งต่าง ๆ เพื่อเป็นเครื่องมือในการทำลายข้อเสียของผู้อื่นแต่แบบที่สองเป็นผู้ที่มักจะทดสอบความคิดและสมมติฐานของตนเอง กับความคิดหรือข้อคัดค้านของผู้อื่นอยู่เสมอ สามารถจำแนกประเภทของการคิดอย่างมีวิจารณญาณออกเป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. การคิดที่มีวิจารณญาณ (Critical thinking) การคิดแบบนี้มีลักษณะการคิดคือ 1) เป็นศิลปะของการคิดที่เกี่ยวกับความคิดของตน ขณะที่ตนกำลังคิดเพื่อช่วยให้ความคิดของตนมีความชัดเจน กระชับ ถูกต้อง มีความสัมพันธ์ ความคงเส้นคงวาและยุติธรรม 2) เป็นศิลปะของการสงสัยอย่างสร้างสรรค์ 3) เป็นศิลปะของการค้นหาและขจัดอคติ 4) เป็นศิลปะของการนำตนเอง ความลึกซึ้งและการเรียนรู้การใช้เหตุผล 5) เป็นการคิดที่ทำให้เราเกิดความรู้อย่างมีเหตุผลแลกระจำชัดในสิ่งที่ไม่รู้

2. การคิดที่ไม่มีวิจารณญาณ ( Uncritical thinking ) การคิดแบบนี้มีลักษณะของการคิดคือ 1) เป็นการคิดที่ยึดติดกับความต้องการของตน หรือติดอยู่กับเงื่อนไขทางสังคม รวมทั้งอคติและความประทับใจที่ไม่มีเหตุผล 2) เป็นการคิดที่ยึดตนเองเป็นหลัก เป็นการคิดที่กระทำอย่างขาดความระมัดระวังรอบคอบ ขาดสมมติฐานและข้อมูลหลักฐานและแนวทางการนำไปใช้

3. การคิดที่มีวิจารณญาณแบบยึดความสนใจของตนเอง (Sophistic critical thinking) การคิดแบบนี้มีลักษณะของการคิดคือ 1) เป็นการคิดที่จะมีความสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎี ในขณะที่เรื่องที่คิดอยู่ในความสนใจของตนเอง 2)เป็นทักษะการคิดอย่างชำนาญที่ตั้งอยู่บนสมมติฐาน มีเหตุผลข้อมูลและหลักฐานมีการนำไปใช้ในขณะที่เรื่องที่คิดอยู่ในความสนใจของตนเอง 3) เป็นทักษะการคิดอย่างชำนาญที่ได้มาจากความสนใจการยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง การยึดชนชั้นหรือกลุ่มของตนเองมากกว่าความเป็นจริงหรือเหตุผล

4. การคิดที่มีวิจารณญาณแบบเป็นกลาง หรือยุติธรรม (Fair-minded critical thinking) การคิดแบบนี้มีลักษณะของการคิด คือ 1) เป็นทักษะการคิดที่ชำนาญที่มีความสอดคล้องหลักการและทฤษฎีแม้ไม่ใช่เรื่องที่ตนเองที่สนใจ 2) เป็นทักษะการคิดที่ชำนาญที่มีลักษณะของการรู้สึกเข้าใจในความคิดเห็นที่ขัดแย้งกับตนและยึดความจริงเป็นหลัก ไม่ยึดกับความสนใจของตนเพียงอย่างเดียว 3) เป็นทักษะการคิดที่ชำนาญที่แสดงให้เห็นถึงการยอมรับความคิดเห็นในแง่มุมต่าง ๆ

และการยอมรับนั้นเกิดจากการมีความรู้สึกเข้าใจในความคิดนั้น อย่างมีเหตุผลไม่ยึดติดกับความสนใจและความรู้สึกส่วนตัวเท่านั้น

## 2.3 เครื่องมือวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เครื่องมือวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยได้รวบรวมนำมาเสนอ มีดังนี้

2.3.1 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของวัตสันและเกลเซอร์ (Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA)) (วิจิตรพร หล่อสุวรรณกุล. 2544 : 33 ; อ้างอิงจาก Adam, Stover & Whitlow. 1999 : 140)

วัตสันและเกลเซอร์(Goodwin Waston and Edward M. Glaser)เป็นผู้สร้างแบบทดสอบฉบับนี้ขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1937 และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้กับนักเรียนตั้งแต่ระดับ 9 ขึ้นไป จนถึงวัยผู้ใหญ่ลักษณะของแบบทดสอบจะเป็นคู่ขนานคือฟอร์ม Ym และ Zmได้มีการพัฒนาและปรับปรุงแบบทดสอบนี้อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งปี 1980 ได้รับการปรับปรุงล่าสุด นอกจากนี้ยังมีแบบทดสอบที่เป็นคู่ขนานประกอบด้วยฟอร์ม AและBโดยแต่ละฟอร์มประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 แบบทดสอบ มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 80 ข้อเวลา 50 นาทีมุ่งวัดความสามารถ 5 ด้าน ดังนี้

1. ด้านการอนุมานเพื่อจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปใด เป็นจริงหรือเท็จลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปมาให้ประมาณ 3-5 ข้อ ต่อสถานการณ์นั้น และเลือกคำตอบจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก คือเป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ เป็นเท็จ

2. ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น เพื่อการจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ โดยมีข้อความตามมา 2 - 3 ข้อความต่อสถานการณ์นั้นแล้วพิจารณาว่าข้อความในแต่ละข้อ ๆ ใดเป็นข้อตกลงของสถานการณ์หรือไม่

3. ด้านการนิรนัยเพื่อหาข้อสรุปมา 2-4 ข้อต่อข้ออ้างนั้นๆ ผู้ตอบจะต้องพิจารณาว่าข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่

4. ด้านการตีความเพื่อลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุปนั้น ๆ ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ แต่ละสถานการณ์จะมีข้อสรุปมาให้ 2 - 3 ข้อ ผู้ตอบจะต้องพิจารณาว่าแต่ละข้อ ๆ ใดใช่หรือไม่ใช่ข้อสรุปที่จำเป็นของสถานการณ์

5. ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง เพื่อการตอบคำถามและอ้างเหตุผล ได้สมเหตุสมผล ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดคำถามให้ แต่ละคำถามจะมีคำตอบพร้อมเหตุผลโดยให้พิจารณาว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามนั้น

2.3.2 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณคอร์เนล (Cornell Critical Thinking Test) (วิจิตรพร หล่อสุวรรณกุล. 2544 : 33 ; อ้างอิงจาก Ennis, Millmsn & Tomko. 1985)

เอนนิส และมิลแมน (Ennis and Millman) เป็นผู้สร้างขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 และได้มีการพัฒนาปรับปรุงมาจนถึงปี 1985 และได้สร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นมา 2 ฉบับ มุ่งวัดกลุ่มบุคคลต่างระดับกัน ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณคอร์เนลระดับเอกซ์ (Cornell Critical Thinking Test Level X) เป็นแบบทดสอบสำหรับเด็กนักเรียนตั้งแต่ระดับ 4 จนถึงระดับ 12 เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 3 ตัวเลือกจำนวน 71 ข้อ เวลา 50 นาที มุ่งวัดความสามารถ 4 ด้านดังต่อไปนี้

1. ด้านการอุปนัย
2. ด้านการนิรนัย
3. ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต
4. ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณคอร์เนลระดับซีดซ์ (Cornell Critical Thinking Test Level Z) เป็นแบบทดสอบสำหรับเด็กนักเรียนมัธยมศึกษาที่มีปัญญาดี และกลุ่มนักศึกษาระดับวิทยาลัยจนถึงผู้ใหญ่ เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 3 ตัวเลือกจำนวน 52 ข้อ เวลา 50 นาที มุ่งวัดความสามารถ 7 ด้านดังต่อไปนี้

1. ด้านการอุปนัย
2. ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล
3. ด้านการพยากรณ์และการวางแผนการทดลอง
4. ด้านการอ้างอิงเหตุผลผิดหลักตรรก
5. ด้านการนิรนัย
6. ด้านการให้คำจำกัดความ
7. ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

2.3.3 แบบทดสอบกระบวนการคิดระดับสูงของรอสส์ (Ross Test of Higher Cognition Process) (ดาร์ณี บุญวิก. 2543 : 16 ; อ้างอิงจาก John Ross & Catherine M. Ross. 1979)

รอสส์ (John Ross and Catherine M. Ross) เป็นผู้สร้างแบบทดสอบนี้ขึ้นตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1976 และได้มีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจนปี ค.ศ. 1979 แบบทดสอบฉบับนี้ใช้วัดการคิด วิจารณ์ของเด็กระดับตั้งแต่ระดับ 4 จนถึงระดับ 6 สามารถวัดเด็กในด้านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผลโดยสร้างขึ้นตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม (Bloom's taxonomy of educational objectives) ข้อสอบมีจำนวน 105 ข้อ เวลา 60 นาที มุ่งวัดความสามารถด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านการอุปมาอุปมัย
2. ด้านการอ้างเหตุผลแบบนิรนัย

3. ด้านการอ้างที่อ้างผิด
4. ด้านความสัมพันธ์นามธรรม
5. ด้านการจัดลำดับ
6. ด้านยุทธวิธีการตั้งคำถาม
7. ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง
8. ด้านการวิเคราะห์การอ้างเหตุผล

2.3.4 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเอนนิสและไวร์ ( Ennis – Weir Critical Thinking Essay Test) (วิจิตรพร หล่อสุวรรณกุล. 2544 : 34 ; อ้างอิงจาก Emmis & Weir. 1985)

เอนนิส ( Ennis . 1985) เป็นผู้สร้างขึ้นโดยมุ่งวัดประเมินความสามารถของบุคคลในการประเมินผลการโต้แย้งและเขียนข้อสรุปการโต้แย้ง ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบบรรยายใช้เวลา 40 นาที มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหาโดยวิธีหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Interater relisbilitly) มีค่าอยู่ระหว่าง .82 ถึง .86

#### 2.3.5 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของลำไย สนั่นรัมย์

ลำไย สนั่นรัมย์ ( 2542 ) เป็นผู้สร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามแนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์ (Watson & Glaser. 1964) เพื่อใช้ในการทำวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีรูปแบบการตอบต่างกันแบบทดสอบดังกล่าวมุ่งวัดความสามารถ 5 ด้าน คือความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก โดยใช้สถานการณ์มีจำนวนทั้งหมด 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.324 ถึง 0.700 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.236 ถึง 0.733 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.948

จากที่กล่าวมาเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีหลายชนิดสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสมสุข โถวเจริญ มาใช้เนื่องจากแบบทดสอบฉบับนี้ได้แปลและเรียบเรียงมาจาก แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของวัตสันและ เกลเซอร์ โดยตรง

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอล

#### 3.1 ความหมายของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

( ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์ . 2535 :40 - 41)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นเทคนิคทางสถิติ สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรสองกลุ่มกลุ่มหนึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระตั้งแต่สองตัวขึ้นไปและอีกกลุ่มหนึ่งประกอบด้วยตัวแปรตามตั้งแต่สองตัวขึ้นไปการวิเคราะห์คาโนนิคอล อาศัยแนวความคิดเกี่ยวกับการลดมิติของตัวแปรกลุ่มตัวแปรเดิมให้เหลือเพียงฟังก์ชันเส้นตรง ( linear functions ) ของตัวแปรที่มีจำนวนน้อยกว่าเดิม หลักการแนวคิดสำคัญของสหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือทั้งกลุ่มตัวแปรอิสระและกลุ่มตัวแปรตาม ซึ่งถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกันย่อมก่อให้เกิดส่วนประกอบเส้นตรงที่เป็นส่วนประกอบซึ่งกันและกัน ( linear composites ) ตามหลักกำลังสองต่ำสุด ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ ( composites ) ของเส้นตรงเหล่านี้คือสหสัมพันธ์คาโนนิคอลซึ่งใช้สัญลักษณ์  $R_c$  ผลการรวมเชิงเส้นตรงของกลุ่มตัวแปรเดิมทั้งสองกลุ่มนี้คือองค์ประกอบคาโนนิคอล ( canonical factor ) หรือตัวแปรคาโนนิคอล ( canonical variate )

โดยทั่วไปอาจเขียนโดยใช้สัญลักษณ์  $W_i$  และ  $V_i$  สมมติว่า ตัวแปรกลุ่มที่ หนึ่งที่จะนำมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ได้แก่  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_p)$  และตัวแปรกลุ่มที่สองได้แก่  $(Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_q)$  ในกรณีนี้ตัวแปรคาโนนิคอลของกลุ่มตัวแปรที่หนึ่งปรากฏตามสมการดังนี้

$$W_1 = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_pX_p$$

ตัวแปรคาโนนิคอลของกลุ่มตัวแปรที่สองปรากฏตามสมการดังนี้

$$V_1 = b_1Y_1 + b_2Y_2 + b_3Y_3 + \dots + b_qY_q$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน  $a_i$  และ  $b_i$  เป็นไปในลักษณะที่จะทำให้ตัวแปรคาโนนิคอล  $W_i$  มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรคาโนนิคอล  $V_i$  ฉะนั้นตัวแปรคาโนนิคอลที่ถูกกำหนดขึ้นจากตัวแปรกลุ่มหนึ่ง จึงจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวแปรอีกกลุ่มหนึ่ง รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรทั้งสอง กล่าวได้ว่าตัวแปรคาโนนิคอลที่กำหนดขึ้นจากตัวแปรกลุ่มหนึ่ง จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ถ้ามีการเพิ่มหรือลดจำนวนตัวแปรในอีกกลุ่มหนึ่ง

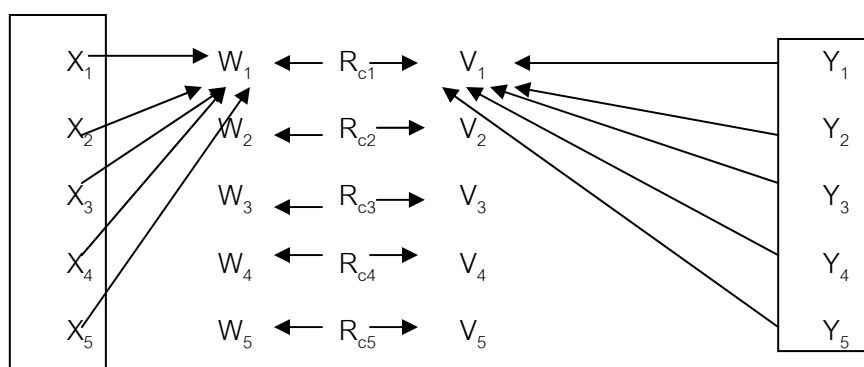
สหสัมพันธ์อย่างง่าย ( Simple Correlation ) ที่มีค่าสูงสุดระหว่าง  $W_1$  และ  $V_1$  คือสหสัมพันธ์คาโนนิคอลตัวแรก  $R_{c1}$  ก็คือตัวประมาณค่าของความแปรปรวนที่ร่วมกันระหว่าง  $W_1$  และ  $V_1$  อย่างไรก็ดี  $R_{c1}$  ย่อมไม่ใช่ตัวประมาณค่าของความแปรปรวนที่ทับซ้อนกันระหว่างกลุ่มตัวแปรทั้งสองกลุ่มนั้น กล่าวได้ว่า เมื่อสามารถคำนวณค่า  $R_{c1}$  ได้แล้วสามารถคำนวณค่า  $R_{c2}, R_{c3}$  และค่า  $R_c$  อื่นๆได้ เพราะ  $R_{c2}$  คือตัวประมาณค่าของความแปรปรวนที่ร่วมกันระหว่าง  $W_2$  และ  $V_2$  ในขณะที่  $R_{c3}$  ก็คือตัวประมาณค่าของความแปรปรวนที่ร่วมกันระหว่าง  $W_3$  และ  $V_3$  อย่างไรก็ดี

$R_{c2}$ ,  $R_{c3}$  และ  $R_c$  อื่นๆ ย่อมอยู่ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นที่กำหนดไว้ว่าตัวแปรคาโนนิคอลคู่อื่นๆ ที่ไม่ใช่ตัวแปรคาโนนิคอล คู่แรกจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรคาโนนิคอลที่กล่าวถึงก่อน ตัวอย่างเช่น ในกรณี  $R_{c2}$  ตัวแปรคาโนนิคอล  $W_2$  และ  $V_2$  จะต้องไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรคาโนนิคอล  $W_1$  และ  $V_1$  และในกรณี  $R_{c3}$  ตัวแปรคาโนนิคอลคู่แรก ( $W_1$  และ  $V_1$ ) และกับตัวแปรคาโนนิคอลคู่ที่สอง ( $W_2$  และ  $V_2$ ) เป็นต้นถ้าไม่มีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นนี้ก็ย่อมเป็นไปได้ที่จะพบค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ไม่จำกัดจำนวนที่มีขนาดค่าสูงเท่ากับสหสัมพันธ์คาโนนิคอลของตัวแปรแรกแต่เนื่องจากการที่มีการกำหนด ข้อจำกัดดังกล่าว  $R_{c1}$  จึงมีขนาดค่าสูงกว่า  $R_{c2}$  และ  $R_{c2}$  จึงมีขนาดค่าสูงกว่า  $R_{c3}$  ตามลำดับ

ตามปกติ จำนวนของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลจะสามารถพิจารณาได้จากจำนวนตัวแปรที่มีในกลุ่มที่มีขนาดเล็กกว่า กล่าวคือถ้าการวิเคราะห์คาโนนิคอลประกอบด้วย กลุ่มตัวแปรอิสระจำนวน 5 ตัวแปร และกลุ่มตัวแปรตามจำนวน 4 ตัวแปร การวิเคราะห์นี้จะสามารถคำนวณค่า  $R_c$  ได้ 4 ค่าและถ้ากลุ่มตัวแปรอิสระและกลุ่มตัวแปรตามจำนวนเท่ากัน คือกลุ่มละ 5 ตัวแปร การคำนวณย่อมได้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลจำนวน 5 ค่า ดังปรากฏตามรูปซึ่งแสดงถึง ตัวแปรคาโนนิคอลใน  $W$  และ  $V$

กลุ่มตัวแปรที่ 1

กลุ่มตัวแปรที่ 2



ภาพประกอบ 1 ความเกี่ยวข้องระหว่างกลุ่มตัวแปร ตัวแปรคาโนนิคอลและค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ( ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์. 2535 : 41 )

### 3.2 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

( สรราญ มีแจ้ง . 2544 : 176 )

วัตถุประสงค์สำคัญในการใช้เทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือการหา แบบแผนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองชุด ที่ทำให้ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยที่แต่ละชุด

อาจมีตัวแปรหลายตัวและจำนวนของตัวแปรแต่ละชุดจะเท่ากันหรือไม่ก็ได้ และจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองชุด สามารถกำหนดน้ำหนักของตัวแปรในแต่ละชุดได้โดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัว ที่ทำให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองชุดนั้นมีค่าสูงสุด

### 3.3 ประโยชน์ของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่อการวิจัย

ทางสังคมศาสตร์ ( สาราญ มีแจ้ง . 2544 : 176 )

เทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลมีความสำคัญ ต่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ที่สำคัญ 3 ประการคือ

1. บอกอัตราและแบบแผนความสัมพันธ์สูงสุด ระหว่างตัวแปรสองกลุ่ม จากข้อมูลชุดเดียวกันได้

2. ลดข้อมูลหรือตัวแปรลง โดยสามารถสร้างตัวแปรประกอบหรือตัวแปรคาโนนิคอล ขึ้นจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองกลุ่มนั้นได้

3. สามารถนำค่าของตัวแปรคาโนนิคอลมา ใช้จัดอันดับหน่วยการวิเคราะห์ตามค่าสูงต่ำ ซึ่งมีประโยชน์ต่อการกำหนดตำแหน่งของตัวแปรต่างๆ ที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นตัวแปรคาโนนิคอล

### 3.4 ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ( สาราญ มีแจ้ง . 2544 : 176 )

ข้อมูลที่จะนำมาใช้กับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ต้องเป็นข้อมูลที่มีระดับการวัดแบบช่วง ( Interval Scale ) หรือตัวแปรทวิ ( Bivariates ) มีค่าเป็น 0 หรือ 1 เช่นเดียวกับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่แท้จริงก็คือเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรแต่ละกลุ่ม

### 3.5 คำศัพท์ที่ควรรู้จักเกี่ยวกับสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ( ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์ . 2535 :: 40 – 42 )

ตัวแปรคาโนนิคอล ( Canonical Variate ) คือตัวแปรประกอบ ( Composite variable ) ที่เกิดจากความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปร  $W$  เรียกว่า ส่วนประกอบของตัวพยากรณ์ ( Predictor composite ) และ  $V$  จะเรียกว่า ส่วนประกอบของตัวเกณฑ์

สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ( Canonical correlation ;  $R_c$  ) คือ ปริมาณของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคาโนนิคอล หรือปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของตัวพยากรณ์กับส่วนประกอบของตัวเกณฑ์

ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล ( Canonical weight , function coefficient ) หมายถึง ค่าตัวเลขหรือน้ำหนักของตัวแปรชุด  $X$  หรือตัวแปรชุด  $Y$  ในที่นี้คือค่า  $a_1, \dots, a_p$  และ  $b_1, \dots, b_q$  การตีความเหมือน  $\beta$  ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณซึ่งเป็นค่าที่แสดงค่าตัวแปร  $X$  หรือ  $Y$  มีความสำคัญในการอธิบายตัวแปรคาโนนิคอล เพื่อควบคุมตัวแปรอื่นๆ ในชุดตัวแปร

### 3.6 การคำนวณสหสัมพันธ์คาโนคอลล

หลังจากที่รวบรวมข้อมูลที่เป็นค่าของตัวแปรต่างๆทั้งตัวแปรอิสระซึ่งมี  $p$  ตัว และตัวแปรตามซึ่งมี  $q$  ตัว ค่าเหล่านี้เป็นค่าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด  $N$  คน เรียกว่าข้อมูลเบื้องต้นซึ่งนำข้อมูลเบื้องต้นมาจัดอยู่ในรูปเมตริกซ์ ดังนี้ ( สํารายณ มีแจ้ง . 2544 : 177 – 178 )

| สมาชิกกลุ่มตัวอย่าง | ชุดตัวแปรอิสระ                   | ชุดตัวแปรตาม                     |
|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1                   | $X_{11} \ X_{12} \ \dots X_{1p}$ | $Y_{11} \ Y_{12} \ \dots Y_{1q}$ |
| 2                   | $X_{21} \ X_{22} \ \dots X_{2p}$ | $Y_{21} \ Y_{22} \ \dots Y_{2q}$ |
| 3                   | $X_{31} \ X_{32} \ \dots X_{3p}$ | $Y_{31} \ Y_{32} \ \dots Y_{3q}$ |
| .                   | .                                | .                                |
| .                   | .                                | .                                |
| .                   | .                                | .                                |
| N                   | $X_{N1} \ X_{N2} \ \dots X_{Np}$ | $Y_{N1} \ Y_{N2} \ \dots Y_{Nq}$ |

เมื่อ  $N$  แทน จำนวนหน่วยตัวอย่าง  
 $p$  แทน จำนวนตัวแปรอิสระ  
 $q$  แทน จำนวนตัวแปรตาม

ตัวเลขสองตัวที่ห้อย  $X$  และ  $Y$  นั้น ตัวแรกแทนสมาชิกคนที่ ตัวหลังแทนจำนวนตัวแปรตัวที่ของแต่ละกลุ่ม ดังนั้น  $X_{12}$  แทนคะแนนคนที่หนึ่งในตัวแปรอิสระตัวที่สอง จากเมตริกซ์ข้อมูลเบื้องต้นจากนั้นคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายโดยจับคู่ระหว่างตัวแปรทุกตัว เป็นคู่ๆ ไปแล้วนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมดมาจัดเป็นรูปเมตริกซ์ โดยแบ่งส่วนเป็น 4 ส่วนดังนี้

| X |   |   |   |   |   |          | Y |   |   |   |   |   |          |
|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|----------|
|   | 1 | 2 | . | . | . | p        |   | 1 | 2 | . | . | . | q        |
| 1 |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |
| 2 |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |
| X | . |   |   |   |   | $R_{xx}$ |   |   |   |   |   |   | $R_{xy}$ |
| . |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |
| p |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |
| 1 |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |
| 2 |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |
| Y | . |   |   |   |   | $R_{yx}$ |   |   |   |   |   |   | $R_{yy}$ |
| . |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |
| . |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |
| q |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |          |

เมื่อ p แทน จำนวนตัวแปรอิสระ

q แทน จำนวนตัวแปรตาม

เมตริกซ์ของสหสัมพันธ์ R สามารถที่จะกำหนดส่วนนอกได้เป็น 4 เมตริกซ์ย่อย คือ  $R_{xx}$   $R_{yx}$   $R_{xy}$  และ  $R_{yy}$  ในเมตริกซ์ย่อย  $R_{xx}$  ประกอบด้วยสหสัมพันธ์ของตัวแปรในชุด X ในเมตริกซ์  $R_{yy}$  ประกอบด้วยสหสัมพันธ์ของตัวแปรในชุด Y และในเมตริกซ์  $R_{yx}$  กับ  $R_{xy}$  จะเป็นสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่ข้ามกันของตัวแปรในชุด X กับชุด Y จากคุณสมบัติเชิงสมมาตรของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ดังนั้น  $R_{yx}$  จึงมีค่าเท่ากับ  $R_{xy}$  ที่สามารถสับเปลี่ยนแทนกันได้ เมื่อจัดเมตริกซ์ตามภาพแล้วก็จะสามารถวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่อไปได้

กำหนดส่วนย่อยของเมตริกซ์ X กับ Y ให้อยู่ในรูปของซูเปอร์เมตริกซ์ ดังนี้

( Pedhazur. 1982 :927 – 930 )

$$R = \begin{bmatrix} R_{xx} & R_{xy} \\ R_{yx} & R_{yy} \end{bmatrix}$$

|       |          |     |                                                                    |
|-------|----------|-----|--------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | R        | แทน | ชุดเปอร์เมตริกซ์ระหว่างสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม        |
|       | $R_{xx}$ | แทน | เมตริกซ์สหสัมพันธ์ของชุดตัวแปรอิสระ $X_p$                          |
|       | $R_{yy}$ | แทน | เมตริกซ์สหสัมพันธ์ของชุดตัวแปรตาม $Y_q$                            |
|       | $R_{xy}$ | แทน | เมตริกซ์สหสัมพันธ์ของชุดตัวแปรอิสระ $X_p$ กับชุดของตัวแปรตาม $Y_q$ |
|       | $R_{xy}$ | แทน | ทรานสโพสของ $R_{yx}$                                               |

จากนั้นหาค่าเมตริกซ์ของ  $R_{xx}^{-1}$ ,  $R_{yx}$ ,  $R_{xy}$  และ  $R_{yy}^{-1}$  แล้วนำไปสร้างสมการดีเทอร์มิแนนต์ดังนี้

$$|R'_{yy} R_{yx} R'_{xx} R_{xy} - \lambda I| = 0$$

|               |     |                                                       |
|---------------|-----|-------------------------------------------------------|
| $R_{yy}^{-1}$ | แทน | อินเวอร์สของเมตริกซ์ของค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร Y |
| $R_{xx}^{-1}$ | แทน | อินเวอร์สของเมตริกซ์ของค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X |
| I             | แทน | เมตริกซ์เอกลักษณ์ ( Identity matrix )                 |
| $\lambda$     | แทน | ไอเกนแวลูส์หรือความแปรปรวนของสหสัมพันธ์คาโนนิคอล      |

จากสมการดีเทอร์มิแนนต์จะได้ สมการ quadratic คือ

$$a\lambda^2 + b\lambda + c = 0$$

คำนวณหาค่า  $\lambda$  จากสูตร

$$\lambda = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

หาค่าสหสัมพันธ์คานอนิคอล ( $R_c$ ) โดยการถอดรากที่สองของ  $\lambda$

$$R_c = \sqrt{\lambda}$$

การทดสอบนัยสำคัญของ  $R_c$

การทดสอบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างสหสัมพันธ์คานอนิคอล โดยจะเป็นการทดสอบ  $R_{cj}$  ทุกค่าพร้อมๆ กัน

$$H_0: R_{c1} = R_{c2} = \dots, R_{cj} = 0$$

$$H_1: \text{มี } R_c \text{ อย่างน้อย 1 ตัว ที่มีค่าไม่เท่ากับ 0}$$

การทดสอบนัยสำคัญของสหสัมพันธ์คานอนิคอล ใช้สูตรดังนี้ ( Pedhazur . 939 – 940 )

$$\chi^2 = -[N - 1 - .5(p + q + 1)] \log_e \Lambda \quad ; \quad df = pq$$

$\chi^2$  แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบไคสแควร์

N แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

P แทน จำนวนตัวแปรอิสระ

q แทน จำนวนตัวแปรตาม

$\log_e$  แทน natural logarithm

$\Lambda$  แทน Wilks' lambda โดยคำนวณจากสูตร

$$\Lambda = (1 - R_{c1}^2)(1 - R_{c2}^2) \dots (1 - R_{cj}^2)$$

เมื่อทดสอบแล้วพบว่าปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$  สรุปได้ว่า อย่างน้อย  $R_{c1} \neq 0$  อันดับต่อไปคำนวณ  $\Lambda' =$  ใช้สูตรเดิม โดยตัดเทอม  $(1 - R_{c1}^2)$  ออกไป จะได้ว่า

$$\Lambda' = (1 - R_{c2}^2) \dots \text{โดยค่า} \quad df = (p - 1)(q - 1)$$

หากมี  $R_c$  มากกว่า 2 ค่า คำนวณ  $\Lambda'$  ที่  $df = (p - 2)(q - 2)$  และทดสอบนัยสำคัญทางสถิติต่อไปจนกระทั่งพบ  $R_c$  ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจึงสิ้นสุดการทดสอบสมมติฐาน

การคำนวณหาค่า  $\beta_j$  ของตัวแปร Y ( Pedhazur . 1997 : 930 – 993) โดยที่

$$\beta_j = \frac{1}{\sqrt{V_j' R_{yy} V_j}} V_j$$

|           |     |                                                               |
|-----------|-----|---------------------------------------------------------------|
| $\beta_j$ | แทน | ค่าน้ำหนักความสำคัญคานอนิคอลของชุดที่ $j$<br>( Function $j$ ) |
| $V_j$     | แทน | ไอเกนเวกเตอร์ที่ $j$                                          |
| $'_j$     | แทน | ทรานโพสของ $V_j$                                              |

หาค่า  $V_j$  โดยแก้สมการต่อไปนี้

$$\left| R_{yy}^{-1} R_{yx} R_{xx}^{-1} R_{xy} - \lambda I \right| V_j = 0$$

การคำนวณหาค่า  $\beta_j$  ของตัวแปร  $X$  ได้จากสมการดีเทอร์มิแนนท์

$$A = R_{xx} R_{xy} B D^{-1/2}$$

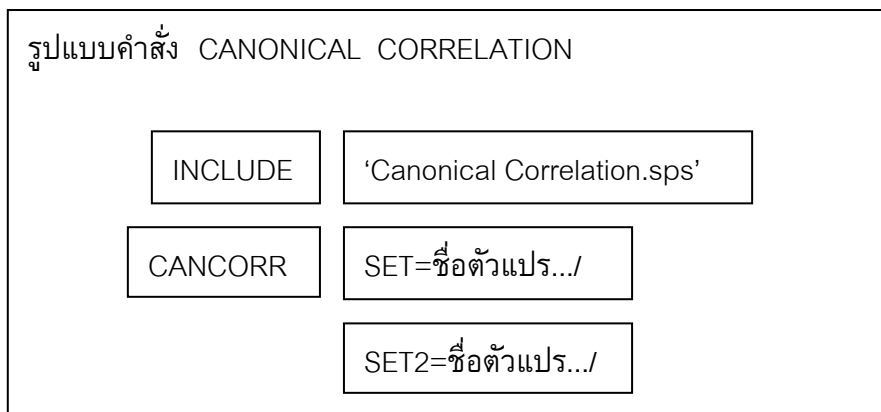
|            |     |                                                                     |
|------------|-----|---------------------------------------------------------------------|
| A          | แทน | เมตริกซ์ของน้ำหนักความสำคัญคานอนิคอล<br>ของตัวแปร $X$ ใน แต่ละชุด   |
| B          | แทน | เมตริกซ์ของน้ำหนักความสำคัญคานอนิคอล<br>ของตัวแปร $Y$               |
| $D^{-1/2}$ | แทน | diagonal matrix ที่มีสมาชิกเป็นส่วนกลับของรากที่ 2<br>ของ $\lambda$ |
| $R_{xx}$   | แทน | เมตริกซ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ $X$                         |
| $R_{xy}$   | แทน | เมตริกซ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ $X$ กับ<br>ตัวแปรตาม $Y$    |

การตีความสัมประสิทธิ์คานอนิคอล คล้ายกับการตีความค่า  $\beta$  ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

### 3.7 รูปแบบคำสั่งสหสัมพันธ์คานอนิคอล โดยใช้โปรแกรม SPSS

( รัชชัย งามสันติวงศ์. 2542 : 647 – 656 )

เนื่องจากโปรแกรม SPSS ไม่มีคำสั่งคำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คานอนิคอลโดยตรงแต่มีชุดคำสั่งมาโครที่เขียนขึ้นมาใช้ในการคำนวณแทน ดังนั้นเมนูคำสั่งใน SPSS จะไม่มีคำสั่งนี้ ผู้ใช้จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมโดยเขียนไฟล์มาโครขึ้นมาก่อนแล้วจึงกำหนดชุดของตัวแปรที่ต้องการคำนวณ ดังภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงรูปแบบคำสั่งสหสัมพันธ์คาโนนิคอล

( รัชชัย งามสันติวงศ์. 2542 : 650 )

เมื่อต้องการใช้สหสัมพันธ์คาโนนิคอลผู้ใช้งานต้องพิมพ์ที่หน้าต่าง Syntex Editor ดังนี้

INCLUDE "Canonical Correlation. Sps"

CANCORR SET1 = x1 x2 x3 x4/

SET2 = y1 y2 y3/.

คำสั่งนี้ต้องการการคำนวณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลของตัวแปร y1 ถึง y3 และ x1 ถึง x4 ดังนั้นจึงต้องอ่านไฟล์ "Canonical Correlation.sps" โดยใช้คำสั่ง INCLUDE และกำหนดให้ SET1 เป็นกลุ่มของตัวแปร x1 ถึง x4 ในขณะที่ SET2 เป็นกลุ่มของตัวแปร y1 ถึง y3

### 3.8 การแปลผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

( สำราญ มีแจ้ง.2544 : 182 – 183 )

ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลจะแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ที่เป็นไปได้สูงสุดระหว่างชุดตัวแปรตามร่วมกัน และของตัวแปรอิสระร่วมกัน ส่วนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นน้ำหนักที่แสดงถึงความสำคัญของตัวแปรนั้นมีส่วนช่วยให้ได้ความสัมพันธ์สูงสุด ดังนั้นในการพิจารณาว่าตัวแปรในชุดตัวแปรอิสระกับชุดตัวแปรตามใดบ้างสัมพันธ์กัน ก็พิจารณาจากขนาดและเครื่องหมายอย่างเดียวกันตัวแปรเหล่านั้นจะมีความสัมพันธ์ทางบวกซึ่งกันและกันแต่ถ้าเครื่องหมายต่างกันจะมีความสัมพันธ์ทางลบซึ่งกันและกัน

ค่าสถิติที่สำคัญอีกค่าหนึ่งคือ ค่าไอเกนซึ่งคือกำลังสองของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล เป็นค่าที่แสดงถึงความแปรปรวนที่ร่วมกันของตัวแปรทั้งสองชุด นั่นคือเป็นสัดส่วนแสดง

ความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างตัวแปรทั้งสองชุดหรือเป็นอิทธิพลสูงสุด ที่ตัวแปรในชุดหนึ่งส่งผลต่อตัวแปรอีกชุดหนึ่ง

สำหรับเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงคาโนนิคอล สามารถวิเคราะห์หาค่าสัดส่วนของน้ำหนักตัวแปรทั้งหมด ที่ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองชุดนั้น เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่มีค่าสูงสุด ดังนั้นค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลตัวแรกจึงเป็นค่าสูงที่สุดอันเกิดจากสัดส่วนของน้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัว ดังปรากฏในสัมประสิทธิ์คาโนนิคอลชุดแรก ส่วนชุดที่สองหรือชุดต่อไปเป็นสัดส่วนของน้ำหนักแต่ละตัวแปร ที่ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองชุดในส่วนที่เหลือเป็นเชิงเส้นตรง ที่มีค่าสูงสุดซึ่งเป็นอิสระจากชุดแรกตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลตัวที่สองหรือต่อไปจึงมีค่าน้อยกว่าตัวแรกตามลำดับ

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

##### 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของในประเทศ มีดังนี้

สุรเดช กิจเครือ (2540 :บทคัดย่อ) ได้ทำการค้นคว้าแบบอิสระเกี่ยวกับการวิเคราะห์สภาพปัญหาการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหาสาระและกิจกรรมในหนังสือเรียนและหนังสือคู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 ( ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 ) และเพื่อสำรวจความคิดเห็นของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับสภาพและปัญหาการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในหนังสือแบบเรียนและหนังสือคู่มือครูชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 ( ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 ) มีดังนี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏมากที่สุดในหนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 5 ได้แก่ ทักษะการสังเกต รองลงมาได้แก่ ทักษะการทดลองและทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล เล่ม 6 ทักษะการทดลองปรากฏมากที่สุด รองลงมาเป็นทักษะการสังเกต ทั้งสองเล่มไม่ปรากฏทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา สำหรับหนังสือคู่มือครู ทักษะที่วิเคราะห์ได้มากที่สุดเล่ม 5 ได้แก่ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปรองลงมาคือทักษะการสังเกต และทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลส่วนในเล่ม 6 ทักษะที่มากที่สุดได้แก่ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป รองลงมาได้แก่ ทักษะการทดลอง ทักษะที่ไม่ปรากฏในคู่มือครูทั้งสองเล่มคือ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา นอกจากนั้นคู่มือครูเล่ม 5 ยังไม่ปรากฏทักษะการพยากรณ์ในเล่ม 6 ไม่ปรากฏทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรอีกด้วย และครูผู้สอนมีความเห็น

ว่าหนังสือเรียน ไม่ได้ช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ทักษะกระบวนการได้ถูกต้องครบทุกทักษะ

สุภาพร ให้ศิริกุล ( 2533 : บทคัดย่อ ) ได้ศึกษาความชอบในการใช้แบบการคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมและพัฒนากการทางสติปัญญา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดบุรีรัมย์ พบว่า นักเรียนมีความชอบในการเลือกใช้แบบการคิดแตกต่างกัน และความชอบในการใช้แบบการคิดแต่ละด้านของนักเรียนกับผลสัมฤทธิ์ในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมไม่มีความสัมพันธ์กัน

ประกิจ สงษ์ขำ ( 2532 : บทคัดย่อ ) ได้ทำการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสม ของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนที่เคยผ่านโครงการโรงเรียนมัธยมเพื่อพัฒนาชนบทและโรงเรียนที่ไม่เคยผ่านโครงการโรงเรียนมัธยมเพื่อพัฒนาชนบท ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดชัยนาท พบว่านักเรียนที่อยู่ในโรงเรียนที่เคยผ่านโครงการโรงเรียนมัธยมเพื่อพัฒนาชนบท กับนักเรียนที่ไม่เคยอยู่ในโรงเรียนที่ไม่เคยผ่านโครงการโรงเรียนมัธยมเพื่อพัฒนาชนบทระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดชัยนาท มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายของข้อมูล และการสรุปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนทักษะการตั้งสมมติฐาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมศักดิ์ ศรีประสิทธิ์ ( 2532 : บทคัดย่อ ) ได้ศึกษาผลกระทบของการอบรมเลี้ยงดู และสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ของครอบครัวที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานคร ระหว่างการอบรมเลี้ยงดูที่แตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัวในทุกะดับของสถานภาพทางครอบครัว นักเรียนที่ได้รับการอบรมเลี้ยงดูแบบรักสนับสนุน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการอบรมเลี้ยงดูแบบควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่ได้รับการอบรมเลี้ยงดูแบบรักสนับสนุนและมาจากครอบครัวที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมระดับปานกลางมีผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมสูงที่สุด รองลงมาคือระดับสูง และระดับต่ำตามลำดับ

ธีระชัย นนพิภักดิ์ ( 2530 : บทคัดย่อ ) ได้ศึกษาองค์ประกอบบางประการที่มีอิทธิพลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสม ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดอุดรธานี พบว่า องค์ประกอบทั้งสามด้านได้แก่ โรงเรียน ครูและวิธีสอนและองค์ประกอบด้านนักเรียนและครอบครัวทั้งหมด 52 ตัวที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีตัวแปรจำนวน 27 ตัวที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสม

รัตนภรณ์ ผ่านพิเคราะห์ ( 2544 : บทคัดย่อ ) ได้ทำการพัฒนาทักษะการคิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการคิดด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนที่มีคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดการทักษะการคิดเฉลี่ยร้อยละ 65.21 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 72.86 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดและมีนักเรียนผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 58.33 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สมใจ กิจพรประเสริฐ (2531 :บทคัดย่อ ) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเหตุผลเชิงตรรกะ กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตการศึกษา 8 พบว่าการคิดเหตุผลเชิงตรรกะ มีความสัมพันธ์ในทางบวก กับทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมในระดับที่แตกต่างกัน มีความสามารถในการคิดเหตุผลเชิงตรรกะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

อัครเดช สมศิลา( 2541 :บทคัดย่อ )ได้ทำการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนในกลุ่มทดลอง ที่สอนโดยชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วีระ เมืองช้าง ( 2525 : 49-51 )ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดวิจรณ์ญาณกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนจันทร์ประดิษฐาราม จำนวน 193 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดวิจรณ์ญาณที่ดัดแปลงจากแบบทดสอบของ พยอม ตันมณีและแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองผลการวิจัยพบว่า ความคิดวิจรณ์ญาณของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดวิจรณ์ญาณด้านการสรุปความ การตระหนักข้อตกลงเบื้องต้น การอนุมาน การตีความ และการประเมินข้อโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประเทืองทิพย์ นวพรไพศาล ( 2534 : บทคัดย่อ ) ได้ทำการตรวจสอบการคิดวิจรณ์ญาณของวัดสันและเกลเซอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณของวัดสันและเกลเซอร์ ฟอรัมวายเอ็ม ในด้านความยาก ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ความเที่ยงแบบสอบซ้ำ ความตรงตามทฤษฎี โดยการวิเคราะห์ตัวประกอบและความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์กับแบบสอบถามทางสติปัญญากลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าแบบสอบการคิดวิจรณ์ญาณมีค่าความยากเท่ากับ 0.61 ค่าสัมประสิทธิ์

ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในเท่ากับ .05 ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงแบบสอบซ้ำเท่ากับ .57 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบย่อยทั้ง 5 ฉบับมีค่าตั้งแต่ .07 - .19 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบย่อย กับแบบสอบการคิดวิจารณ์ตามทั้งฉบับมีค่าตั้งแต่ .47 - .62 ความตรงตามทฤษฎีโดยการวิเคราะห์ตัวประกอบได้ตัวประกอบสำคัญ 8 ตัว และมีค่าสัมประสิทธิ์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์กับแบบสอบโปรแกรมสตีพแมทธิซีส ฉบับมาตรฐานเท่ากับ .60 ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จิรพา จันทะเวียง ( 2542 : บทคัดย่อ ) ได้ศึกษาผลการฝึกความสามารถทางสมองด้านภาษาและผลผลิตที่ใช้ วิธีการคิดต่างกันตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกความสามารถทางสมองด้วยวิธีการคิดแบบอเนกนัย เอกนัยและประเมินค่า ด้านภาษาและผลผลิต มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ

เบญจมาศ สันประเสริฐ ( 2533 : บทคัดย่อ ) ศึกษาผลการใช้แบบฝึกทักษะการทดลองที่มีต่อการคิดวิจารณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นิพล นาสมบูรณ์ (2536 :บทคัดย่อ)ได้ศึกษาผลของการสอนวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียน ที่ได้รับการสอนด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าการสอนตามแผนการสอนของกระทรวงศึกษาธิการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มยุรี หรุ่นขำ(2544:บทคัดย่อ)ได้ศึกษาผลการใช้รูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ในบริบทของชุมชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ในบริบทของชุมชนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อวยพร เรืองศรี ( 2545 : บทคัดย่อ ) ได้ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างการคิดอภิमानกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การคิดอภิमानแต่ละด้านมีสหสัมพันธ์พหุคูณกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมทุกด้านและตามด้านต่างๆอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 และการคิดอภิमानแต่ละด้านมีค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ ที่ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมทุกด้านเป็นบวกทุกค่า แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของการคิดอภิमानแต่ละด้าน ที่ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามด้านต่างๆ พบว่าการคิดอภิमानบางด้านที่ส่งผลทางลบต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยเฉพาะเมื่อวิเคราะห์ตามกลุ่มนักเรียนชายและนักเรียนหญิง

## 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

ผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของต่างประเทศ มีดังนี้

รอสส์ ( Ross. 1988 : 193 – 204 ) ได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ในการวัดผลของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ โดยใช้แบบทดสอบที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเพศ รอสส์ได้ตั้งสมมติฐานว่า ผู้ชายจะมีผลสัมฤทธิ์เกี่ยวกับเนื้อหาเพศชายได้ดีกว่าเพศหญิง และเพศหญิงก็จะมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเพศชาย ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับเพศหญิงผลจากการศึกษาปรากฏว่าเพศชายและเพศหญิง ไม่แตกต่างกันในผลสัมฤทธิ์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเพศ

ชาร์แมนน์ ( Schamann. 1989 : 715 – 726 ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการพัฒนาการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการศึกษาพบว่าการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใน 1 ภาคเรียน จะทำให้พัฒนาการในการรับรู้พื้นฐานทางด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

สตราวิทซ์ ( Strawitz. 1989 : 659 – 664 ) ได้ศึกษาผลของการทดสอบผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยตนเอง โดยใช้อุปกรณ์การเรียนรู้ผลปรากฏว่า การทดสอบย่อย ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างต่อผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทอมป์สัน ( Thompson. 1992 ) ผู้วิจัยได้ศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษากลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 ถึงเกรด 10 จำนวน 8 คน ซึ่งเป็นผู้มีความสนใจ และมีส่วนร่วมในการประกวดวิทยาศาสตร์ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือกลุ่ม A เป็นผู้ชนะเลิศในการประกวดวิทยาศาสตร์กลุ่ม B เป็นผู้ไม่ชนะเลิศในการประกวดวิทยาศาสตร์ กลุ่ม C เป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการประกวดวิทยาศาสตร์ และกลุ่ม D เป็นผู้ไม่มีส่วนร่วมในการประกวดวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เหมือนกันใน 32 วิชา ผลการวิจัยพบว่านักเรียนทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความเข้าใจ ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากเพียงพอ ส่วนใหญ่มีความเข้าใจผิด โดยแสดงออกมาจากวิชาต่างๆทั้ง 4 กลุ่ม

นอร์แมน ( Norman. 1992 : 715 – 727 ) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างแบบจำลองที่เป็นระบบ( Systematic modeling ) กับวัฏจักรการเรียนรู้ ( learning cycle ) ผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยครูที่สอนแบบจำลองที่เป็นระบบมีผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยครูที่สอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้

รอตและรอยเชาวด์ฮิวรี ( Roth and Roychoudhury. 1993 : 127 – 152 ) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในสิ่งแวดล้อมจริงกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 157 คนโดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นนักเรียนเกรด 11 จำนวน 48 คนซึ่งได้รับการสอนโดยวิธีชี้แนะแนวทางในวิชาฟิสิกส์ กลุ่ม 2 เป็นนักเรียนเกรด 12 จำนวน 29 คน ซึ่งได้รับการสอนในวิชาฟิสิกส์ระดับสูง และกลุ่มที่ 3 เป็นนักเรียนเกรด 8 จำนวน 80 คน ซึ่งได้รับการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยกลุ่มนักเรียนจากกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มจะเป็นศูนย์กลางในการเรียน มีการฝึกให้ปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองอย่างอิสระเหมือนกัน เครื่องมือที่ใช้คือวิธีการสังเกตโดยตรงจากวิดีโอเทป การสัมภาษณ์ จากรายงาน และให้ย่อการปฏิบัติการของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่ม มีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นเช่นมีทักษะในตัวแปรต่าง ๆ เหมือนกันคือ ทักษะการแปรความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการให้คำนิยาม และทักษะการทดลอง

มารา (Marra.1997 :1215-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอย่างมีวิจารณญาณรูปแบบการเรียน และความเชื่ออำนาจภายใน-ภายนอกตน โดยใช้แบบวัดการคิดวิจารณ์ญาณ (The Watson-Glaser critical thinking appraisal) แบบวัดรูปแบบการเรียน และแบบวัดความเชื่ออำนาจภายใน-ภายนอกตน ผลการศึกษาพบว่าความเชื่ออำนาจภายในตน มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้ที่มีความเชื่ออำนาจภายในตนจะมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณสูง นอกจากนี้ยังพบว่า รูปแบบการเรียนที่ใช้การคิดและลงมือปฏิบัติจะทำให้ผู้เรียนมีความคิดวิจารณ์ญาณสูงและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วย

เธอร์สตัน ( Johnson.1955 : 410 citing Thurstone n.d. ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการคิดหาเหตุผลกับความสามารถด้านต่างๆ โดยศึกษากับเด็กอายุ 10 – 18 ปี จำนวน 1,000 คน พบว่า การคิดหาเหตุผลกับความสามารถด้านความจำ จำนวนเท่ากับ .54 ด้าน ความคล่องแคล่วในการใช้คำเท่ากับ .48 ด้านภาษาเท่ากับ .54 ด้านมิติสัมพันธ์เท่ากับ .38 ด้านความจำเท่ากับ .39 และด้านความสามารถทั่วไปเท่ากับ .84

คูห์ลแมน และแอนเดอร์สัน (Johnson.1955 : 411 citing kuhlman and Anderson.n.d. ) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหาเหตุผล สถิติปัญญา และองค์ประกอบด้านภาษาของเด็กเกรด 8 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหาเหตุผลกับสถิติปัญญาเท่ากับ .22 และการคิดหาเหตุผลกับองค์ประกอบด้านภาษาเท่ากับ .52 ส่วน จาคอบ (Johnson.1955 : 411 citing Jacob. n.d. ) ได้ศึกษาเด็กเกรด 10 ในเรื่องเดียวกัน พบว่าการคิดหาเหตุผลมีความสัมพันธ์กับสถิติปัญญาเท่ากับ .67 และองค์ประกอบด้านภาษาเท่ากับ .58

กูดแมน ( Goodman. 2000 : 436 ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถทางสมองด้านต่างๆที่มีผลต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเคมีโดยศึกษากับนักเรียนระดับวิทยาลัย 113 คน พบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวิชาเคมีกับความสามารถด้านเหตุผลเท่ากับ .43 กับมิติสัมพันธ์เท่ากับ .25 กับภาษาเท่ากับ .28 และกับความจำเท่ากับ .25

มาร์ติน ( Martin. 1964 : 2547 – 2548 A ) ได้ศึกษาสมรรถภาพทางสมองด้าน การคิดหาเหตุผล ความเข้าใจในการอ่าน และความคล่องแคล่วในการคำนวณ ที่มีต่อการแก้ปัญหา โจทย์เลขคณิตกับความสามารถทางสมองด้านเหตุผลเท่ากับ .61 กับความเข้าใจในการอ่านเท่ากับ .64 และกับความคล่องแคล่วในการคิดคำนวณเท่ากับ .60

ครัส (วรรณา บุญนิม .2541: 19 ; อ้างอิงจาก ทิพา เพชรดี. 2515 :20 ) ได้ศึกษาความ เปลี่ยนแปลงของความคิดวิจารณ์ญาณ จากการสอนด้วยวิธีค้นพบ ( Discovery Centered ) กับวิธีใช้ครูเป็นศูนย์กลางในการเรียนวิทยาศาสตร์ของเด็กเกรด 6 เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบที่ ครูสร้างขึ้นเองมีสองฉบับ คือฉบับแรกวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลตามตรรกศาสตร์ ( Reason Logically ) และวัดความสามารถในการคิดแบบวิเคราะห์และฉบับที่สอง เป็นแบบทดสอบ วัดความคิดวิจารณ์ญาณซึ่งมีแบบทดสอบย่อย 5 ฉบับย่อยแล้วเปรียบเทียบคะแนนการสอบครั้งแรก และครั้งหลัง พบว่า แบบทดสอบฉบับแรก ความคิดวิเคราะห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แบบทดสอบฉบับหลังคือ แบบทดสอบวัดความคิดวิจารณ์ญาณนั้น เด็กมีความสามารถเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสี่ฉบับย่อยและอีกฉบับคือ ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งของเด็ก ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แอนเดอร์สัน( Anderson. 1976 : 3332 A ) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถในการแก้ปัญหากับภูมิหลังทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณ (Critical Thinking ) และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนฝึกหัดครู 3 กลุ่ม ที่กำลังเรียนวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ กลุ่มทดลองได้รับการสอนวิธีแก้ปัญหาเพียงกลุ่มเดียว แต่ ทดสอบทั้งสามกลุ่ม โดยนักเรียนแต่ละคนจะได้รับข้อความแล้วให้เขียนปัญหาที่เกิดขึ้น และบอก วิธีการของตนในการตอบปัญหานั้น โดยคำนึงถึงวิธีการแก้ปัญหามีกี่วิธี และปรากฏว่า ความสามารถในการแก้ปัญหากลุ่มทดลองไม่แตกต่างจากอีก 2 กลุ่ม

โปลันสกี ( Polanski. 1975 : 5952 – 5953 A ) ศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปฏิบัติการคิดเชิงตรรกศาสตร์ การคิดวิจารณ์ญาณ และความคิดสร้างสรรค์ กับความเข้าใจ แบบวิทยาศาสตร์การคิดวิจารณ์ญาณมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับตัวประกอบ ที่เรียกว่า ความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ส่วนความคิดสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์กับความเข้าใจในเนื้อหา วิทยาศาสตร์อยู่เพียงเล็กน้อยทั้งนี้พบว่านักเรียนระดับเกรด6ทำคะแนนจากการสอบทุกด้านได้ดีกว่า นักเรียนระดับเกรด 4

วิลเลียม ( William. 1981 : 1605 A ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ และ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณระหว่างการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ กับการสอน แบบเดิมที่มีครูเป็นจุดศูนย์กลางวิชาประวัติศาสตร์อเมริกากลุ่มทดลอง 41 คนสอนด้วยวิธีสืบเสาะ หาความรู้ กลุ่มควบคุม 43 คน สอนแบบเดิม ทำการสอนมาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
 ขั้นบูรณาการมีความสัมพันธ์กับการคิดในรูปแบบต่างๆ เพราะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
 เป็นทักษะการปฏิบัติซึ่งใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ เพื่อเสาะแสวงหาความรู้หรือ  
 แก้ไขปัญหาอันเกิดจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบเพื่อให้  
 เกิดประสิทธิภาพในการปฏิบัติ ส่วนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึงความสามารถในการคิด  
 อย่างพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ สถานการณ์ที่ปรากฏข้อโต้แย้ง หรือ  
 ข้อมูลที่คลุมเครือโดยใช้ความรู้ความคิด และประสบการณ์ของตนเองในการตัดสินใจเพื่อลงสรุปเป็น  
 ข้อยุติที่สมเหตุสมผล ดังนั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจึงมีส่วนสัมพันธ์และ  
 ส่งเสริมให้การคิดอย่างมีวิจารณญาณได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Canonical Correlation research) โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 29 โรงเรียน จำนวนนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ทั้งสิ้น 5,452 คน

##### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 สังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 5 โรงเรียน จำนวน 1,201 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) มีลำดับขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ประเมินขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดโดยกำหนดความเชื่อมั่น 95% ( $\alpha = .05$ ) ได้กลุ่มตัวอย่าง 877 คน (มยุรี ศรีชัย . 2538) ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 1,201 คน

ขั้นที่ 2 แบ่งโรงเรียนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาออกเป็นขนาดใหญ่ 7 โรงเรียน ขนาดกลาง 11 โรงเรียน และขนาดเล็ก 11 โรงเรียน

ขั้นที่ 3 สุ่มโรงเรียนในแต่ละขนาดตามสัดส่วนได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 1,201 คน  
แสดงรายละเอียดดังตาราง 2

การกำหนดขนาดตัวอย่าง สำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรผู้วิจัยได้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนไว้เท่ากับ 5 และโอกาสของการเสี่ยง (  $\alpha = .05$  ) และผู้วิจัยไม่ทราบค่า  $\sigma^2$  ดังนั้นต้องประมาณค่า S จากสูตร ( มัลลิกา บุณนาค. 2544 ; 471 )

$$s = \frac{1}{6}(\text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด})$$

ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ( n ) หาได้จากสูตร ( มยุรี ศรีชัย. 2538 )

$$n = \frac{\sum_{g=1}^K \frac{N_g^2 \delta_g^2}{w_g}}{\frac{N^2 e^2}{4} + \sum_{g=1}^K N_g \delta_g^2}$$

ดังนั้นจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่จะต้องสุ่มอย่างน้อยเท่ากับ 877 คน โดยในแต่ละชั้นมีขนาดของกลุ่มตัวอย่างหาได้จากสูตร ( มยุรี ศรีชัย. 2538 )

$$n_1 = w_1 n$$

ตาราง 2 จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจำแนกตามขนาดของโรงเรียน

| โรงเรียน            | จำนวน<br>โรงเรียน | จำนวนโรงเรียน<br>กลุ่มตัวอย่าง | จำนวนประชากร<br>(คน) | กลุ่มตัวอย่าง<br>(คน) |
|---------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|
| ขนาดใหญ่            | 7                 | 1                              | 3208                 |                       |
| - อยุธยาวิทยาลัย    |                   |                                |                      | 727                   |
| ขนาดกลาง            | 11                | 2                              | 1585                 |                       |
| - อุกฤษ             |                   |                                |                      | 149                   |
| - บางชัยวิทยา       |                   |                                |                      | 196                   |
| ขนาดเล็ก            | 11                | 2                              | 659                  |                       |
| - หนองน้ำส้มวิทยาคม |                   |                                |                      | 44                    |
| - บางบาล            |                   |                                |                      | 85                    |
| รวม                 | 29                | 5                              | 5,452                | 1,201                 |

### เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

1. ข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ 5 ทักษะจำนวน 50 ข้อ เวลา 75 นาที มีลักษณะเป็นข้อคำถามและกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ( ว101 – ว306 ) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองเป็นชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน ได้แก่

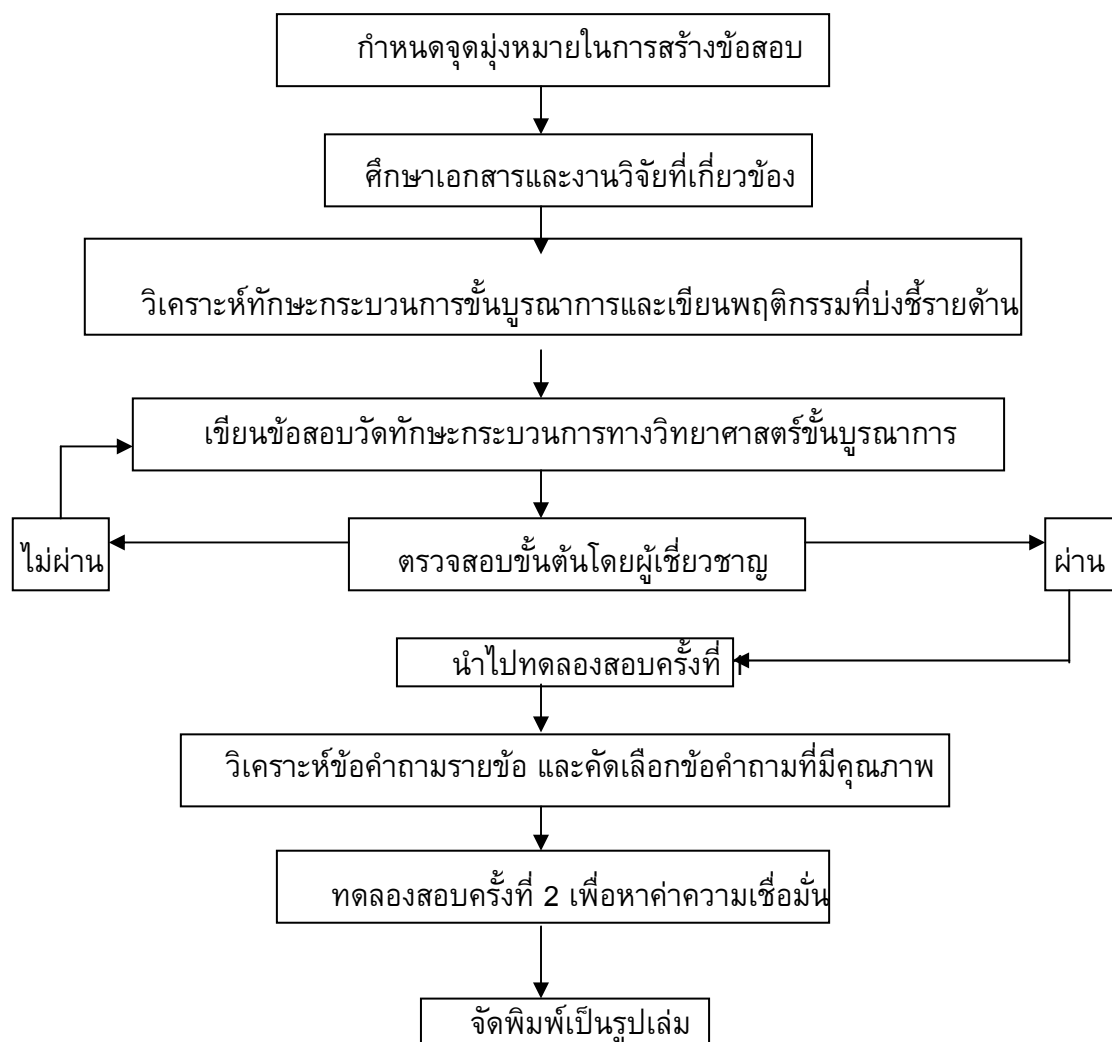
- |                                         |              |
|-----------------------------------------|--------------|
| 1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน                 | จำนวน 10 ข้อ |
| 2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ     | จำนวน 10 ข้อ |
| 3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร         | จำนวน 10 ข้อ |
| 4. ทักษะการทดลอง                        | จำนวน 10 ข้อ |
| 5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป | จำนวน 10 ข้อ |

แล้วรวมเป็นข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ 1 ฉบับ

2. ข้อสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 60 ข้อ เวลา 60 นาที เป็นชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนนเป็นของสมสุข โกวเจริญ ( 2544 ) ซึ่งผู้วิจัยได้ขออนุญาตใช้สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

## การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการสร้างข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้



ภาพประกอบ 3 ลำดับขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพข้อสอบทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์  
ชั้นบูรณาการ

วิธีดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ

### 1. ข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

#### 1.1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างข้อสอบ

เพื่อสร้างข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

5 ทักษะ มีลักษณะเป็นข้อคำถามและกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

( ว101 – ว306 ) ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

## 1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับความหมาย ประเภทของทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะตามหนังสือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ( สสวท. 2524 )

1.3 วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเขียนพฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการย่อยทั้ง 5 ทักษะ

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

| ทักษะ                                  | พฤติกรรมที่บ่งชี้                                                                                                    |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - ทักษะการตั้งสมมติฐาน                 | คาดคะเนคำตอบก่อนการทดลองได้สอดคล้องกับตัวแปรต้น และตัวแปรตามโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม                         |
| - ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ     | การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่างๆ ในการปฏิบัติการทดลองให้สามารถทดสอบหรือวัดได้                          |
| - ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร         | การบ่งชี้และกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆ ในปรากฏการณ์หนึ่งๆที่ต้องการศึกษา             |
| - ทักษะการทดลอง                        | การออกแบบการทดลอง ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง อธิบายขั้นตอนการทดลอง และเสนอแนะการบันทึกผลการทดลอง               |
| - ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป | การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะ และคุณสมบัติของข้อมูลพร้อมทั้งสรุปความสัมพันธ์ของตัวแปรที่อยู่ในข้อมูลที่ต้องการศึกษา |

1.4 เขียนข้อคำถามวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ตามพฤติกรรมที่บ่งชี้จำนวน 100 ข้อเป็นชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

1.5 นำข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ( Content Validity )และความเป็นปรนัย( Objectivity ) ของข้อคำถามนำผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง ( IOC ) ของข้อสอบที่ได้นิยามไว้ในแต่ละด้าน โดยรวมความเห็นในช่อง เห็นด้วย ( +1 ) ไม่แน่ใจ ( 0 ) และไม่เห็นด้วย ( -1 ) ตามวิธีของ โรวิเนลลีและแฮมเบิลตัน ( บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2545 ) คัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จากการศึกษาพบว่าข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 -1.0 คัดเลือกไว้ 89 ข้อ ดังนี้

- ทักษะการตั้งสมมติฐานจำนวน 17 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ( IOC ) อยู่ระหว่าง 0.6 – 1.0
- ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการจำนวน 17 ข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.8 – 1.0
- ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรจำนวน 17 ข้อมีค่า ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.8 – 1.0
- ทักษะการทดลองจำนวน 19 ข้อมีค่า ดัชนีความสอดคล้อง( IOC) อยู่ระหว่าง 0.8 – 1.0
- ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจำนวน 18 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง( IOC) อยู่ระหว่าง 0.6 – 1.0

1.6 นำข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพในขั้นต้นแล้วจำนวน 89 ข้อ ไปทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอยุธยาอนุสรณ์ จำนวน 88 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.7 นำข้อสอบที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกรายข้อโดยใช้เทคนิค 27 % ของกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ คัดเลือกข้อที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .2 – .8 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไปคัดเลือกไว้ จำนวน 50 ข้อ ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

- ทักษะการตั้งสมมติฐานจำนวน 10 ข้อมีค่าความยาก ( p ) อยู่ระหว่าง 0.39 – 0.67 ค่าอำนาจจำแนก ( r ) อยู่ระหว่าง 0.56 – 0.89
- ข้อสอบทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการจำนวน 10 ข้อมีค่าความยาก ( p ) อยู่ระหว่าง 0.39 – 0.50 ค่าอำนาจจำแนก( r ) อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00
- ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรจำนวน 10 ข้อ มีค่าความยาก ( p ) อยู่ระหว่าง 0.28 – 0.58 ค่าอำนาจจำแนก( r ) อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.78

- ทักษะการทดลองจำนวน 10 ข้อ มีค่าความยาก ( p ) อยู่ระหว่าง 0.39 – 0.61  
ค่าอำนาจจำแนก ( r ) อยู่ระหว่าง 0.39 – 0.83

- ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 10 ข้อ มีค่าความยาก ( p )  
อยู่ระหว่าง 0.31– 0.61 ค่าอำนาจจำแนก ( r ) อยู่ระหว่าง 0.50 – 0.89

รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง

1.8 ทดสอบครั้งที่ 2 นำข้อสอบที่คัดเลือกและปรับปรุงคุณภาพจากการทดสอบครั้งที่ 1 จำนวน 50 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อีกกลุ่มหนึ่งที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 86 คน แล้วหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ ปรากฏผลดังนี้

- ทักษะการตั้งสมมติฐานจำนวน 10 ข้อ ค่าความเชื่อมั่น (  $r_{tt}$  ) เท่ากับ 0.76

- ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จำนวน 10 ข้อ ค่าความเชื่อมั่น (  $r_{tt}$  )  
เท่ากับ 0.76

- ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรจำนวน 10 ข้อ ค่าความเชื่อมั่น (  $r_{tt}$  )  
เท่ากับ 0.60

- ทักษะการทดลองจำนวน 10 ข้อ ค่าความเชื่อมั่น (  $r_{tt}$  ) เท่ากับ 0.60

- ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจำนวน 10 ข้อ ค่าความเชื่อมั่น (  $r_{tt}$  )  
เท่ากับ 0.73

1.9 จัดพิมพ์ข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการวิจัย

## 2. ข้อสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ข้อสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบที่ผู้วิจัยได้ขออนุญาตใช้จากสมสุข โถวเจริญ ( 2544 ) ลักษณะของข้อสอบเป็นแบบสถานการณ์แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการสรุปความ ด้านการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความและด้านการประเมินการอ้างเหตุผล มีจำนวนทั้งหมด 60 ข้อ ด้านละ 12 ข้อ ชนิดเลือกตอบ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ผู้วิจัยได้นำข้อสอบฉบับนี้ มาหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1 นำข้อสอบฉบับนี้ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนอยุทธาอนุสรณ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 86 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นำผลของการตอบข้อสอบมาหาค่าความเชื่อมั่น(Reliability)ด้วยสูตร  $KR_{20}$  ได้ค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบเท่ากับ 0.75 ซึ่งมีค่าสูงเพียงพอสำหรับนำมาใช้ในการวิจัย

2.2 นำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างแล้วนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์

## ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### 1. ข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นข้อสอบให้เลือกตอบ 5 ตัวเลือก ดังตัวอย่าง

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามในแต่ละข้อ โดยให้นักเรียนทำเครื่องหมายถูกหน้าตัวเลือกที่เห็นว่าถูก

### ทักษะการตั้งสมมติฐาน

ข้อที่ 0 ต่ายทดลองดีดสายกีตาร์ที่มีขนาดและความตึงเท่ากัน แต่ความยาวต่างกันเพื่อเปรียบเทียบเสียงที่เกิดจากแต่ละสาย ข้อใดเป็นสมมติฐานของการทดลองนี้

- ก. ขนาดของลวดต่างกันทำให้เสียงต่างกัน
- ข. การสั่นของลวดที่มีความยาวต่างกันทำให้เสียงต่างกัน
- ค. ลวดที่มีความตึงต่างกัน จะเกิดเสียงระดับเดียวกัน
- ง. การสั่นของเส้นลวดที่มีความตึงต่างกันทำให้เกิดเสียงต่างกัน
- จ. ขนาดของแรงดีดที่ต่างกัน จะทำให้เกิดระดับเสียงต่างกัน

เฉลย ข.

ข้อที่ 00 ปัญญาต้องการจะปลูกชบา จึงวางแผนการทดลองโดยนำกิ่งชบาสด ซึ่งมีตาที่กำลังผลิหลายกิ่งมาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เท่าๆกัน ส่วนหนึ่งนำไปแช่น้ำประปา อีกส่วนหนึ่งนำไปแช่ไว้ในน้ำประปาผสมเกลือ ข้อใดควรเป็นสมมติฐานในการทำการทดลอง

- ก. น้ำประปามีผลต่อกิ่งชบา
- ข. เกลือทำให้น้ำประปาสะอาดขึ้น
- ค. เกลือช่วยให้รากพืชงอกเร็วขึ้น
- ง. เกลือมีผลต่อการผลิใบของตาทิ้งชบา
- จ. เกลือและน้ำประปามีผลต่อการผลิใบ

เฉลย

### ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ข้อที่ 0 คำกล่าวที่ว่า “ คนอ้วนจะมีน้ำหนักที่มากกว่าคนผอม” ข้อใดต่อไปนี้เป็นนิยามของ น้ำหนักที่เข้าใจตรงกัน

- ก. น้ำหนักคือแรงชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในคนเราทำให้สามารถทำงานได้
- ข. น้ำหนักคือพลังงานชนิดหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นภายในตัวของคนเรา ทำให้สามารถทำงานได้
- ค. น้ำหนักคือแรงชนิดหนึ่งที่เกิดจากอาหารที่รับประทานเข้าไปแล้วเกิดการเผาผลาญให้แรงออกมา
- ง. น้ำหนักคือแรงชนิดหนึ่งที่เกิดจากอาหารที่รับประทานเข้าไปแล้วเกิดการเผาผลาญให้พลังงานออกมา
- จ. น้ำหนักคือแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุ ซึ่งเราสามารถทราบได้โดย การใช้เครื่องชั่งน้ำหนักมาวัด

เฉลย จ

ข้อที่ 00 จากคำกล่าวที่ว่า”ร่างกายของคนเรา ถ้ามีอุณหภูมิปกติแล้วจะไม่มีไข้” ข้อความต่อไปนี้ เป็นคำนิยามของอุณหภูมิปกติ ที่เข้าใจได้ตรง

- ก. อุณหภูมิปกติ คืออุณหภูมิที่ร่างกายของเราทุกคนต้องเท่ากัน
- ข. อุณหภูมิปกติ คืออุณหภูมิที่ร่างกายเราสามารถวัดได้จากปรอทวัดไข้ ประมาณ  $37^{\circ}\text{C}$
- ค. อุณหภูมิปกติ คืออุณหภูมิที่คนส่วนใหญ่มีเท่ากัน ซึ่งเป็นอุณหภูมิมาตรฐานใช้โดยทั่วไป
- ง. อุณหภูมิปกติ คืออุณหภูมิที่หมอใช้ตรวจดูคนไข้ว่าหายเป็นปกติหรือยังมีไข้อยู่
- จ. อุณหภูมิปกติ คืออุณหภูมิที่เราสามารถรู้ได้โดยการใช้อุณหภูมิที่ร่างกายหรือหน้าผากถ้าตัวไม่ร้อนแสดงว่าไม่มีไข้

เฉลย ข

### ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

จากการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่า เมื่อเติมน้ำสบู่ และน้ำผงซักฟอก ลงไปในน้ำมันพืช ทำให้น้ำมันพืชที่ไม่ละลายน้ำละลายได้หรือไม่ และได้ทำการทดลองดังนี้

1. ใส่น้ำกลั่น 3 ลบ.ซม. ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอด
2. เติมน้ำมันพืช 3 หยดในหลอดทั้ง 3 สังเกตการเปลี่ยนแปลง
3. เขย่าหลอดทดลอง หลอดที่ 1 20 วินาที แล้วตั้งทิ้งไว้ หลอดที่ 2 เติมน้ำสบู่ 1 ลบ.ซม.

เขย่า 20 วินาที หลอดที่ 3 เติมน้ำผงซักฟอก 1 ลบ.ซม. เขย่า 20 วินาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผล

ข้อที่ 0 จากข้อมูลที่กำหนดให้ ข้อใดคือตัวแปรตามจากการทดลอง

- ก. จำนวนหยดของน้ำมันพืชแต่ละครั้ง
- ข. ปริมาณฟองที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด
- ค. การละลายของน้ำมันพืชในแต่ละหลอด
- ง. ความหนาแน่นของน้ำมันพืชในแต่ละหลอด
- จ. สีของสารทดลองในแต่ละหลอดที่เปลี่ยนไป

เฉลย ค

ข้อที่ 00 จากข้อมูลการทดลองตัวแปรต้นคือข้อใด

- ก. การละลายของน้ำมันพืช
- ข. จำนวนหยดของน้ำมัน
- ค. จำนวนครั้งในการเขย่า
- ง. ปริมาณของน้ำสบู่
- จ. ปริมาณน้ำผงซักฟอก

เฉลย ข.

### ทักษะการทดลอง

ข้อที่ 0 ถ้าต้องการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า ของเหลวต่างชนิดกันระเหยได้มากน้อยไม่เท่ากัน จะต้องทำอย่างไร

- ก. ใส่ของเหลวต่างชนิด แต่ปริมาตรเท่ากัน ลงในภาชนะที่มีขนาดต่างกัน
- ข. ใส่ของเหลวชนิดต่างกัน แต่ปริมาตรเท่ากัน ลงในภาชนะที่มีขนาดเท่ากัน
- ค. ใส่ของเหลวปริมาตรต่างกันลงในภาชนะที่มีขนาดต่างกัน
- ง. ใส่ของเหลวปริมาตรต่างกันลงในภาชนะที่มีขนาดเท่ากัน
- จ. ใส่ของเหลวปริมาตรเท่ากัน ลงในภาชนะที่มีรูปร่างต่างกัน

เฉลย ข

ข้อที่ 00 ถ้านักเรียนต้องการทดสอบว่า “ กลี้อปนทำให้น้ำแข็งมีอุณหภูมิต่ำลงจริงหรือไม่” จะเลือกใช้อุปกรณ์ใด

- ก. กลี้อปน , น้ำแข็ง , ปีกเกอร์ , น้ำ
- ข. กลี้อปน , น้ำแข็ง , หลอดฉีดยา , น้ำ
- ค. กลี้อปน , น้ำแข็ง , เทอร์โมมิเตอร์ , น้ำ
- ง. กลี้อปน , น้ำแข็ง , ปีกเกอร์ , หลอดฉีดยา
- จ. กลี้อปน , น้ำแข็ง , ปีกเกอร์ , เทอร์โมมิเตอร์

เฉลย จ

### ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ข้อที่ 0 จากตารางบันทึกผลการทดลอง จะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

| สิ่งที่สังเกต              | ผลการสังเกต                                                 |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1. ลักษณะเนื้อสารหมายเลข 1 | บางส่วนเป็นผงสีดำบางส่วนเป็นผงสีขาว<br>หยาบบ้าง ละเอียดบ้าง |
| 2. สารหมายเลข 1 ผสมน้ำ     | ของเหลวขุ่น มีสารสีดำลอยอยู่ที่ผิวน้ำ                       |
| 3. สิ่งที่ติดบนกระดาษกรอง  | สารสีดำ                                                     |

- ก. การแยกสารเนื้อผสมที่เป็นของแข็งบางชนิดทำได้โดยอาศัยสมบัติของ การ  
เปลี่ยนสถานะ
- ข. การแยกสารเนื้อผสมที่เป็นของแข็งบางชนิดทำได้โดยอาศัยสมบัติของ การ  
ระเหิด
- ค. การแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่ไม่ละลายน้ำทำได้โดยการกรอง
- ง. การแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่ละลายน้ำได้ทำได้โดยการระเหย จน  
แห้ง
- จ. การแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมซึ่งมีองค์ประกอบที่ถูกแม่เหล็กดูดได้  
เฉลย ก.

ข้อที่ 00 จากผลการทดลองข้างล่างนี้นักเรียนสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

- ก. น้ำมันพืชไม่ละลายน้ำ
- ข. น้ำมันพืชเมื่อทำปฏิกิริยาแล้วได้สารละลายขุ่นขาว
- ค. สบู่ผงซักฟอกและแชมพูมีสมบัติแยกน้ำมันออกจากน้ำได้ชัดเจน
- ง. สบู่ , ผงซักฟอกและแชมพู มีสมบัติทำให้น้ำมันละลายได้ในน้ำ
- จ. น้ำมันพืชทำให้น้ำสบู่ สารละลายผงซักฟอก และสารละลายแชมพูเกิด  
การแตกตัว  
เฉลย ง

### 2. ตัวอย่างข้อสอบความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณ

เป็นข้อสอบที่ใช้วัดความคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียน มีลักษณะเป็นข้อสอบ  
ใช้สถานการณ์ มีทั้งหมด 5 ตอน เลือกตอบถูกผิด 5 ตัวเลือก ตัวอย่างเช่น

#### คำชี้แจง

- 1.ลักษณะของข้อสอบฉบับนี้ประกอบด้วยสถานการณ์เกี่ยวกับข้อความรู้ทั่วไป ที่ถือว่า

เป็นจริงหลังจากแต่ละสถานการณ์จะเป็นข้อสรุปที่มีความเป็นไปได้ต่างๆ กันให้อ่านทำความเข้าใจข้อสรุปนั้น ๆ ทีละข้อ

2. การตอบให้นักเรียนตอบในกระดาษคำตอบโดยกากบาทในข้อที่นักเรียนเห็นว่าถูกต้องที่สุด

3. ในด้านการสรุปความ การอนุมาน การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้นและด้านการนิรนัย ถ้านักเรียนตอบ

ข้อ ก. แสดงว่าจริง

ข้อ ข. น่าจะเป็นจริง

ข้อ ค. ข้อมูลไม่เพียงพอ

ข้อ ง. ไม่น่าจะจริง

ข้อ จ. ไม่จริง

4. ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง ถ้านักเรียนเลือก

ข้อ ก. มีความหนักแน่นมีความสำคัญและสัมพันธ์กับคำถาม

ข้อ ข. ไม่มีความหนักแน่นไม่มีความสำคัญและไม่สัมพันธ์กับคำถาม

ด้านการสรุปความ

สถานการณ์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 300 คน พร้อมใจกันไปประชุมในวันสุดท้าย สัปดาห์ที่จังหวัดกาญจนบุรี หัวข้อในการระดมสมองเพื่อหาข้อยุติครั้งนี้ คือ “ความสงบสุขของประชาชนในโลก” ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาที่นักเรียนถือว่ามีความสำคัญและน่าสนใจในโลกยุคปัจจุบัน

1) จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้อสรุปใดเป็นไปได้อย่างแน่นอน

\_\_\_ 1. นักเรียนกลุ่มนี้อภิปรายถึงเรื่องค่าเงินบาทลอยตัว

\_\_\_ 2. นักเรียนกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 16 – 18 ปี

\_\_\_ 3. นักเรียนกลุ่มนี้มีความสามัคคีในการแก้ปัญหา

เฉลย 1. จ

2. ง

3. ข

### ด้านการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น

สถานการณ์ เราจำเป็นต้องประหยัดเวลาในการเดินทางไปหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ดังนั้น เราควรเดินทางโดยเครื่องบิน

1. ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ที่กำหนด

- \_\_\_ 1. การเดินทางโดยเครื่องบินสะดวกและปลอดภัยกว่าการเดินทางโดยวิธีอื่น
- \_\_\_ 2. การเดินทางไปอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาเดินทางได้เฉพาะทางเครื่องบิน
- \_\_\_ 3. การเดินทางโดยเครื่องบินใช้เวลาน้อยกว่าการเดินทางโดยวิธีอื่น

เฉลย 1. ก

2. ข

3. ค

### ด้านการนิรนัย

ข้อความ “ บางครั้งวันหยุดฝนตก” และ “ วันที่ฝนตกน่าเบื่อ”

2. ถ้าข้ออ้างที่กำหนดให้เป็นจริงแล้วข้อสรุปใดเป็นไปตามหลักการที่กำหนด

- \_\_\_ 1. วันหยุดบางวันน่าเบื่อ
- \_\_\_ 2. วันหยุดบางครั้งฝนตก
- \_\_\_ 3. บางครั้งวันหยุดไม่น่าเบื่อ

เฉลย 1. ข

2. ก

3. ข

### ด้านการตีความ

สถานการณ์ จากการศึกษาการเริ่มเรียนภาษาอังกฤษในระดับอนุบาล ระดับประถมศึกษาปีที่ 1 และระดับประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า เมื่อนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มที่เริ่มเรียน ป. 5 สอบได้คะแนนต่ำที่สุด และกลุ่มที่เริ่มเรียนในระดับอนุบาล สอบได้คะแนนสูงสุด

4) จากสถานการณ์สรุปได้ว่อย่างไร

- \_\_\_ 1. ควรจัดหลักสูตรวิชาภาษาอังกฤษให้เริ่มเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล
- \_\_\_ 2. เริ่มเรียนภาษาอังกฤษทุกระดับชั้นได้คะแนนพอ ่กันในการสอบชั้น ม. 1
- \_\_\_ 3. วิชาภาษาอังกฤษจะเรียนได้ผลดีเมื่อเริ่มเรียนในระดับชั้นอนุบาลและชั้น ป. 1

เฉลย 1. ก

2. ข

3. ข

### ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง

ข้อความ “ ควรให้เด็กที่มีอายุ 3 – 5 ขวบ เข้าเรียนโรงเรียนอนุบาลมากกว่าเลี้ยงอยู่ที่บ้าน”

5) ข้อความที่กำหนดนักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร

- \_\_\_ 1. เห็นด้วย เพราะจะได้รับการอบรมลักษณะนิสัยดีกว่าอยู่ที่บ้าน
- \_\_\_ 2. เห็นด้วยเพราะจะเด็กได้เรียนรู้สิ่งต่างๆและพัฒนาการทางกาย อารมณ์ สังคม
- \_\_\_ 3. ไม่เห็นด้วย เพราะเด็กวัยนี้ไม่สามารถรับรู้เรื่องราวต่างๆได้

เฉลย 1. ข

2. ข

3. ก

เกณฑ์การให้คะแนนของข้อสอบ มีดังนี้

ตอบถูกได้ 1 คะแนน

ตอบผิดได้ 0 คะแนน

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขอลหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงเรียน 5 ฉบับ ฉบับละ 1 โรงเรียน

2. ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 โรงเรียน เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และนัดหมายกำหนด วันเวลา

3. จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

จัดเตรียมจำนวนเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จำนวน 2 ฉบับ คือ ข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และ ข้อสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและกระดาษคำตอบให้เพียงพอให้กับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ต้องการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง

4. วิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำดังนี้

เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนในจังหวัด

พระนครศรีอยุธยา 5 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 26 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 1,201 คน โดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และข้อสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ได้จัดเตรียมไว้ และผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการนัดหมายกับทางโรงเรียนและกับทางอาจารย์ผู้ช่วยในการควบคุมการสอบ สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2547 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2547 ในวันเวลาราชการ

5. นำข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาตรวจให้คะแนน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ต่อไป

## การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานสำหรับตัวแปร ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเชื่อมั่น ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย

2. วิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรกลุ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับตัวแปรกลุ่มการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์คานอนิคอล ระหว่างตัวแปรกลุ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับตัวแปรกลุ่มการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4. วิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ขั้นบูรณาการที่ส่งผลซึ่งกันและกันกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในแต่ละด้านของนักเรียนในระดับ  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS for window version 10.0

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

#### 1. สถิติพื้นฐาน

คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )

ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)

ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV)

#### 2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (IOC) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่าง  
ข้อสอบกับจุดประสงค์ของวิชาโดยใช้สูตร( บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ 2545 : 179 )

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

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกรายข้อแบบอิงกลุ่มของข้อสอบ  
โดยใช้เทคนิค 27 % ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ( บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ 2545 : 158 )

$$r = \frac{[H - L]}{N_H}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม

H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก

L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก

$N_H$  แทน จำนวนคนในกลุ่มสูง

2.3 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ของข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ชั้นบูรณาการ กับข้อสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สูตร  $KR_{20}$

( บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ 2545 : 218 )

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

|       |          |     |                                             |
|-------|----------|-----|---------------------------------------------|
| เมื่อ | $r_{tt}$ | แทน | ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด            |
|       | K        | แทน | จำนวนข้อของเครื่องมือวัด                    |
|       | p        | แทน | สัดส่วนของผู้ตอบถูกหรือความยากของแต่ละข้อ   |
|       | q        | แทน | สัดส่วนของผู้ตอบผิดซึ่งเท่ากับ $1 - p$      |
|       | $S_x^2$  | แทน | ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับของ<br>ข้อสอบ |

2.4 วิเคราะห์ค่าความยากรายข้อของข้อสอบโดยแบ่งกลุ่มผู้ตอบ เป็นกลุ่มผู้ได้  
คะแนนสูง 27% และกลุ่มผู้ได้คะแนนต่ำ 27% โดยใช้สูตร ( บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ 2545 : 158 )

$$p = \frac{[H+L]}{N}$$

|       |   |     |                                     |
|-------|---|-----|-------------------------------------|
| เมื่อ | p | แทน | ค่าความยากง่ายของข้อคำถาม           |
|       | H | แทน | จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก             |
|       | L | แทน | จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก             |
|       | N | แทน | จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ |

### 3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( Simple correlation coefficient )

โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ( Pearson product – moment correlation coefficient )

( ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ . 2540 : 85 - 86 )

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

|          |     |                                                                 |
|----------|-----|-----------------------------------------------------------------|
| $r_{xy}$ | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนน<br>จากข้อสอบถามทั้งสองชุด |
|----------|-----|-----------------------------------------------------------------|

|              |     |                                                                    |
|--------------|-----|--------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma X$   | แทน | ผลรวมทั้งหมดของคะแนนจากข้อสอบชุดแรก                                |
| $\Sigma Y$   | แทน | ผลรวมทั้งหมดของคะแนนจากข้อสอบชุดที่สอง                             |
| $\Sigma X^2$ | แทน | ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละค่าที่ยกกำลังสอง<br>จากแบบสอบถามชุดแรก    |
| $\Sigma Y^2$ | แทน | ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละค่าที่ยกกำลังสอง<br>จากแบบสอบถามชุดที่สอง |
| $\Sigma XY$  | แทน | ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่างคะแนน<br>จากแบบสอบถามชุดแรกกับชุดที่สอง |
| $N$          | แทน | จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง                                             |

### 3.2 หาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลโดยมีขั้นตอนดังนี้ ( Pedhazur.1982 : 927 – 930 )

#### 3.2.1 กำหนดส่วนย่อยของเมตริกซ์ $X$ กับ $Y$ ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ ดังนี้

$$R = \begin{bmatrix} R_{XX} & R_{XY} \\ R_{YX} & R_{YY} \end{bmatrix}$$

|       |          |     |                                                                        |
|-------|----------|-----|------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $R$      | แทน | เมตริกซ์ระหว่างสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและ<br>ตัวแปรตาม                |
|       | $R_{XX}$ | แทน | เมตริกซ์สหสัมพันธ์ของชุดตัวแปรอิสระ $X_p$                              |
|       | $R_{XY}$ | แทน | เมตริกซ์สหสัมพันธ์ของชุดตัวแปรตาม $Y_q$                                |
|       | $R_{YX}$ | แทน | เมตริกซ์สหสัมพันธ์ของชุดตัวแปรอิสระ $X_p$ กับชุดของ<br>ตัวแปรตาม $Y_q$ |
|       | $R_{YY}$ | แทน | ทรานสโพสของ $R_{yx}$                                                   |

#### 3.2.2 หาค่าเมตริกซ์ของ $R_{XX}^{-1}$ , $R_{YX}$ , $R_{XY}$ และ $R_{YY}^{-1}$ แล้วนำไปสร้างสมการ ดีเทอร์มิแนนต์ดังนี้

$$|R'_{YY} R_{YX} R'_{XX} R_{XY} - \lambda I| = 0$$

|               |     |                                                             |
|---------------|-----|-------------------------------------------------------------|
| $R_{YY}^{-1}$ | แทน | อินเวอร์สของเมตริกซ์ของค่าความสัมพันธ์ระหว่าง<br>ตัวแปร $Y$ |
|---------------|-----|-------------------------------------------------------------|

|               |     |                                                       |
|---------------|-----|-------------------------------------------------------|
| $R_{xx}^{-1}$ | แทน | อินเวอร์สของเมทริกซ์ของค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X |
| I             | แทน | เมทริกซ์เอกลักษณ์ ( Identity matrix )                 |
| $\lambda$     | แทน | ไอเกนเวล्यूส์หรือความแปรปรวนของสหสัมพันธ์คาโนนิคอล    |

3.2.3 จากสมการดีเทอร์มิแนนท์จะได้ สมการ quadratic คือ

$$a\lambda^2 + b\lambda + c = 0$$

3.2.4 คำนวณหาค่า  $\lambda$  จากสูตร

$$\lambda = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

3.2.5 หาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ( $R_c$ ) โดยการถอดรากที่สองของ  $\lambda$

$$R_c = \sqrt{\lambda}$$

3.3 ทดสอบนัยสำคัญของสหสัมพันธ์คาโนนิคอลทำได้ โดยใช้การแจกแจงแบบ

ไค-กำลังสองตามวิธีของ Barlett ( Pedhazur. 1982 :939 – 940 )

$$\chi^2 = -[N - 1 - .5(p + q + 1)] \log_e \Lambda \quad ; \quad df = pq$$

$\chi^2$  แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบไค-กำลังสอง

N แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

P แทน จำนวนตัวแปรอิสระ

q แทน จำนวนตัวแปรตาม

$\log_e$  แทน natural logarithm

$\Lambda$  แทน Wilks' lambda โดยคำนวณจากสูตร

$$\Lambda = (1 - R_{c1}^2)(1 - R_{c2}^2) \dots (1 - R_{cj}^2)$$

3.4 การคำนวณหาค่า  $\beta_j$  ของตัวแปร Y ( Pedhazur . 1982 : 930 – 993) โดยที่

$$\beta_j = \frac{1}{\sqrt{V_j' R_{yy} V_j}} V_j$$

$\beta_j$  แทน ค่านำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของชุดที่ j (Function j )

$V_j$  แทน ไอเกนเวกเตอร์ที่ j

$V_j$  แทน ทราบโพสของ  $V_j$

หาค่า  $V_j$  โดยแก้สมการต่อไปนี้

$$|R_{xx}^{-1}R_{xy}R_{yy}^{-1}R_{yx} - \lambda I| V_j = 0$$

3.5 คำนวณหาค่า  $\beta_j$  ของตัวแปร  $X$  ( Pedhazur. 1982 : 930 – 933 ) ได้จากสมการดีเทอร์มิแนนท์

$$A = R_{xx}^{-1} R_{xy} B D^{-1/2}$$

A แทน เมตริกซ์ของน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร  $X$  ในแต่ละชุด

B แทน เมตริกซ์ของน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร  $Y$

$D^{-1/2}$  แทน diagonal matrix ที่มีสมาชิกเป็นส่วนกลับของรากที่ 2 ของ  $\lambda$

$R_{xx}$  แทน เมตริกซ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ  $X$

$R_{xy}$  แทน เมตริกซ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ  $X$  กับตัวแปรตาม  $Y$

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

|           |     |                                                  |
|-----------|-----|--------------------------------------------------|
| X         | แทน | ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ         |
| X1        | แทน | ทักษะการตั้งสมมติฐาน                             |
| X2        | แทน | ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร                     |
| X3        | แทน | ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ                 |
| X4        | แทน | ทักษะการทดลอง                                    |
| X5        | แทน | ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป             |
| Y         | แทน | การคิดอย่างมีวิจารณญาณ                           |
| Y1        | แทน | ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ               |
| Y2        | แทน | ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น         |
| Y3        | แทน | ความสามารถในการนิรนัย                            |
| Y4        | แทน | ความสามารถในการตีความ                            |
| Y5        | แทน | ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง      |
| S         | แทน | ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน                          |
| k         | แทน | จำนวนข้อของข้อสอบ                                |
| C.V.      | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย                         |
| SE        | แทน | ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด                |
| $\lambda$ | แทน | ค่าไอเกน( Eigen value )                          |
| $R_c$     | แทน | ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ( Canonical Correlation ) |
| $\Lambda$ | แทน | ค่าวิลค์แลมดา ( Wilks' Lambda )                  |
| $\chi^2$  | แทน | ค่าไค-กำลังสอง ( Chi – square )                  |
| d.f.      | แทน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ ( Degree of Freedom )      |
| ***       | แทน | มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001                  |
| **        | แทน | มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01                    |

### การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลเป็นลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้งห้าด้าน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งห้าด้าน
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิกอลระหว่าง ชุดตัวแปรอิสระกับชุดตัวแปรตาม
4. คำนำนัยความสำคัญคาโนนิกอลระหว่าง ชุดตัวแปรอิสระกับชุดตัวแปรตาม

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้นำข้อมูลตัวแปร ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ( X ) ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( X1 ) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ( X2 ) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ( X3 ) ทักษะการทดลอง ( X4 ) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ( X5 ) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ( Y ) ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ ( Y1 ) ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ( Y2 ) ความสามารถในการนิรนัย ( Y3 ) ความสามารถในการตีความ ( Y4 ) ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ( Y5 ) มาหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S ปรากฏผลดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าสถิติพื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และ การคิด  
อย่างมีวิจารณญาณ

| ตัวแปร                                           | k  | $\bar{X}$ | S    | $r_{tt}$ | SE   | CV    |
|--------------------------------------------------|----|-----------|------|----------|------|-------|
| ทักษะการตั้งสมมติฐาน (X1 )                       | 10 | 4.07      | 2.22 | .76      | 1.10 | 54.49 |
| ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (X2)                | 10 | 5.66      | 1.55 | .76      | .76  | 27.45 |
| ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (X3)            | 10 | 8.00      | 1.17 | .76      | .57  | 14.65 |
| ทักษะการทดลอง (X4)                               | 10 | 4.21      | 1.52 | .60      | .96  | 36.00 |
| ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ( X5 )      | 10 | 5.79      | 1.32 | .70      | .71  | 22.8  |
| ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ (Y1 )         | 12 | 3.30      | 1.74 | .74      | .88  | 52.88 |
| ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ( Y2 )  | 12 | 6.24      | 1.75 | .70      | .96  | 27.99 |
| ความสามารถในการนิรนัย ( Y3 )                     | 12 | 5.97      | 1.69 | .76      | .83  | 28.27 |
| ความสามารถในการตีความ ( Y4 )                     | 12 | 5.38      | 1.70 | .70      | .93  | 31.57 |
| ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง (Y5) | 12 | 6.38      | 1.91 | .76      | .94  | 29.90 |
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ( X )    | 50 | 25.08     | 3.47 | .75      | 1.72 | 13.84 |
| การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ( Y )                     | 60 | 27.65     | 4.54 | .75      | 2.27 | 16.41 |

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4 พบว่า โดยรวมคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าเท่ากับ 25.08 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 4.07 ถึง 8.00 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีค่าเท่ากับ 3.47 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 1.17 ถึง 2.22 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของคะแนน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีค่าเท่ากับ 13.84 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 14.65 ถึง 52.88 โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน มีการกระจายของคะแนนมากที่สุด รองลงมาคือ ทักษะการทดลอง ส่วนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการมีค่าการกระจายของคะแนนน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละด้านพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.76

คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมมีค่าเท่ากับ 27.65 เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่ามีความเบี่ยงเบนเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 ถึง 6.38 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณพบว่ามีค่าเท่ากับ 4.537 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านมีค่าเท่ากับ 1.69 ถึง 1.91

ตามลำดับและเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของคะแนน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยรวมมีค่าเท่ากับ 16.41 ในแต่ละด้าน พบว่ามีค่าเท่ากับ 27.52 ถึง 52.88 และเมื่อพิจารณาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.70 ถึง 0.760

## 2. ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำค่าคะแนนของตัวแปรทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (  $r$  ) โดยใช้สูตรของเพียร์สัน และพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรควรจะมีค่าต่ำหากพบว่าตัวแปรคู่ใดมีความสัมพันธ์กันในระดับที่สูงเกิน 0.70(สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2537 :89 ) อาจต้องทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อศึกษาปัญหาเกี่ยวกับความเป็นพหุสัมพันธ์ ( Multicollinearity ) ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (  $r$  ) ระหว่างคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

|    | X1    | X2      | X3      | X4      | X5     | Y1      | Y2      | Y3      | Y4      | Y5     | X      | Y       |
|----|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| X1 | 1.000 | -.266** | -.280** | .151**  | .070*  | .108**  | .103**  | .036    | .006    | .028   | .606** | .101**  |
| X2 |       | 1.000   | .126**  | -.169** | -.058* | -.110** | -.026   | -.044   | -.082** | .029   | .130** | -.002** |
| X3 |       |         | 1.000   | -.172** | -.052  | -.104** | -.081** | -.084** | -.031   | -.043  | .015   | -.124** |
| X4 |       |         |         | 1.000   | .080** | .083**  | .037    | .010    | .015    | .129** | .534** | .111**  |
| X5 |       |         |         |         | 1.000  | -.102** | .090**  | -.026   | .034    | .012   | .437** | .013    |
| Y1 |       |         |         |         |        | 1.000   | .058*   | .121*   | .069*   | .120** | .033   | .525**  |
| Y2 |       |         |         |         |        |         | 1.000   | .074*   | .074*   | .063*  | .108** | .490**  |
| Y3 |       |         |         |         |        |         |         | 1.000   | .027    | .093** | -.024  | .494**  |
| Y4 |       |         |         |         |        |         |         |         | 1.000   | .120** | -.007  | .482**  |
| Y5 |       |         |         |         |        |         |         |         |         | 1.000  | .107** | .568**  |
| X  |       |         |         |         |        |         |         |         |         |        | 1.000  | .088**  |
| Y  |       |         |         |         |        |         |         |         |         |        |        | 1.000   |

$P^{**} < .01$  ,  $P^{*} < .05$

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 5 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดมีค่าตั้งแต่ -.280 ถึง .151 ซึ่งมีแนวโน้มว่าตัวแปรอิสระไม่เกิดปัญหาพหุสัมพันธ์ ( Multicollinearity ) สามารถนำไปใช้เป็นตัวแปร ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลได้ โดยแบ่งเป็นสามตอนคือ

### 1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นบูรณาการแต่ละทักษะมีค่าอยู่ระหว่าง -.280 ถึง .151 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทางบวกและทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ยกเว้นทักษะการตั้งสมมติฐาน กับทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรกับทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ส่วนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการกับทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป สัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งห้าด้านมีค่าอยู่ระหว่าง .027 ถึง .121 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ยกเว้นความสามารถในการนิรนัยกับความสามารถในการตีความ สัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ

3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าอยู่ระหว่าง -.110 ถึง .108 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทางบวกและในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ยกเว้นทักษะการตั้งสมมติฐานกับความสามารถในการนิรนัย ทักษะการตั้งสมมติฐานกับความสามารถในการตีความ ทักษะการตั้งสมมติฐานกับ ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรกับความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรกับความสามารถในการนิรนัย ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรกับความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการกับความสามารถในการตีความ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการกับความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ทักษะการทดลอง กับความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ทักษะการทดลองกับความสามารถในการนิรนัย ทักษะการทดลองกับความสามารถในการตีความ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปกับความสามารถในการนิรนัย ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปกับความสามารถในการตีความ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปกับความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง สัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ

4. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยรวมของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเท่ากับ .088 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

### 3. ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรอิสระกับชุดตัวแปรตาม

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี ผู้วิจัยได้นำตัวแปรอิสระทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้งห้าทักษะกับชุดตัวแปรตามความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งห้าด้าน มาหาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ซึ่งผลการวิเคราะห์ปรากฏผลดังตาราง 6

ตาราง 6 สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรอิสระทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
 ขั้นบูรณาการทั้งห้าทักษะกับชุดตัวแปรตามความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
 ทั้งห้าด้าน

| Function | Canonical             | Eigen value | Wilk's Lambda | Chi-square | df | p     |
|----------|-----------------------|-------------|---------------|------------|----|-------|
|          |                       | $\lambda$   |               |            |    |       |
| F        | correlation ( $R_c$ ) |             | $\Lambda$     | $\chi^2$   |    |       |
| 1        | .215                  | .046        | .914          | 107.022    | 25 | 0.000 |
| 2        | .143                  | .020        | .959          | 50.621     | 16 | 0.000 |
| 3        | .115                  | .013        | .978          | 26.095     | 9  | 0.002 |
| 4        | .083                  | .007        | .991          | 10.279     | 4  | 0.036 |
| 5        | .042                  | .002        | .998          | 2.104      | 1  | 0.147 |

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 6 พบว่า สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรอิสระด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป กับชุดตัวแปรตามการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งห้าด้าน ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ความสามารถในการนิรนัย ความสามารถในการตีความ ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง มีค่าเท่ากับ .215 (  $p = .000$  ), .143 (  $p = .000$  ), .115 (  $p = .002$  ), .083 (  $p = .036$  ) และ .042 (  $p = .147$  ) ตามลำดับ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ  $p < .05$  ทุกชุด ยกเว้นชุดที่ 5 มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าความแปรปรวนของสหสัมพันธ์คาโนนิคอลทั้งห้าชุดซึ่งเป็นค่าไอแกนพบว่า มีค่าเท่ากับ .046, .020, .013, .007 และ .002 ตามลำดับ แสดงว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้งห้าทักษะได้แก่การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้แก่การอ้างอิงหรือสรุปความ การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ การประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง มีลักษณะวัดรวมเท่ากับร้อยละ 4.6 , 2.0, 1.3, .7 และ .2 ตามลำดับ

#### 4. คำนำน้หนักความสำคัญคาโนนิคอล ระหว่างชุดตัวแปรอิสระกับชุดตัวแปรตาม

การวิเคราะห์ตอนนี้นำผู้วิจัยได้นำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ทั้งห้าทักษะ กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งห้าด้านมาหาคำนำน้หนักความสำคัญคาโนนิคอล ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 คำนำน้หนักความสำคัญคาโนนิคอลระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

| ชื่อตัวแปร                             | คำนำน้หนักความสำคัญคาโนนิคอล |                    |                   |                    |                    |
|----------------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|                                        | F1                           | F2                 | F3                | F4                 | F5                 |
| ตัวแปรอิสระ                            |                              |                    |                   |                    |                    |
| การตั้งสมมติฐาน(X1)                    | -.576 <sup>a</sup>           | -.424 <sup>a</sup> | -.244             | .462               | .465 <sup>a</sup>  |
| การกำหนดและควบคุมตัวแปร ( X2)          | -.560 <sup>a</sup>           | -.038              | .286              | .656               | -.415 <sup>a</sup> |
| การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (X3)       | .620                         | .315               | .303 <sup>a</sup> | -.039              | .650 <sup>a</sup>  |
| การทดลอง (X4)                          | -.504 <sup>a</sup>           | -.324 <sup>a</sup> | .779 <sup>a</sup> | -.186              | .000               |
| การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ( X5 ) | .338                         | -.867 <sup>a</sup> | -.121             | -.341 <sup>a</sup> | .054               |
| ตัวแปรตาม                              |                              |                    |                   |                    |                    |
| การอ้างอิงหรือสรุปความ (Y1 )           | -.916 <sup>a</sup>           | .265               | -.026             | .127               | -.272              |
| การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น(Y2)       | -.249                        | -.887 <sup>a</sup> | -.308             | .213               | .109               |
| การนิรนัย ( Y3 )                       | -.377 <sup>a</sup>           | .024               | -.339             | -.045              | -.860 <sup>a</sup> |
| การตีความ ( Y4)                        | -.175                        | -.135              | -.274             | -.915 <sup>a</sup> | .198               |
| การประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง(Y5)    | -.366 <sup>a</sup>           | -.339 <sup>a</sup> | .776 <sup>a</sup> | -.297              | -.247              |

<sup>a</sup> ค่าที่สูงกว่าหรือเท่ากับ .30 มากพอสำหรับการแปลความหมาย

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 7 พบว่าคำนำน้หนักความสำคัญคาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรอิสระทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการทั้ง 5 ทักษะ กับชุดตัวแปรตาม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5 ด้านได้ 4 ฟังก์ชัน

ในฟังก์ชันแรก ( F1) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้การตั้งสมมติฐาน (-.576 ) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (-.560) การทดลอง (-.504 ) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีคำนำน้หนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงกว่า .30 เรียงตามลำดับคือ การ

อ้างอิงหรือสรุปความ (-.916) การนิรนัย (-.377) และการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง (-.366) แสดงว่า นักเรียนที่มีทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรและการทดลองสูง จะส่งผลให้มีความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุป ความสามารถในการนิรนัย และความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุป ความสามารถในการนิรนัย และความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และการทดลองสูง

ในฟังก์ชันที่ 2 (F2) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (-.867) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (-.424) และทักษะการทดลอง (-.324) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิกอลสูงกว่า .30 เรียงตามลำดับคือการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น (-.887) และการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง (-.339) แสดงว่านักเรียนที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองสูงจะส่งผลให้มีความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้นและการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้นและการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองสูง

ในฟังก์ชันที่ 3 (F3) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้ ทักษะการทดลอง (.779) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (.303) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิกอลสูงกว่า .30 ได้แก่การประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง (.776) แสดงว่านักเรียนที่มีทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการสูง จะส่งผลให้มีความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการทดลองและทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการสูง

ในฟังก์ชันที่ 4 (F4) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากที่สุดคือการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (-.341) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิกอลสูงกว่า .30 ได้แก่การตีความ (-.915) แสดงว่า นักเรียนที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูงจะส่งผลให้มีความสามารถในการตีความสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการตีความสูง จะมีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูง

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

#### ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่าง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีจุดมุ่งหมายเฉพาะ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
2. เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรกลุ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับตัวแปรกลุ่มการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. เพื่อศึกษาคำแนะนำนักความสำคัญคาโนนิคอลของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลซึ่งกันและกันกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้าน ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

#### สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะมีสหสัมพันธ์แบบคาโนนิคอลกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการอย่างน้อยหนึ่งทักษะ ส่งผลซึ่งกันและกันกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

#### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ในสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 5 โรงเรียน มีนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,201 คนซึ่งได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น ( Stratified Random Sampling ) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น( Strata )

## เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ฉบับที่ 1 ข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ 5 ทักษะ จำนวน 50 ข้อ เวลา 60 นาที มีลักษณะเป็นข้อคำถามและกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองชนิดให้เลือกตอบ 5 ตัวเลือก มีค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.76

ฉบับที่ 2 ข้อสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 60 ข้อ เวลา 60 นาที เป็นแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนนซึ่งผู้วิจัยได้ขออนุญาตใช้จาก สมสุข โถงเจริญ มีค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบเท่ากับ .70 ถึง .76

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยโดยทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงเรียน 5 ฉบับ ฉบับละ 1 โรงเรียน
2. ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 โรงเรียนเพื่อขอความร่วมมือ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และนัดหมายกำหนด วันเวลา
3. จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ฉบับ คือ ข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และข้อสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และกระจายคำตอบให้เพียงพอกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ต้องการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง
4. วิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา 5 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 25 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 1,201 คน โดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และข้อสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนที่ได้จัดเตรียมไว้ และผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการนัดหมายกับทางโรงเรียน และกับทางอาจารย์ผู้ช่วยในการควบคุมการสอบ สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2547 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2547 ในวันเวลาราชการ
5. นำข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาตรวจให้คะแนน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ต่อไป

## การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานสำหรับตัวแปร ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเชื่อมั่น ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดและค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้าน
3. ค่าสหสัมพันธ์สัมพัทธ์คาโนนิคอล ระหว่างตัวแปร กลุ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการกับตัวแปรกลุ่มการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
4. ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล ระหว่างชุดตัวแปรอิสระทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการกับชุดตัวแปรตามการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้าน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for Window version 10.0

## สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

ผลของการศึกษาค้นคว้าสรุปได้ดังนี้

1. คะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน มีค่าอยู่ระหว่าง 4.07 ถึง 8.00 การคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้าน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.298 ถึง 6.383
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าอยู่ระหว่าง -.110 ถึง .108 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทางบวกและในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ยกเว้นทักษะการตั้งสมมติฐานกับความสามารถในการนิรนัย ทักษะการตั้งสมมติฐานกับความสามารถในการตีความ ทักษะการตั้งสมมติฐานกับ ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรกับความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรกับความสามารถในการนิรนัย ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรกับความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการกับความสามารถในการตีความ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการกับความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ทักษะการทดลองกับความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ทักษะการทดลองกับ ความสามารถในการนิรนัย ทักษะการทดลองกับความสามารถในการตีความ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปกับความสามารถในการนิรนัย ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปกับความสามารถในการตีความ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปกับความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสัมพันธ์กันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ

3. สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรอิสระด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ทักษะการตั้งสมมติฐานทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลองทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป กับชุดตัวแปรตาม การคิดอย่างวิจารณ์ญาณทั้งห้าด้าน ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ความสามารถในการนิรนัย ความสามารถในการตีความ ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง มีค่าเท่ากับ .215 (  $p = .000$  ), .143 (  $p = .000$  ), .115 (  $p = .002$  ), .083 (  $p = .036$  ) และ .042 (  $p = .147$  ) ตามลำดับ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ  $p < .05$  ทุกชุด ยกเว้นชุดที่ 5 มีความสัมพันธ์กันอย่างไร้นัยสำคัญทางสถิติ

ค่าความแปรปรวนของสหสัมพันธ์คาโนนิคอลทั้งห้าชุดซึ่งเป็นค่าไอแกนพบว่า มีค่าเท่ากับ .046, .020, .013, .007 และ .002 ตามลำดับ แสดงว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้งห้าทักษะได้แก่การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป กับการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณได้แก่การอ้างอิงหรือสรุปความ การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ การประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง มีลักษณะวัดรวมเท่ากับร้อยละ 4.6 , 2.0, 1.3, .7 และ .2 ตามลำดับ

4. คำนำนัยสำคัญของคาโนนิคอลระหว่าง ชุดตัวแปรอิสระ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับชุดตัวแปรตามการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ

ในฟังก์ชันแรก (  $F_1$  ) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้ทักษะการตั้งสมมติฐาน (-.576 ) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (-.560) ทักษะการทดลอง (-.504 ) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณมีค่านำนัยสำคัญของคาโนนิคอลสูงกว่า .30 เรียงตามลำดับคือ การอ้างอิงหรือสรุปความ (-.916) การนิรนัย ( -.377 ) และการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง (-.366 ) แสดงว่า นักเรียนที่มีทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และการทดลองจะส่งผลให้มีความสามารถในการการอ้างอิงหรือสรุป ความสามารถในการนิรนัยและความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการการอ้างอิงหรือสรุป ความสามารถในการนิรนัย และความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และการทดลองสูง

ในฟังก์ชันที่ 2 (  $F_2$  ) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ( -.867 ) ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( -.424 ) และทักษะการทดลอง ( -.324 ) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณมีค่านำนัยสำคัญของคาโนนิคอลสูงกว่า .30 เรียงตามลำดับคือ การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ( -.887 ) และการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง(-.339)แสดงว่านักเรียนที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองจะส่งผลให้มีความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้นและการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการตระหนัก

ในข้อตกลงเบื้องต้นและการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองสูง

ในฟังก์ชันที่ 3 ( F3 ) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้ ทักษะการทดลอง ( .779 ) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ( .303 ) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงกว่า .30 ได้แก่การประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ( .776 ) แสดงว่านักเรียนที่มีทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จะส่งผลให้มีความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการทดลอง และทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการสูง

ในฟังก์ชันที่ 4 ( F4 ) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลคือการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ( -.341 ) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงกว่า .30 ได้แก่การตีความ ( -.915 ) แสดงว่านักเรียนที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูงจะส่งผลให้มีความสามารถในการตีความสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการตีความสูง จะมีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูง

## อภิปรายผล

ผลการศึกษาค้นคว้าอภิปรายได้ดังนี้

1. สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรอิสระด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปกับชุดตัวแปรตามการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งห้าด้าน ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ความสามารถในการนิรนัย ความสามารถในการตีความ ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง มีค่าเท่ากับ .215, .143, .115, .083 และ .042 ตามลำดับ ซึ่งในชุดแรกและชุดที่สองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ในชุดที่สามมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชุดที่ 4 มีความสัมพันธ์ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนชุดที่ 5 มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ทักษะ มีสหสัมพันธ์แบบคาโนนิคอลกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แสดงว่าทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมีความสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ความสามารถในการนิรนัย ความสามารถในการตีความ ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ซึ่งสอดคล้องกับ

รัตนภรณ์ ผ่านพิเคราะห์ (2544.บทคัดย่อ) พบว่านักเรียนที่มีคะแนนทักษะการคิดผ่านเกณฑ์ มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ นอกจากนี้สนใจ กิจพรประเสริฐ (2531 . บทคัดย่อ) พบว่าการคิดเชิงตรรกะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและสอดคล้องกับงานงานวิจัยของ นิพล นาสมบุญ ( 2536. บทคัดย่อ ) พบว่านักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดสูงจะมีความสามารถทางทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงด้วย

2. คำนำหนักความสำคัญคาโนนิคอลระหว่าง ชุดตัวแปรอิสระทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับชุดตัวแปรตามการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ในฟังก์ชันแรก ( F1 ) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้ทักษะ การตั้งสมมติฐาน (-.576 ) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (-.560) ทักษะการทดลอง (-.504 ) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่านำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงกว่า .30 เรียงตามลำดับคือ การอ้างอิงหรือสรุปความ (-.916) การนิรนัย ( -.377 ) และการประเมิน ข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง (-.366 ) แสดงว่า นักเรียนที่มีทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและ ควบคุมตัวแปร และการทดลองจะส่งผลให้มีความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุป ความสามารถ ในการนิรนัยและความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถ ในการการอ้างอิงหรือสรุป ความสามารถในการนิรนัย และความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือ ข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และการทดลองสูง ซึ่งสอดคล้องกับ มารา ( 1997 ) พบว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้การคิดและลงมือปฏิบัติทำให้ผู้เรียน มีความคิดและวิจารณญาณสูง

ในฟังก์ชันที่ 2 ( F2 ) ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้ทักษะการ ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ( -.867 ) ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( -.424 ) และทักษะการทดลอง ( -.324 ) และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่านำหนักความสำคัญ คาโนนิคอลสูงกว่า .30 เรียงตามลำดับคือ การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ( -.887 ) และการ ประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง(-.339)แสดงว่านักเรียนที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองจะส่งผลให้มีความสามารถในการตระหนักในข้อตกลง เบื้องต้นและการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการตระหนัก ในข้อตกลงเบื้องต้นและการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการตีความหมายข้อมูลและ ลงข้อสรุป ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองสูงซึ่งสอดคล้องกับสุรเดช กิจเครือ (2540 :บทคัดย่อ)ได้ทำการค้นคว้าแบบอิสระ พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏ ในหนังสือแบบเรียนและหนังสือคู่มือครู ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 ( ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 ) มีดังนี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ ปรากฏมากที่สุด ในหนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 5 ได้แก่ทักษะการ สังเกต รองลงมาได้แก่ทักษะการทดลองและทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลเล่ม 6 ทักษะการ

ทดลองปรากฏมากที่สุด รองลงมาเป็นทักษะการสังเกต สำหรับหนังสือคู่มือครู ทักษะที่วิเคราะห์ได้มากที่สุดในการเล่น 5 ได้แก่ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป รองลงมาคือทักษะการสังเกต และทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลส่วนในการเล่น 6 ทักษะที่มากที่สุด ได้แก่ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป รองลงมาได้แก่ทักษะการทดลอง ประกิจ สงฆ์ขำ (2532 : บทคัดย่อ ) ได้ทำการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนที่เคยผ่านโครงการโรงเรียนมัธยมเพื่อพัฒนาชนบท และโรงเรียนที่ไม่เคยผ่านโครงการโรงเรียนมัธยมเพื่อพัฒนาชนบทพบว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายของข้อมูล และการสรุปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนทักษะการตั้งสมมติฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในฟังก์ชันที่ 3 ตัวแปรอิสระที่ส่งผลมากกว่า .30 ตามลำดับดังนี้ทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้ำหนักความสำคัญคานิคอลสูงกว่า .30 ได้แก่การประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง แสดงว่านักเรียนที่มีทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จะส่งผลให้มีความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งสูง จะมีทักษะการทดลอง และทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการสูงซึ่งเบญจมาศ สันประเสริฐ ( 2533 : บทคัดย่อ ) ศึกษาผลการใช้แบบฝึกทักษะการทดลองที่มีต่อการคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในฟังก์ชันที่ 4 ตัวแปรอิสระที่ส่งผลคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และสำหรับกลุ่มตัวแปรตามคือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้ำหนักความสำคัญคานิคอลสูงกว่า .30 ได้แก่การตีความ แสดงว่านักเรียนที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูง จะส่งผลให้มีความสามารถในการตีความสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการตีความสูง จะมีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปสูงซึ่งวีระ เมืองช้าง ( 2525 : 49-51 ) พบว่า ความคิดวิจารณ์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความคิดวิจารณ์ด้านการสรุปความ การตระหนักข้อตกลงเบื้องต้น การอนุมาน การตีความ และการประเมินข้อโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ โปแลนด์ ( Polanski. 1975 : 5952 – 5953 A ) ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปฏิบัติการคิดเชิงตรรกศาสตร์ การคิดวิจารณ์และความคิดสร้างสรรค์ กับความเข้าใจแบบวิทยาศาสตร์การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับตัวประกอบที่เรียกว่าความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ส่วนความคิดสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์กับความเข้าใจในเนื้อหา

วิทยาศาสตร์อยู่เพียงเล็กน้อย และแฮร์ริสัน(Harrison.1984 :1627 – 1628 A ) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจำแนกความคิดของบลูม ( Bloom's Texonomy ) กับความคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมระดับ นำไปใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า ตามแนวคิดของ Bloom ช่วยพัฒนาส่งเสริมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ

### ข้อเสนอแนะ

#### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลงานวิจัยไปใช้

จากการศึกษาพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ด้านคือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งห้าด้าน ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น ความสามารถในการนิรนัย ความสามารถในการตีความ ความสามารถในการประเมินข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ดังนั้นถ้า ครู ผู้ปกครอง และนักเรียน มีส่วนในการช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ดีแล้ว นอกจากจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้นแล้ว ยังช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณดีขึ้นด้วย

#### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษา ความสัมพันธ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการคิดแบบต่างๆ หรือเทคนิคการสอนแบบต่างๆ เช่น การคิดเหตุผลเชิงตรรกะ การคิดวิเคราะห์วิจารณ์ การคิดแก้ปัญหา การคิดหาเหตุผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงกลยุทธ์ การคิดเชิงมนทัศน์ ฯลฯ เพื่อศึกษาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปร

2.2 ควรมีการศึกษา ความสัมพันธ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับตัวแปรอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาความคิด หรือความสามารถของผู้เรียนให้สูงขึ้น

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2539). การวิเคราะห์สถิติ สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. กรมวิชาการ. ( 2544 ). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.
- จิรพา จันทเวียง.(2542). ผลการฝึกความสามารถทางสมองด้านภาษาและผลผลิตที่ใช้วิธีการคิดต่างกันตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.ปริญญาโท กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดมศึกษา.
- จิระพรรณ แสงหล้า.(2532). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ภายหลังใช้ชุดกิจกรรมการฝึกทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านกาดวิทยาคมอำเภอสนป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดมศึกษา.
- ชัชฎา อัญญสิทธิ์.( 2542).ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และคุณลักษณะของผู้มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ในจังหวัดมุกดาหาร. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. อุดมศึกษา.
- ชัยทศ จำเนียรกุล. (2532).ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสิงบุรี ที่ใช้แบบเรียนวิทยาศาสตร์ของ สสวท. พ.ศ.2531. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดมศึกษา.
- ชาญวิทย์ จรัสสุทธิอิสร.(2545). การพัฒนากฎเกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ .ปริญญาโท กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดมศึกษา.
- ชาลิณี เอี่ยมศรี. (2536). การพัฒนาแบบทดสอบการคิดวิจารณ์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดผลและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อุดมศึกษา.

- ชำนาญ เอี่ยมสำอาง. (2539). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมี  
 วิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดยการสอนแบบ  
 สืบสวนสอบสวนเชิง นิติศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.  
 (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.  
 อัดสำเนา.
- ชุตินา สุริยมณฑล. (2535). การสำรวจประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในหนังสือเรียน  
 วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :  
 บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อัดสำเนา.
- จารุณี บุญวิก. (2543). การศึกษาปัจจัยบางประการที่สัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ  
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดนครศรีธรรมราช. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.  
 (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.  
 อัดสำเนา.
- ถวัล มาศจรัส. (2545). ปทานุกรมหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (ฉบับสมบูรณ์  
 ฉบับแรกของประเทศไทย). กรุงเทพฯ : บริษัท ๒๑ เซ็นจูรี่ จำกัด.
- ทพวงมหาวิทยาลัย. คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์. (2525).  
 ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1-3. กรุงเทพฯ : ทพวงมหาวิทยาลัย.  
 \_\_\_\_\_. (ม.ป.ป.). ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. ม.ป.พ.  
 อัดสำเนา.
- ทศนา แคมณี. (2540). ว่าด้วยเรื่องการคิดและการสอนคิด. ครูสาร. 1 : 1 – 15 ; มีนาคม
- ธีระชัย นนพิภักดิ์. (2530). องค์ประกอบบางประการที่มีอิทธิพลต่อทักษะกระบวนการทาง  
 วิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์  
 ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .  
 อัดสำเนา.
- ธวัชชัย งามสันติวงศ์. (2542). Spss for windows หลักการและวิธีใช้คอมพิวเตอร์ในงานสถิติเพื่อ  
 การวิจัย. พิมพ์ปรับปรุงครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : บริษัท 21 เซ็นจูรี่ จำกัด.
- นงลักษณ์ คงคาธิษฐ. (2548 ) การวิเคราะห์ตัวแปรจำแนกกลุ่มผู้ที่ศึกษาต่อกับผู้ที่ไม่ศึกษาต่อ  
 ระดับบัณฑิตศึกษาวชิราวุธวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.  
 ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.  
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2525). *ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์*. (เอกสารการสอน

ชุดวิทยาศาสตร์ 3 หน่วยที่ 1 – 5) กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

นิตยา ใจตาบ. (2529 ). *ความสัมพันธ์เชิงคาโนนิคอลระหว่างองค์ประกอบด้านลักษณะ*

*ของนักเรียน สภาพแวดล้อมทางโรงเรียน และสภาพแวดล้อมทางบ้านกับผลสัมฤทธิ์*  
*ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนรัฐบาล*  
*กรุงเทพมหานคร . วิทยานิพนธ์ ค.ม.(การวิจัยการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.*  
*จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อุดສຳເນາ.*

นิพล นาสมบูรณ์. (2536 ). *ผลของการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตด้วยกระบวนการ*  
*ทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา*  
*ปีที่ 6 . วิทยานิพนธ์ ค.ม.(การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.*

*จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อุดສຳເນາ.*

บุญชม ศรีสะอาด. (2538). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :*

*บริษัทสุวิริยาสัน.*

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. (2517). *การศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบของสมรรถภาพสมองด้าน*  
*การคิดเอกลัทางภาษาตามทฤษฎีของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.*

*ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม (วัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.*

*มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดສຳເນາ.*

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. (2545). *รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การวัดประเมินผลการเรียนรู้*  
*คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.*

บุษกร ดำคง . (2542). *ปัจจัยบางประการที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิจารณ์ของ*  
*นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตอำเภอ*  
*เมือง จังหวัดสงขลา .ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม.(จิตวิทยาพัฒนาการ). กรุงเทพฯ :*

*บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดສຳເນາ.*

เบญจมาศ สันประเสริฐ. (2533). *การศึกษาผลการสอนที่ใช้แบบฝึกทักษะการทดลองที่มีต่อ*  
*ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดวิจารณ์ ของนักเรียนชั้น*  
*มัธยมศึกษาปีที่ 1 ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.*

*มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดສຳເນາ.*

- ประกิจ สงข์ขำ .( 2532 ). การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมของ  
นักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนที่เคยผ่านโครงการโรงเรียนมัธยมเพื่อพัฒนาชนบทและ  
โรงเรียนที่ไม่เคยผ่านโครงการโรงเรียนมัธยมเพื่อพัฒนาชนบทในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่  
3 จังหวัดชัยนาท. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ :  
บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อุดรธานี.
- ประเทืองทิพย์ นวพรไพศาล . (2534). การตรวจสอบแบบสอบถามการคิดวิจารณ์ของวัดสันและ  
เกลเซอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(วิจัยการศึกษา). กรุงเทพฯ :  
บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อุดรธานี.
- \_\_\_\_\_. ( 2534 ).ของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์หลากหลาย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- \_\_\_\_\_. (2519). เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ. กรุงเทพฯ : สถาบัน  
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ปรีชา ชูวงศ์ศิริ และคณะ. (2525).เอกสารหน่วยการเรียนรู้การสอน : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.  
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.
- ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์. (2535). การวิเคราะห์ข้อมูลระดับมัลติแวลูเอทในทางสังคมศาสตร์และ  
พฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ : โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ผดุงยศ ดำรงมาลา. (2531, มิถุนายน – กันยายน). “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์”.  
วารสารศึกษาศาสตร์. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี  
4 (12 ).
- พจน์ย์ ศรีศรี. (2546).การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างพหุปัญญากับผลสัมฤทธิ์ทางการ  
เรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. ปรินทิพนิพนธ์  
กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดรธานี.
- พิศาล สร้อยชูหำ.(2525). เอกสารการสอนชุดวิทยาศาสตร์ 3 หน่วยที่ 5. พิมพ์ครั้งที่ 2.  
กรุงเทพฯ : นำงการพิมพ์.
- \_\_\_\_\_. (2544). การศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : บริษัทกุลการพิมพ์.
- ภพ เลหาไพบูลย์.( 2537 ). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

- มนมนัส สุดสิ้น. (2543). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการเขียนแผนผังมโนทัศน์. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดมศึกษา.
- มนวิภา อ่อนศรี. ( 2541) . การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์. กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดมศึกษา.
- มยุรี ศรีชัย. ( 2538 ). เทคนิคการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง กรุงเทพฯ. : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี. เจ. พรินติ้ง.
- มยุรี หุ่นขำ. ( 2544 ). ผลการใช้รูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหาในบริบทของชุมชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 .วิทยานิพนธ์. ค.ม.(จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อุดมศึกษา.
- มลิวลัย สมศักดิ์. (2540) .รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดมศึกษา.
- มัลลิกา บุญนาค. (2544). สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มัลลิกา รอดแรงคำ. (2542). สถิติเพื่อการตัดสินใจ. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัตนภรณ์ ผ่านพิเคราะห์. ( 2544). การพัฒนาทักษะการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(การประถมศึกษา). ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. อุดมศึกษา.
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ลำไย สนั่นรัมย์. ( 2542). การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีรูปแบบการตอบต่างกัน. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อุดมศึกษา.

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์ันท์ เตชะคุปต์.( 2532).ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับ

ครู. กรุงเทพฯ. : สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.

วรรณา บุญจิ้ม . (2541). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6 . ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.

(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อัสสำเนา.

วรลักษณ์ ลิ้มทองสกุล. ( 2546 ). การศึกษาความสัมพันธ์แบบคาโนนิคอลระหว่างความสามารถทางสมองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.

ปรินูญานิพนธ์. กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัสสำเนา.

วิจิตรพร หล่อสุวรรณกุล. (2544). การพัฒนาหลักสูตรเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมี

วิจารณญาณในกระบวนการพยาบาล. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนา

หลักสูตร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัสสำเนา.

วิชชุดา งามอักษร. (2541). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการสอนแบบ เอส ซี เอส กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์

กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อัสสำเนา.

วิไลลักษณ์ ลังกา. (2546). การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างปัจจัยบางประการกับ

แรงจูงใจในการทำผลงานทางวิชาการของครู ในสังกัดสำนักงานการประถมศึกษา จังหวัด

ราชบุรี. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ :

บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัสสำเนา.

วิไลวรรณ ปิยะปกรณ.( 2535). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และ

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วย

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.

ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัสสำเนา.

วีระ เมืองช้าง. (2525). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดวิจารณ์กับการแก้ปัญหาเชิง

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนจันทร์ประดิษฐาราม

กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ :

บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัสสำเนา.

วีระชาติ สวนไพบรินทร์. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โครงการตำราและเอกสารวิชาการ.  
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 7-15.

ศิริชัย กาญจนวาสี .( 2544 ). การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับวิจัย. กรุงเทพฯ :

บุญกิติการพิมพ์ จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2526). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.  
กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

\_\_\_\_\_. (2525). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์4. (เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์ 3  
หน่วยที่ 1 – 5). กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

\_\_\_\_\_. (2531) ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพฯ  
: บริษัทเจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์ .

\_\_\_\_\_. (2534). แนวการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เลือกเสรีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ว 014  
เริ่มต้นกับโครงงานวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยี.

สมจิต สวชนไพบูลย์. (2535ก). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรการสอน  
คณะศึกษาศาสตร์.

สมใจ กิจพรประเสริฐ . (2531). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเหตุผลเชิงตรรกกับทักษะ  
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขต  
การศึกษา 8. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย.  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. อัดสำเนา.

สมศักดิ์ ศรีประสิทธิ์. ( 2532). ผลกระทบของการเลี้ยงดู และสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคม  
ของครอบครัวที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมของ  
นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.

(การสอนวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัดสำเนา.

สมสุข โถวเจริญ. (2544). ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาพยาบาล  
วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ภาคใต้. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาพัฒนาการ).  
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.

สรศักดิ์ แพรดำ. (2544). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. อุบลราชธานี : คณะครุศาสตร์  
สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี .

- สรศักดิ์ แพรดำ.( 2542). รายงานการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในหน่วยฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู สถาบันราชภัฏ  
อุบลราชธานี. คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.
- สวนา พรพัฒน์กุล. (2525). อิทธิพลของตัวแบบที่มีต่อการพัฒนาการทางด้านเหตุผลการเรียนรู้  
ทางสังคมไทย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาจิตวิทยา คณะมนุษยศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- สำราญ มีแจ้ง. (2544). สถิติขั้นสูงสำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ : นิชินแอดเวอร์ไทซิง.
- สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. (2540). เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณ. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ :  
บริษัท ดันอ้อ แกรมมี จำกัด.
- สุจิต เพียรขอบ และ สายใจ อินทร์พรรย์. (2536). วิธีสอนภาษาไทยระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ  
: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. (2537). เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทาง  
สังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3 .กรุงเทพฯ : เลียงเชียง.
- สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. และลัดดาวัลย์ รอดมณี. (2528). เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว  
สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ : หจก. ภาพพิมพ์.
- สุนิษา มูลผล.( 2547 ).การศึกษาความสัมพันธ์ค่านีโคลระหว่างชาวปัญญาทางอารมณ์กับการ  
คิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินญานินพนธ์ กศ.ม.  
(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.  
อัดสำเนา.
- สุภาพร ให้ศิริกุล. (2533 ). การศึกษาความชอบในการใช้แบบการคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะ  
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมและพัฒนาการทางสติปัญญา ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดบุรีรัมย์ . วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(การสอนวิทยาศาสตร์).  
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- สุรเดช กิจเครือ. ( 2540). การวิเคราะห์สภาพปัญหาการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ในวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(หลักสูตรและการสอน).  
เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. อัดสำเนา.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531) การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : บริษัท  
เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์ .

- อภิรดี สุวีรานนท์. (2532). การศึกษาผลการฝึกการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปรินญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย.  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- อมรวิรัช นาคทรพ. (2539). ความฝันของแผ่นดิน . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ตะวันออก.
- อวยพร เรืองศรี. (2545). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอภิमानกับการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6. ปรินญานิพนธ์.กศ.ม.  
(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.  
อัดสำเนา.
- อัครเดช สมติลา. (2541). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.(การศึกษาและการสอนมัธยม). ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย.  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น. อัดสำเนา.
- อำนาจ เลิศขยันดี. (2545). สถิติขั้นสูง. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์. สถาบันราชภัฏจันทรเกษม.
- American Association for The Advancement of Science. (AAAS.) (1970). *Science A Process Approach*. New York : Comantary for Teacher. AAAS. Xerox.
- Anderson, C.R. (1978, August ). "The effectiveness of A Simulation Learning Game in Teaching Consumer Gredit to Senior Approach to Instruction". *Dissertation Abstract International*. 31(2) :127 – 132.
- Anderson, O Roger. (1976). *The Experience of Science : A New Perspective for Laboratory Teaching*. New York : Teachers College Press, Teachers College, Columbia University.
- Bandman,E.F.,& Bandman, B. (1988). *Critical Thinking in Nursing Norwalk*. Appleton and Lange. New York : McGraw – Hill Book Company .
- Dem, Myro H. (1994). *Apply Educational Phychology* . 5<sup>th</sup> ed. University of Southern California : Longman Publishing Group.
- Dembo, Myron H. (1994). *Applying Educational Phychology*. 5<sup>th</sup> ed. University of Southern California : Longman Publishing Group.
- Dewey, J. (1993). *How We Think*. New York : D.C. Healt and Company.
- Dewey,J.(1938). *How We Think*. Baston : D.C. Health Company .

- Duren, Redeney L. (1978,January-March). "Measuring the Process of Science Objectives Objectives". *Science Education*. 62(1) : 24 - 25
- Ennis , R.H. (1985,October). A Logical Basic for Measuring Critical Thinking Skill. *Education Leadership*. 43(2) : 45 – 48.
- Facience A.P. ( 1984, Fall ). "Toward A Theory of Critical Thinking" *Liberal Education*. 70(3):253 - 236
- Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education*. 3 rd ed. New York : Mc Graw – Hill Book Company.
- Goodmman. L and G. Berntsomn. (2000). The Art of Asking Question Using Directed Inquiry in the Classroom. *American Teacher Journal*.
- Guilford, I.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York : McGraw – Hill Inc.
- Haress,
- Hilgard, Ernest R. (1962). *Introduction of Psychology*. New York : Harcourt Brace and World.
- Hudgins, B.B. and Edelman S.( 1988,May/June). "Children's Self Directed Critical Thinking" *Journal of Education Research*. 81(5) : 262 – 273.
- Hudgins, Bryce B. (1977). *Learning and Thinking*. Illinios : F.E. Peacock Publishers, Inc
- James A. Herrick.( 1991 ). *Critical thinking : The Analysis of Arguments* Gorsuch Scarisbrick, Alizona . Publishers Scottsdale.
- Johnson,Danald,McEwen. (1955). *The Psychology of Thought and Judement*. New York : Harper.
- Klopfer, L.E.(1971,Summer). "Evaluation of Learning in Science" , *An Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York : McGraw-HillBook Co.
- Kormody, Edward J. and Bernice, E. (1984). *Essential Biology*. Addiaon – Wesley Publishing Company, Inc.
- Kurfiss,J.(1988). *Critical Thinking : Theor ,Research , Practice and Possibilities*. Washington,D.C. : Association for the study of Higher Education.
- Lunstrome,Donald and Lawerence Lowery. (1978). "Process Pattern and Structural Themes in Science", *In Inquiry Technique for Teaching Science* . William D. Romey. Englewood Cliffs,N.J. : Prentice – Hall.

- Lynch, M.H. (1980). Critical Thinking : a Comparative Study of Baccalaureate and Associate Degree Nursing Students. Peabody College for Teachers of Van Derbit University . *Dissertation Abstract International* . 49 : 2157 A.
- Marra, S.E.(1997,September). "An Exploration of Critical Thinking , Learning Style, Locus of Control and Environmental Perception in Baccalaurate Nursing Students", *Dissertation Abstracts International*. 58(3) : 1215.
- Marshall , John Clark and Loyde Wesley, Hales, (1971). *Classroom Test Construction* . Massachusetts : Addison – Wesley Publishing Company.
- Martin, R.E.Jr., Sexton, C., Wagner, K., & Gerlovich, J. (1994). *Teaching science for all children*. Massachusetts : Allyn and Bacon.
- Norman, John T. (1992, September). "Systematic Modeling versus the learning Cycle : Comparative Effects of Integrated Science Process Skill Achievement", *Journal of Research in Science Teaching*. 19(1) : 715-727.
- Norris, S.P. and Ennis, R.H. ( 1989). *Evaluating Critical Thinking*. California : Midwest Publications.
- Okey, James R. And Ronald L. Field .(1973). *Basic Process Skill Program*. Bloomington , Indiana University.
- Pedhazur, Elazar J. (1982). *Multiple Regression in Behavioral Research*. USA : CBS Collage.
- Polanski, Harold. (1975, March). "Piaget' s Logical Operation and Science Content Comprehension", *Dissertation Abstracts International*. 35 : 5952 -5953 - A
- Preterson ,K.D.(1978,March). "Scientific Inquiry Training for high School Student", *Journal of Research In Science Teaching*. 15(3) :153.
- Quellmalz, E.S. (1985 , October). "Needed : Better Methods for Testing Higher – Order Thinking Skill", *Educational Leadership*. 43(2) : 29 –34.
- Ross, J.A. (1988, June). Sex-test interaction in the measurement of an integrated process skill : The sex-gender hypothesis. *Research in Science and Technological Education*. 6(2), 193-194.
- Roth, Woff Michal and Roychoudhury Anita. (1933, February). The Development of Science Process Skill in Authentic Contexts , *Journal of Research in Science Teaching*. 30(2) : 127-152.

- Rotter, J.B. (1966, June). "Generalized Expectancies for Internal versus External Control of Reinforcement". *Psychological Monographs : General and Applied*. 80 : 1 – 28.
- Rusell , D.H. (1956). *Children 's Thinking* . New York : Oinn and Company.
- Scharmann, L.C. (1989, November). Developmental influences of science process skill instruction. *Journal of Research in Science Teaching*. 26(8) : 715-726.
- Sternberg, R.J. and Baron,J.B.(1985, October ). " A Statewide Approach to Measuring Critical Thinking Skills". *Educational Leadership* . 43(2): 10 – 13.
- Strawitz, B.M. and Malone, M.R. (1987,January). "Preservice Teacher's Acquisition and Retention of Integrated Science Process Skills : A Comparison of Teacher – Directed and Self-Instructional Strategies". *Journal of Research in Science Teaching*. 24: 53 – 60.
- Sund, R.B., & Trowbridge, L.W. (1967). *Teaching science by inquiry in the secondary school*. Columbus : Charles E. Merrill.
- Sund, Robert B. and Leslie W. (1973). *Trowbridge. Teaching Science by Inquiry in the Secondary school Second*. Columbus : Charles E' Merril Publishing Company.
- Thomson, Jeffrey Roland. (1992, Winter). "Secondary School Students understanding of Science process : An interview Study", *Masters Abstracts International*. 30(4) : 1009.
- Vincent E. Barry, Joel Rudinow. ( 1989 ). *Invitation to critical thinking*. 2<sup>nd</sup> . Holt : Rinenart and Winston , Inc.
- Watson and Glaser. (1952). *Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal Manual for Forms Am and Bm*. Great Britain : World Book.
- Watson, G and E.M. Glaser. (1964). *Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal Manual for Ym and Zm*. New York : Harcourt Brace & World.
- William G. Cocharan. (1977). *Sampling Techniques*. 3<sup>rd</sup> New York.: John Wiley & Sons.
- William, Jame Milford. (1981, October). W A Comparison Study of tradition teaching Procedures on Student Attitude Achievement and Critical Thinking Ability in Eleventh Grade United States History. *Dissertation Abstracts International*. 42(4) : 1605 – A.

ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก**

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ  
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

**รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ  
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ**

|                                      |                                                          |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพัฒน์ จันทศิริ | คณะวิทยาศาสตร์<br>สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา            |
| ดร. ภาควดี สุขอนันต์                 | คณะวิทยาศาสตร์<br>สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา            |
| ดร. อนันต์ จันทร์गी                  | ที่ปรึกษา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| อาจารย์วสันต์ ปูนผล                  | โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย<br>จังหวัดลพบุรี              |
| อาจารย์อดุลย์ ใบกุหลาบ               | คณะศึกษาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยนเรศวร                      |

**ภาคผนวก ข**

ค่าดัชนีความสอดคล้อง ( IOC ) ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ( IOC ) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

| ข้อที่ | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |        |        |        |        | ผลรวม | IOC | การพิจารณา  |
|--------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----|-------------|
|        | คนที่1                          | คนที่2 | คนที่3 | คนที่4 | คนที่5 |       |     |             |
| 1      | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 2      | 1                               | -1     | 1      | 1      | 1      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 3      | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 4      | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 5      | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 6      | 1                               | -1     | -1     | 1      | 1      | 1     | 0.2 | คัดออก      |
| 7      | 1                               | -1     | 1      | 1      | 1      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 8      | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 9      | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 10     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 11     | 1                               | -1     | 0      | 1      | 1      | 2     | 0.4 | คัดออก      |
| 12     | 1                               | -1     | 0      | 1      | 0      | 1     | 0.2 | คัดออก      |
| 13     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 14     | 1                               | 0      | 1      | 0      | 0      | 2     | 0.4 | คัดออก      |
| 15     | 1                               | -1     | 0      | 1      | 1      | 2     | 0.4 | คัดออก      |
| 16     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 17     | 1                               | 0      | 0      | 1      | 1      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 18     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 19     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 20     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 21     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 22     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 23     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 24     | 1                               | -1     | 0      | 1      | 1      | 2     | 0.4 | คัดออก      |

ตาราง 8 ( ต่อ )

| ข้อที่ | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |        |        |        |        | ผลรวม | IOC | การพิจารณา  |
|--------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----|-------------|
|        | คนที่1                          | คนที่2 | คนที่3 | คนที่4 | คนที่5 |       |     |             |
| 25     | 1                               | -1     | 1      | 1      | 1      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 26     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 27     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 28     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 29     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 30     | 1                               | -1     | 0      | 1      | 0      | 1     | 0.2 | คัดออก      |
| 31     | 1                               | -1     | 1      | -1     | 0      | 0     | 0   | คัดออก      |
| 32     | 1                               | 1      | 0      | 0      | 1      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 33     | 1                               | -1     | 1      | 1      | 1      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 34     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 35     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 36     | 1                               | -1     | 1      | 1      | 1      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 37     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 0      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 38     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 39     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 40     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 41     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 42     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 43     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 44     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 45     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 46     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 47     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 48     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |

ตาราง 8 ( ต่อ )

| ข้อที่ | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |        |        |        |        | ผลรวม | IOC | การพิจารณา  |
|--------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----|-------------|
|        | คนที่1                          | คนที่2 | คนที่3 | คนที่4 | คนที่5 |       |     |             |
| 49     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 50     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 51     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 52     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 53     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 54     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 55     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 56     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 57     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 58     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 59     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 60     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 61     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 62     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 63     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 64     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 65     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 66     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 67     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 68     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 69     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 70     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 71     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 72     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 73     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |

ตาราง 8 ( ต่อ )

| ข้อที่ | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |        |        |        |        | ผลรวม | IOC | การพิจารณา  |
|--------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----|-------------|
|        | คนที่1                          | คนที่2 | คนที่3 | คนที่4 | คนที่5 |       |     |             |
| 74     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 75     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 76     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 0      | 3     | 0.6 | คัดเลือกไว้ |
| 77     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 78     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 79     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 80     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 81     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 82     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 83     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 84     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 85     | 1                               | -1     | 0      | 1      | 0      | 1     | 0.2 | คัดออก      |
| 86     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 87     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 88     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 89     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 90     | 1                               | -1     | 0      | 1      | 1      | 2     | 0.4 | คัดออก      |
| 91     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 92     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 93     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 94     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 95     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 96     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |

ตาราง 8 ( ต่อ )

| ข้อที่ | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |        |        |        |        | ผลรวม | IOC | การพิจารณา  |
|--------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----|-------------|
|        | คนที่1                          | คนที่2 | คนที่3 | คนที่4 | คนที่5 |       |     |             |
| 97     | 1                               | 0      | 1      | 1      | 1      | 4     | 0.8 | คัดเลือกไว้ |
| 88     | 1                               | 1      | 1      | 1      | 1      | 5     | 1   | คัดเลือกไว้ |
| 99     | 1                               | -1     | 0      | 1      | 1      | 2     | 0.4 | คัดออก      |
| 100    | 1                               | -1     | 0      | 1      | 0      | 1     | 0.2 | คัดออก      |

**ภาคผนวก ค**

ค่าความยาก, ค่าอำนาจจำแนก  
ข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 9 ค่าความยาก( p ) และค่าอำนาจจำแนก ( r )ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการ  
ทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

| ทักษะการตั้งสมมติฐาน |      |      | ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ |      |      |
|----------------------|------|------|----------------------------------|------|------|
| ข้อที่               | p    | r    | ข้อที่                           | p    | r    |
| 1                    | 0.78 | 0.44 | 1                                | 0.25 | 0.39 |
| 2*                   | 0.64 | 0.72 | 2*                               | 0.44 | 0.89 |
| 3*                   | 0.56 | 0.89 | 3*                               | 0.42 | 0.72 |
| 4*                   | 0.67 | 0.56 | 4*                               | 0.39 | 0.67 |
| 5*                   | 0.36 | 0.50 | 5*                               | 0.47 | 0.94 |
| 6                    | 0.58 | 0.28 | 6                                | 0.33 | 0.56 |
| 7                    | 0.47 | 0.28 | 7*                               | 0.44 | 0.78 |
| 8*                   | 0.39 | 0.56 | 8*                               | 0.47 | 0.83 |
| 9*                   | 0.61 | 0.67 | 9                                | 0.22 | 0.44 |
| 10                   | 0.44 | 0.22 | 10*                              | 0.50 | 1.00 |
| 11*                  | 0.53 | 0.83 | 11                               | 0.33 | 0.67 |
| 12*                  | 0.61 | 0.67 | 12*                              | 0.50 | 0.89 |
| 13*                  | 0.67 | 0.67 | 13*                              | 0.50 | 0.89 |
| 14                   | 0.58 | 0.28 | 14*                              | 0.50 | 0.89 |
| 15*                  | 0.64 | 0.72 | 15                               | 0.19 | 0.28 |
| 16                   | 0.22 | 0.44 | 16                               | 0.44 | 0.22 |
| 17                   | 0.33 | 0.56 | 17                               | 0.78 | 0.44 |

\*ข้อที่เลือกไว้

ตาราง 9 (ต่อ)

| ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร |      |      | ทักษะการทดลอง |      |      |
|------------------------------|------|------|---------------|------|------|
| ข้อที่                       | p    | r    | ข้อที่        | p    | r    |
| 1                            | 0.50 | 0.33 | 1*            | 0.42 | 0.83 |
| 2                            | 0.42 | 0.06 | 2             | 0.50 | 0.22 |
| 3*                           | 0.39 | 0.78 | 3             | 0.67 | 0.11 |
| 4*                           | 0.39 | 0.78 | 4*            | 0.42 | 0.61 |
| 5*                           | 0.58 | 0.61 | 5*            | 0.64 | 0.39 |
| 6*                           | 0.58 | 0.50 | 6*            | 0.56 | 0.78 |
| 7*                           | 0.50 | 0.56 | 7             | 0.75 | 0.39 |
| 8*                           | 0.39 | 0.78 | 8*            | 0.53 | 0.61 |
| 9*                           | 0.28 | 0.56 | 9*            | 0.44 | 0.78 |
| 10                           | 0.28 | 0.33 | 10*           | 0.39 | 0.67 |
| 11*                          | 0.28 | 0.56 | 11*           | 0.53 | 0.50 |
| 12                           | 0.47 | 0.28 | 12*           | 0.61 | 0.44 |
| 13*                          | 0.44 | 0.33 | 13            | 0.53 | 0.39 |
| 14*                          | 0.31 | 0.39 | 14*           | 0.47 | 0.72 |
| 15                           | 0.53 | 0.28 | 15            | 0.25 | 0.50 |
| 16                           | 0.50 | 0.22 | 16            | 0.47 | 0.28 |
| 17                           | 0.25 | 0.39 | 17            | 0.58 | 0.28 |
|                              | -    | -    | 18            | 0.22 | 0.44 |
|                              | -    | -    | 19            | 0.53 | 0.28 |

\*ข้อที่เลือกไว้

ตาราง 9 (ต่อ)

| ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป |      |      |
|--------------------------------------|------|------|
| ข้อที่                               | p    | r    |
| 1                                    | 0.25 | 0.50 |
| 2*                                   | 0.39 | 0.56 |
| 3*                                   | 0.42 | 0.72 |
| 4*                                   | 0.42 | 0.83 |
| 5                                    | 0.31 | 0.50 |
| 6                                    | 0.28 | 0.33 |
| 7*                                   | 0.44 | 0.89 |
| 8                                    | 0.31 | 0.50 |
| 9*                                   | 0.47 | 0.94 |
| 10*                                  | 0.47 | 0.50 |
| 11*                                  | 0.61 | 0.56 |
| 12*                                  | 0.44 | 0.67 |
| 13*                                  | 0.47 | 0.83 |
| 14*                                  | 0.42 | 0.50 |
| 15                                   | 0.64 | 0.06 |
| 16                                   | 0.44 | 0.33 |
| 17                                   | 0.31 | 0.39 |
| 18                                   | 0.53 | 0.28 |

\*ข้อที่เลือกไว้

**ภาคผนวก ง**

ผลการวิเคราะห์ CANONICAL โดยใช้โปรแกรม SPSS version 10.0

### ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลล

Run MATRIX procedure:

#### Correlations for Set-1

|    | X1     | X2     | X3     | X4     | X5     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| X1 | 1.0000 | -.2664 | -.2800 | .1513  | .0704  |
| X2 | -.2664 | 1.0000 | .1264  | -.1690 | -.0579 |
| X3 | -.2800 | .1264  | 1.0000 | -.1717 | -.0523 |
| X4 | .1513  | -.1690 | -.1717 | 1.0000 | .0801  |
| X5 | .0704  | -.0579 | -.0523 | .0801  | 1.0000 |

#### Correlations for Set-2

|    | Y1     | Y2     | Y3     | Y4     | Y5     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Y1 | 1.0000 | .0576  | .1206  | .0693  | .1203  |
| Y2 | .0576  | 1.0000 | .0738  | .0742  | .0627  |
| Y3 | .1206  | .0738  | 1.0000 | .0273  | .0934  |
| Y4 | .0693  | .0742  | .0273  | 1.0000 | .1203  |
| Y5 | .1203  | .0627  | .0934  | .1203  | 1.0000 |

#### Correlations Between Set-1 and Set-2

|    | Y1     | Y2     | Y3     | Y4     | Y5     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| X1 | .1081  | .1032  | .0361  | .0064  | .0279  |
| X2 | -.1104 | -.0256 | -.0441 | -.0823 | -.0286 |
| X3 | -.1040 | -.0814 | -.0843 | -.0306 | -.0428 |
| X4 | .0825  | .0372  | .0101  | .0147  | .1291  |
| X5 | -.1018 | .0901  | -.0263 | .0339  | .0123  |

#### Canonical Correlations

| 1 | .215 |
|---|------|
| 2 | .143 |
| 3 | .115 |
| 4 | .083 |
| 5 | .042 |

Test that remaining correlations are zero:

|   | Wilk's | Chi-SQ  | DF     | Sig. |
|---|--------|---------|--------|------|
| 1 | .914   | 107.022 | 25.000 | .000 |
| 2 | .959   | 50.621  | 16.000 | .000 |
| 3 | .978   | 26.095  | 9.000  | .002 |
| — |        |         |        |      |
| 4 | .991   | 10.279  | 4.000  | .036 |
| 5 | .998   | 2.104   | 1.000  | .147 |

## Standardized Canonical Coefficients for Set-1

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| X1 | -.327 | -.349 | -.184 | .726  | .610  |
| X2 | .384  | -.237 | .341  | .805  | -.362 |
| X3 | .443  | .167  | .362  | .023  | .867  |
| X4 | -.348 | -.216 | .938  | -.129 | -.008 |
| X5 | .434  | -.830 | -.145 | -.334 | .036  |

## Raw Canonical Coefficients for Set-1

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| X1 | -.147 | -.157 | -.083 | .327  | .275  |
| X2 | .247  | -.153 | .220  | .518  | -.233 |
| X3 | .378  | .142  | .309  | .020  | .740  |
| X4 | -.230 | -.143 | .619  | -.085 | -.005 |
| X5 | .329  | -.629 | -.109 | -.253 | .027  |

## Standardized Canonical Coefficients for Set-2

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Y1 | -.846 | .350  | -.044 | .207  | .387  |
| Y2 | -.163 | -.888 | -.306 | .287  | .153  |
| Y3 | -.240 | .079  | -.384 | -.045 | -.901 |
| Y4 | -.071 | -.056 | -.343 | -.922 | .213  |
| Y5 | -.223 | -.326 | .877  | -.225 | -.245 |

## Raw Canonical Coefficients for Set-2

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Y1 | -.485 | .201  | -.025 | .119  | .222  |
| Y2 | -.093 | -.508 | -.175 | .164  | .087  |
| Y3 | -.142 | .047  | -.227 | -.027 | -.534 |
| Y4 | -.042 | -.033 | -.202 | -.543 | .126  |
| Y5 | -.117 | -.171 | .460  | -.118 | -.128 |

## Canonical Loadings for Set-1

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| X1 | -.576 | -.424 | -.244 | .462  | .465  |
| X2 | .560  | -.038 | .286  | .656  | -.415 |
| X3 | .620  | .315  | .303  | -.039 | .650  |
| X4 | -.504 | -.324 | .779  | -.186 | .000  |
| X5 | .338  | -.867 | -.121 | -.341 | .054  |

## Cross Loadings for Set-1

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| X1 | -.124 | -.060 | -.028 | .038  | .020  |
| X2 | .120  | -.005 | .033  | .054  | -.017 |
| —  |       |       |       |       |       |
| X3 | .133  | .045  | .035  | -.003 | .027  |
| X4 | -.108 | -.046 | .089  | -.015 | .000  |
| X5 | .073  | -.124 | -.014 | -.028 | .002  |

## Canonical Loadings for Set-2

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Y1 | -.916 | .265  | -.026 | .127  | .272  |
| Y2 | -.249 | -.887 | -.308 | .213  | .109  |
| Y3 | -.377 | .024  | -.339 | -.045 | -.860 |
| Y4 | -.175 | -.135 | -.274 | -.915 | .198  |
| Y5 | -.366 | -.339 | .776  | -.297 | -.247 |

## Cross Loadings for Set-2

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Y1 | -.197 | .038  | -.003 | .011  | .011  |
| Y2 | -.053 | -.126 | -.035 | .018  | .005  |
| Y3 | -.081 | .003  | -.039 | -.004 | -.036 |
| Y4 | -.038 | -.019 | -.031 | -.076 | .008  |
| Y5 | -.079 | -.048 | .089  | -.025 | -.010 |

## Redundancy Analysis:

## Proportion of Variance of Set-1 Explained by Its Own Can. Var.

|       | Prop Var |
|-------|----------|
| CV1-1 | .280     |
| CV1-2 | .228     |
| CV1-3 | .171     |
| CV1-4 | .159     |
| CV1-5 | .163     |

## Proportion of Variance of Set-1 Explained by Opposite Can.Var.

|       | Prop Var |
|-------|----------|
| CV2-1 | .013     |
| CV2-2 | .005     |
| CV2-3 | .002     |
| CV2-4 | .001     |
| CV2-5 | .000     |

## Proportion of Variance of Set-2 Explained by Its Own Can. Var.

|       | Prop Var |
|-------|----------|
| CV2-1 | .242     |
| CV2-2 | .198     |
| CV2-3 | .177     |
| CV2-4 | .198     |
| CV2-5 | .185     |

—

## Proportion of Variance of Set-2 Explained by Opposite Can. Var.

|       | Prop Var |
|-------|----------|
| CV1-1 | .011     |
| CV1-2 | .004     |

|       |      |
|-------|------|
| CV1-3 | .002 |
| CV1-4 | .001 |
| CV1-5 | .000 |

----- END MATRIX -----

ภาคผนวก จ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

## ชุดที่ 1 แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม หรือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ( Integrated Scientific Process Skills ) เป็นทักษะกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐานซึ่งผู้เรียนควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญมาก่อน จึงจะทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการมีประสิทธิภาพประกอบด้วย 5 ทักษะดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน ( Formulating Hypothesis )
2. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ( Identifying and Controlling Variables )
3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ( Defining Variable Operationally )
4. ทักษะการทดลอง ( Experimenting )
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ( Interpreting Data and Making Conclusion )

### คำชี้แจง

แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการนี้มีลักษณะเป็นข้อคำถาม โดยกำหนดสถานการณ์มาให้ ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวนทั้งหมด 100 ข้อ เวลาในการทำข้อสอบ 120 นาที ประกอบด้วย 5 ตอน ได้แก่

|                                                  |    |     |
|--------------------------------------------------|----|-----|
| ตอนที่ 1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน                    | 20 | ข้อ |
| ตอนที่ 2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร            | 20 | ข้อ |
| ตอนที่ 3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ        | 20 | ข้อ |
| ตอนที่ 4 ทักษะการทดลอง                           | 20 | ข้อ |
| ตอนที่ 5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป | 20 | ข้อ |

ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ในช่องที่ตรงกับคำตอบที่ถูกต้องที่สุด เพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

**ตอนที่ 1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน** หมายถึงการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดหาล่วงหน้านี้อย่างไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อนสมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ กับตัวแปรตาม สมมติฐานอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อสนับสนุนสมมติฐานหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

**ความสามารถของผู้ที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ**

1. หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมได้
2. สร้างหรือแสดงให้เห็นวิธีที่จะทดสอบสมมติฐานได้
3. แยกแยะการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกัน

\*\*\*\*\*

1. ปัญญาต้องการจะปลูกชบา จึงวางแผนการทดลองโดยนำกิ่งชบาสด ซึ่งมีตาที่กำลังผลิหลายกิ่งมาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เท่าๆกัน ส่วนหนึ่งนำไปแช่น้ำประปา อีกส่วนหนึ่งนำไปแช่ไว้ในน้ำประปาสมเกลือ ข้อใดควรเป็นสมมติฐานในการทำการทดลอง

- ก. น้ำประปามีผลต่อกิ่งชบา
- ข. เกลือทำให้น้ำประปาสะอาดขึ้น
- ค. เกลือช่วยทำให้รากพืชงอกเร็วขึ้น
- ง. เกลือมีผลต่อการผลิใบของตาทิ้งชบา
- จ. เกลือและน้ำประปามีผลต่อการผลิใบ

จากข้อมูลใช้ตอบคำถามข้อ 2 - 3

นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองโดยมีขั้นตอนในการดำเนินการทดลองดังนี้

1. นำกล่องพลาสติกเบอร์ 1 สองใบทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยฟอ์มาลีน
2. นำแบ่งมันผสมกลุโคสต้มให้เดือด แล้วใส่กระปุกทั้งสองด้วยปริมาณเท่าๆกัน
3. กระปุกใบที่ 1 ใส่ดินก้อนเล็กๆลงไป 1 ก้อน กระปุกใบที่ 2 ไม่ต้องใส่สิ่งใดลงไป
4. ปิดฝาแล้วนำไปไว้ในที่เหมาะสม
5. สังเกต บันทึกผลเป็นเวลา 10 วัน

- 2 การทดลองดังกล่าวเป็นการตรวจสอบสมมติฐานใด

- ก. ในดินมีจุลินทรีย์หรือไม่
- ข. จุลินทรีย์ในดินต้องมีหลายชนิด
- ค. ในดินมีจุลินทรีย์
- ง. จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้
- จ. ฟอ์มาลีนสามารถฆ่าเชื้อโรคได้

- 3 สาเหตุของสมมติฐานดังกล่าวคือข้อใด
- ก. ในดินจะมีจุลินทรีย์
  - ข. พอร์มาลินสามารถฆ่าเชื้อโรคได้หรือไม่
  - ค. จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้จริงหรือไม่
  - ง. จุลินทรีย์ในดินจะมีกี่ชนิด
  - จ. ในดินแต่ละแห่งจะมีจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน
4. “ใส่สารละลายผงซักฟอกที่มีความเข้มข้น 1% , 0.5 % , 0.025 % ชนิดละ 25 cm<sup>3</sup> ลงในกล่องพลาสติกเบอร์ 1 แล้วใส่แหล่งในกล่องพลาสติกใบละ 5 ต้น ลงไปในแต่ละกล่อง ตั้งทิ้งไว้ให้ถูกแสงเป็นเวลา 10 วัน”
- การทดลองดังกล่าวผู้ทำการทดลองมีสมมติฐานอย่างไร
- ก. แห่นเจริญเติบโตได้ดีในที่มีแสงแดดส่องถึง
  - ข. แห่นทุกกระปุกจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเท่ากันหมด
  - ค. ความเข้มข้นของสารละลายผงซักฟอกจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของแห่น
  - ง. ความเข้มข้นของสารอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่
  - จ. สารละลายผงซักฟอก 0.5 % แห่นเจริญเติบโตได้ดีมาก
- 5 จากคำกล่าวที่ว่า “ สุนัขหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ” สมมติฐานข้อใดเป็นจริง
- ก. คนตายหมดถ้าสุนัข
  - ข. สุนัขแต่ละยี่ห้อพิษเหมือนกัน
  - ค. คนสุนัขสุขภาพจะไม่แข็งแรง
  - ง. ในสุนัขมีสารพิษสามารถตรวจสอบได้
  - จ. ในสุนัขต้องมีสารบางชนิดที่เป็นประโยชน์
- 6 นักเรียนคนหนึ่งนำแป้งเปียกและกลูโคสผสมลงในกล่องพลาสติก แล้วนำไปตั้งทิ้งไว้บริเวณโรงอาหารนาน 7 วัน ปรากฏว่าเป็นจุดและเป็นเส้นใยสีดำ – เขียว ในของผสมนั้น
- จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นสมมติฐานข้อใดกล่าวถูกต้อง
- ก. จุลินทรีย์เจริญเติบโตในสารอาหาร
  - ข. ในอากาศต้องมีจุลินทรีย์แน่นอน
  - ค. ในอาหารมีจุลินทรีย์
  - ง. น้ำตาลผสมแป้งเปียกเป็นอาหารของจุลินทรีย์
  - จ. อากาศในบริเวณโรงอาหารมีจุลินทรีย์

7. สมมติฐานใดน่าจะเป็นสาเหตุของปัญหา
- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| ก. ประชาชนเห็นแก่ตัว     | ข. การขาดความรับผิดชอบ |
| ค. การรู้เท่าไม่ถึงการณ์ | ง. ขาดการดูแลเอาใจใส่  |
| จ. ขาดสติยั้งคิด         |                        |
8. ในพื้นที่บริเวณหนึ่งประชากรมีอาการปวดศีรษะอย่างรุนแรง ชูบผอม เมื่อวินิจฉัยเบื้องต้นพบว่า ถนนหมู่บ้านถมด้วยกากแบตเตอรี่จำนวนมาก อาจตั้งสมมติฐานได้ว่าอาการดังกล่าวเกิดจากสารพิษชนิดใด
- |            |             |
|------------|-------------|
| ก. ตะกั่ว  | ข. แคดเมียม |
| ค. ดีบุก   | ง.ปรอท      |
| จ. กำมะถัน |             |
9. สมมติฐานที่กล่าวว่า “น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีอุณหภูมิสูงทำให้น้ำเสียได้” เหตุผลใดสนับสนุนสมมติฐานได้ดีที่สุด
- |                                                      |
|------------------------------------------------------|
| ก. อุณหภูมิสูงสัตว์น้ำและพืชน้ำจะตายหมด              |
| ข. น้ำอุณหภูมิสูงก๊าซต่าง ๆ ละลายน้ำได้น้อยลง        |
| ค. น้ำอุณหภูมิสูงจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนมากขึ้น        |
| ง. น้ำอุณหภูมิสูง ความหนาแน่นน้อย จึงเน่าเสียได้ง่าย |
| จ. น้ำอุณหภูมิสูงมาก พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ |
10. จากการทดลองปลูกสาหร่ายในหลอดทดลอง 2 หลอด ในน้ำชนิดเดียวกันโดยหลอดหนึ่งเทน้ำมันลงไปเล็กน้อย นำไปไว้บริเวณเดียวกันเป็นเวลา 7 วัน ปรากฏผลว่าหลอดที่มีน้ำมันสาหร่ายจะตาย สมมติฐานใดสนับสนุนการทดลองและผลการทดลองดังกล่าว
- |                                                          |
|----------------------------------------------------------|
| ก. สาหร่ายไม่ได้รับแสงแดด                                |
| ข. คราบน้ำมันทำให้พืชสังเคราะห์แสงไม่ได้                 |
| ค. สาหร่ายขาดสารอาหารไปเลี้ยงลำต้น                       |
| ง. สารพิษจากคราบน้ำมันมีผลต่อการลำเลียงของสาหร่าย        |
| จ. พืชน้ำทุกชนิดไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ถ้ามีคราบน้ำมัน |

**ตอนที่ 2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ** หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้ โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลอง และบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

นิยามเชิงปฏิบัติการ มีสาระสำคัญ 2 ประการคือ

1. ระบุสิ่งที่จะสังเกต
2. ระบุการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบ หรือการทดลอง

**ความสามารถของผู้ที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว คือ**

1. กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ให้สามารถทดสอบหรือวัดได้
2. แยกนิยามเชิงปฏิบัติการออกจากนิยามที่ไม่ใช่นิยามเชิงปฏิบัติการได้
3. สามารถบ่งชี้ตัวแปรหรือคำที่ต้องการใช้ในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการได้

\*\*\*\*\*

1. จากคำพูดที่ว่าประเทศไทยจะกลายเป็นทะเลทราย ถ้ายังไม่มีการอนุรักษ์ป่าไม้ “ การอนุรักษ์ป่าไม้ ” ในที่นี้หมายความว่าอย่างไร
  - ก. การบำรุงรักษาป่าในเขตพื้นที่ต่างๆทั่วประเทศ
  - ข. การส่งเสริมและปลูกค่านิยมในการดูแลรักษาป่าไม้
  - ค. การดูแลรักษาป่าไม้ไว้โดยไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์
  - ง. การประกาศเขตป่าสงวนแห่งชาติ และลงโทษผู้ทำลายป่าอย่างรุนแรง
  - จ. การปลูกป่า ประกาศเขตพื้นที่ป่าและออกกฎหมายควบคุมการใช้ประโยชน์จากป่าไม้
2. สารละลายที่มีอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลายเหมาะสมจะเกิดการตกผลึก “ การตกผลึก ” ในที่นี้หมายความว่าอย่างไร
  - ก. การรวมตัวของสารละลายเมื่ออุณหภูมิลดลง
  - ข. การเกิดของแข็งรูปร่างเฉพาะตัวจากตัวทำละลายเมื่อลดอุณหภูมิของสารละลายลง
  - ค. การเปลี่ยนแปลงและเกิดปฏิกิริยาระหว่างตัวทำละลายกับตัวถูกละลายเมื่ออุณหภูมิลดลง
  - ง. การเปลี่ยนแปลงของสารละลายเมื่อลดปริมาณตัวทำละลายและการเพิ่มปริมาณตัวถูกละลาย
  - จ. เมื่อวางสารละลายที่อิ่มตัวไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง จะได้สารของแข็งที่มีรูปร่างเฉพาะตัว มีเหลี่ยม มุม และผิวหน้าเรียบที่ก้นภาชนะ

3. จากคำกล่าวที่ว่า แรงเสียดทานเป็นอุปสรรคต่อการขนส่ง “ การขนส่ง ” ในที่นี้หมายความว่าอย่างไร
  - ก. การติดต่อส่งข่าวถึงกันและกัน ในระยะใกล้และไกล
  - ข. การบรรทุกสินค้าจากแหล่งผลิตไปสู่ผู้บริโภคด้วยยานพาหนะ
  - ค. การใช้ยานพาหนะลำเลียง คน สัตว์ สิ่งของ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง
  - ง. การบรรทุกสิ่งของด้วยยานพาหนะทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ
  - จ. การขนถ่ายสิ่งของจากประเทศหนึ่งสู่ประเทศหนึ่งด้วยอากาศยาน
  
4. จากสมมติฐานที่ว่า การถ่ายเทพลังงานความร้อนจะเกิดขึ้นได้เมื่อวัตถุ 2 ชนิด มีอุณหภูมิแตกต่างกัน “ การถ่ายเทพลังงานความร้อน ” ในที่นี้หมายความว่าอย่างไร
  - ก. การแผ่รังสีความร้อนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง
  - ข. การถ่ายเทของพลังงานในห่วงโซ่อาหาร
  - ค. การถ่ายเทพลังงานความร้อนโดยผ่านไปทางตัวนำ
  - ง. การเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานความร้อนของวัตถุ
  - จ. เมื่อจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในน้ำเดือดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์จะเพิ่มขึ้น
  
5. ลักษณะอย่างไรจึงจะเรียกว่าอากาศมีแรงดัน
  - ก. เมื่อเคลื่อนที่เร็วขึ้น ลมจะแรงขึ้น
  - ข. การลอยตัวของบอลลูนในอากาศ
  - ค. เมื่ออัดแก๊สเข้าไปในลูกโป่ง ลูกโป่งจะโป่งพอง
  - ง. เครื่องบินขณะวิ่งขึ้นจะลอยตัวทำมุม 45 องศาขึ้น
  - จ. เมื่อเอากระดาดปิดปากแก้วน้ำที่มีน้ำบรรจุอยู่เต็มแล้วคว่ำลง น้ำจะไม่ไหลออกมาภายนอก
  
6. เราสามารถทำน้ำทะเลให้กลายเป็นน้ำจืดได้ โดยการกลั่น “ การกลั่น ” ในที่นี้หมายถึงการทำอะไร
  - ก. การแยกเกลือออกจากน้ำทะเล
  - ข. การทำให้น้ำเปลี่ยนจากน้ำเค็มกลายเป็นน้ำจืด
  - ค. การลดปริมาณเกลือในน้ำทะเลลงโดยการต้ม
  - ง. การเติมกรดลงในน้ำทะเลเพื่อลดความเป็นเบสของน้ำทะเล
  - จ. การต้มน้ำทะเลให้กลายเป็นไอและผ่านไอน้ำให้ควบแน่นกลายเป็นของเหลวในหลอดแก้วที่แช่ในน้ำเย็น

7. สิ่งมีชีวิตมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน “ การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม” ในที่นี้หมายถึงอะไร

- ก. มนุษย์ทำสภาพแวดล้อมให้เหมาะแก่การอยู่อาศัย
- ข. การอพยพย้ายถิ่นเพื่อหาแหล่งอาหารใหม่ๆ
- ค. ค้างคาวเพิ่มอวัยวะบางอย่างเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต
- ง. ลูกอ๊อดลดหน้าส่วนประกอบที่ไม่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตลง เช่นหางหดหายไป
- จ. จิ้งจกสีตัวเข้มจะมีสีตัวจางลงเมื่อจับลงเลี้ยงในกล่องเลี้ยงสีขาว

8. จะรู้ได้อย่างไรว่ามีการปฏิสนธิเกิดขึ้น

- ก. ประจำเดือนขาดหายไป ครรภ์ขยายโตขึ้น
- ข. เกิดการตั้งครรภ์ในเพศหญิง
- ค. นิวเคลียสของไข่รวมตัวกับนิวเคลียสของอสุจิ
- ง. เกิดชีวิตใหม่ระหว่างการรวมตัวของอสุจิกับไข่
- จ. ประจำเดือนขาดหายไป เกิดการตั้งครรภ์ในเพศหญิง

9. จากคำกล่าวที่ว่า “ ผลไม้ต่างชนิดกันจะมีปริมาณของวิตามินซีต่างกัน” คำว่าวิตามินซี มีความหมายตามข้อใดจึงจะทำให้เข้าใจตรงกัน

- ก. วิตามินซีคือสารที่มีในผลไม้ทุกชนิด
- ข. วิตามินซีคือสารที่มีในอาหารทุกชนิดที่มีรสเปรี้ยว
- ค. วิตามินซีคือสารที่สามารถป้องกันเลือดออกตามไรฟันได้
- ง. วิตามินซีคือสารที่รับประทานเข้าไปแล้วทำให้ร่างกายมีภูมิต้านทานโรคหวัดได้ดี
- จ. วิตามินซีคือสารที่สามารถทำให้น้ำแป้งผสมสารละลายไอโอดีนเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี

10. จากคำกล่าวที่ว่า “ เด็กที่ขาดโปรตีนจะทำให้ร่างกายเติบโตช้า” ข้อความในข้อใดต่อไปนี้จะทำให้นิยามของโปรตีน มีความเข้าใจตรงกัน

- ก. โปรตีนคือสารอาหารที่มีในจำพวกเนื้อสัตว์
- ข. โปรตีนคือสารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย
- ค. โปรตีนคือสารที่ช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโต
- ง. โปรตีนคือสารที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายไบยูเรตแล้วให้สีม่วง
- จ. โปรตีนคือสารที่รับประทานเข้าไปเกินความต้องการของร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนและยูเรีย

**ตอนที่ 3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร** ประเภทของตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ( Independent Variable ) คือสิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆหรือสิ่งเร้าที่ต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่
2. ตัวแปรตาม ( Dependent Variable ) คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนแปลงไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผล จะเปลี่ยนตามไปด้วย
3. ตัวแปรที่ต้องควบคุม ( Conttrolled Variable ) คือสิ่งอื่นๆนอกเหนือจากตัวแปรต้น ที่มีผลต่อการทดลองด้วยซึ่งต้องควบคุมให้เหมือนกันมิฉะนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมตัวแปรอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

การกำหนดตัวแปร หมายถึงการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

**พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรคือ**

1. ชี้บ่งตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม หรือสมบัติทางกายภาพหรือชีวภาพของระบบได้
  2. บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุมได้
  3. สร้างวิธีการทดลอง หาผลที่เกิดจากตัวแปรต้นหนึ่งตัวหรือหลายตัวได้
  4. บ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดที่ไม่ได้รับการควบคุมให้คงที่ในการทดลอง ถึงแม้ว่า ตัวแปรเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปในแบบเดียวกันในทุกๆกรณี
  5. บอกได้ว่าสภาพการณ์อย่างไรที่ทำให้ตัวแปรมีค่าคงที่ และสภาพการณ์อย่างไรไม่ทำให้ค่าตัวแปรคงที่
-

1. ถ้าเราตั้งสมมติฐานว่า “เนื้อที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช” ในการทดลองนี้สิ่งที่ไม่ต้องควบคุมคืออะไร
  - ก. ขนาดของพื้นที่
  - ข. ปริมาณน้ำที่รด
  - ค. ความเข้มของแสงแดด
  - ง. อุณหภูมิของบริเวณทดลอง
  - จ. ชนิด ขนาด และอายุของพืช
  
2. หั่นสับปะรดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่หลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอด แล้วใช้สำลีป้อนเป็นก้นอุดปากหลอดทั้งสอง นำหลอดหนึ่งวางในกระป๋อง ซึ่งมีน้ำอยู่ปิดปากกระป๋องและตม้ในกระป๋องให้เดือดประมาณ 15 นาที เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในหลอดทั้งสองทุกวันจนครบ 7 วัน ในการทดลองนี้ข้อใดเป็นตัวแปรตาม
  - ก. สำลี
  - ข. กระป๋อง
  - ค. สับปะรด
  - ง. ปริมาณความร้อน
  - จ. การเปลี่ยนแปลงของสับปะรด
  
3. ใส่สารละลายผงซักฟอกที่มีความเข้มข้นต่างกันลงในกล่องพลาสติก เบอร์ 1 แต่ละกล่องตามลำดับ ใส่แฉ่น 10 ต้น ลงในแต่ละกล่องตั้งทิ้งไว้ให้ถูกแสง สังเกตลักษณะและนับจำนวนของแฉ่นทุก 2 วัน จนครบ 10 วัน การทดลองดังกล่าวข้อใดคือตัวแปรต้น
  - ก. แฉ่น
  - ข. แสงสว่าง
  - ค. กล่องพลาสติก
  - ง. สารละลายผงซักฟอก
  - จ. การเปลี่ยนแปลงของแฉ่น

4. ใส่ตัวอย่างดิน 3 ชนิด คือดินเหนียว ดินทราย ดินร่วน ลงในหลอดทดลองขนาดกลางชนิดละหลอด อย่างละประมาณครึ่งหลอดแล้วรินลงในดิน เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ จุ่มกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ลงไปหลอดละ 1 ชิ้น เทียบสีของกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์กับแถบสีแสดงค่า pH ข้อใดต่อไปนี้คือตัวแปรต้น
- น้ำ
  - ค่า pH
  - ชนิดของดิน
  - กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์
  - การเปลี่ยนสีของกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์
5. ปลุกหญ้าเป็นแถวยาวและแถวขวางลงในกระบะไม้อย่างละกระบะ ทิ้งไว้ 4 สัปดาห์ รดน้ำทุกวัน วางกระบะทั้งสองไว้ให้เอียงเป็นมุมเท่าๆกัน รดน้ำปริมาณเท่ากันทั้งสองกระบะ และหาภาชนะมารองรับน้ำที่ไหลลงมาเป็นเวลา 2 นาที ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแปรตาม
- ต้นหญ้า
  - ปริมาณน้ำที่รด
  - ภาชนะที่รองรับน้ำ
  - ปริมาณดินและน้ำที่ไหล
  - การวางกระบะเป็นมุมต่างๆกัน
8. สมศักดิ์สังเกตเห็นบ่อน้ำทิ้งของบ้านเขามีผักตบชวาขึ้นอยู่หนาแน่น ส่วนบ่อน้ำทิ้งของบ้านสมศรีไม่มีผักตบชวาขึ้นอยู่เลย และสมศักดิ์ยังพบอีกว่าบ่อน้ำทิ้งของสมศรีน้ำเน่ามีกลิ่นเหม็น ส่วนบ่อน้ำทิ้งที่บ้านเขาค่อนข้างใส และไม่มีกลิ่นทั้งที่เป็นบ่อที่มีขนาดเท่ากัน จากสถานการณ์ดังกล่าวข้อใดเป็นสาเหตุของความแตกต่างของบ่อน้ำทิ้งสองแห่ง
- ผักตบชวา
  - น้ำทิ้งแต่ละบ้าน
  - ปริมาณน้ำในบ่อ
  - ขนาดของบ่อน้ำ
  - สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบ่อน้ำ

7. ตัดต่อต้องการจะพิสูจน์ว่าชนิดของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหรือไม่ โดยการนำน้ำจากสระน้ำและน้ำประปาปริมาณเท่ากันมาเลี้ยงปลาหางนกยูง ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแปรตามในการทดลองนี้
- ชนิดของน้ำ
  - อาหารที่ใช้เลี้ยง
  - ปริมาณน้ำที่ใช้เลี้ยง
  - ชนิดของภาชนะที่ใช้เลี้ยง
  - การเจริญเติบโตของปลา
8. . จากสมมติฐานที่ว่า “ เกลือสามารถละลายในน้ำร้อนได้เร็วกว่าในน้ำเย็น “ ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานนี้จะต้องจัดข้อใดให้เหมือนกัน
- อุณหภูมิของน้ำและปริมาณของน้ำ
  - ปริมาณของเกลือและปริมาณของน้ำ
  - ปริมาณของเกลือและความกดดันของอากาศ
  - อุณหภูมิของน้ำและขนาดของภาชนะที่ใส่น้ำ
  - ปริมาณของเกลือ ปริมาณของน้ำและอุณหภูมิของน้ำ
9. ถ้าต้องการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่าของเหลวต่างชนิดกันระเหยได้มากน้อยต่างกัน จะต้องทำตามข้อใด
- ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ในปริมาณเท่า ๆ กัน ลงในภาชนะต่าง ๆ กันตั้งทิ้งไว้แห้งเดียวกัน
  - ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ปริมาณเท่า ๆ กันลงในภาชนะขนาดเท่ากันตั้งแห้งเดียวกันเป็นเวลาเท่ากัน สังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะต่าง ๆ
  - ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ปริมาณต่าง ๆ กันลงในภาชนะขนาดเท่ากันตั้งแห้งเดียวกันเป็นเวลาเท่ากัน สังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะต่าง ๆ
  - ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ปริมาณเท่า ๆ กันลงในภาชนะขนาดต่าง ๆ กันตั้งแห้งเดียวกันเป็นเวลาเท่ากัน สังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะต่าง ๆ
  - ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ปริมาณเท่า ๆ กันลงในภาชนะขนาดเท่ากันตั้งแห้งเดียวกันเป็นเวลาต่าง ๆ กัน สังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะต่าง ๆ

ครูวางกระป๋องพลาสติก 2 ใบ ใบหนึ่งใส่น้ำก่อนข้างเต็ม อีกใบหนึ่งว่างเปล่า ครูถือสายพลาสติกใสเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm ไว้ในมือ ถ้าครูถ่ายน้ำจากกระป๋องที่มีน้ำอยู่เกือบเต็มไปยังกระป๋องกระป๋องเปล่าด้วยสายยางนี้แล้วทำการทดลองอีกครั้ง โดยใช้สายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm.

10. จากการทดลองที่กำหนดให้ตัวแปรตามคืออะไร

ก. เวลาที่ใช้

ข. ปริมาณน้ำที่ใช้

ค. ขนาดของท่อพลาสติก

ค. เวลาที่ใช้ และขนาดของท่อ

ง. ขนาดของท่อและปริมาณน้ำที่ใช้

**ตอนที่ 4ทักษะการทดลอง** หมายถึงความสามารถจัดกระบวนการปฏิบัติการทดลอง

เพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือเพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัย ในสิ่งที่อยากจะรู้ คำตอบ การทดลองเป็นการนำเอาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายๆ อย่างมาใช้ในการหาคำตอบ องค์ประกอบของการทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ชั้นคือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองเพื่อกำหนด

- วิธีการทดลอง ( ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร )
- อุปกรณ์ และ/ หรือสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง

2. ปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริงและใช้อุปกรณ์อย่างถูกต้องเหมาะสม

3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง

ในการทดลองแต่ละครั้งจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง คือสามารถที่จะบอกชนิดของตัวแปรในการทดลองว่าตัวแปรนั้นเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามหรือตัวแปรที่ถูกควบคุม ในการทดลองหนึ่งๆ จะต้องมิตัวแปรหนึ่งเท่านั้นที่มีผลต่อการทดลองและให้แน่ใจว่าผลที่เกิดจากตัวแปรนั้นจริงๆ จำเป็นต้องควบคุมตัวแปรอื่น ไม่ให้มีผลต่อการทดลอง ซึ่งเรียกตัวแปรนี้ว่าตัวแปรที่ถูกควบคุม

**ความสามารถของผู้ที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว คือ**

1. กำหนดวิธีการทดลองได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับสมมติฐานโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุม
2. ระบุวัสดุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง
3. ปฏิบัติการทดลอง และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องคล่องแคล่ว
4. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง
5. จัดกระทำข้อมูลที่สังเกตได้และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการเสนอข้อมูล
6. สามารถเขียนรายงานผลการทดลอง รวมทั้งอภิปรายผลว่าข้อมูลต่างๆ

-----

1. วัสดุ – อุปกรณ์ ในข้อใดทดสอบสมมติฐานว่า “ดินต่างชนิดกันจะปลูกพืชได้เจริญเติบโตแตกต่างกัน”

- ก. กระป๋องนม ปุ๋ย ดินชนิดเดียวกัน น้ำ
- ข. เมล็ดพืช น้ำ ดินต่างชนิดกัน ตะแกรงลวด
- ค. ดินต่างชนิดกัน ตะแกรงลวด พืชชนิดเดียวกัน น้ำ
- ง. กล่องพลาสติก กระดาษชำระ สำลี กิ่งชบา
- จ. ดินต่างชนิดกัน กระป๋องนม พืชชนิดเดียวกัน น้ำ

2. การทดลองเพื่อหาปริมาณการละลายของสารต่างๆในน้ำ ณ อุณหภูมิห้องควรเลือกใช้อุปกรณ์ในข้อใดจึงจะเหมาะสม

- ก. เทียน สาร น้ำ หลอดทดลอง ช้อนตักสาร
- ข. หลอดนำก๊าซ สาร น้ำ ปีกเกอร์ ช้อนตักสาร
- ค. สาร น้ำ หลอดทดลอง ช้อนตักสาร หลอดฉีดยา
- ง. สาร ปีกเกอร์ แอลกอฮอล์ หลอดทดลอง ช้อนตักสาร
- จ. ตะเกียงแอลกอฮอล์ สาร น้ำ หลอดทดลอง ช้อนตักสาร

3. อุปกรณ์ในข้อใดเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ในการทดลองเพื่อหาจุดเดือดของน้ำ

- ก. ปิเปต
- ข. หลอดฉีดยา
- ค. ตะแกรงลวด
- ง. เทอร์โมมิเตอร์
- จ. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

4. นักชีววิทยาท่านหนึ่งต้องการทราบว่าสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของประชากรหรือไม่ขั้นตอนการทดลองใดต่อไปนี้ไม่จำเป็นสำหรับการทดลองนี้

- 1. สังเกตประชากรหนูในที่แห่งหนึ่ง
- 2. ให้อาหารแก่หนูจำนวน 250 กรัมทุกวัน
- 3. ป้องกันไม่ให้เกิดการอพยพของประชากรหนูที่เกิดขึ้น
- 2. คัดเลือกประชากรของหนูที่อ่อนแอจากกลุ่มประชากร
- 3. สรุปผลการทดลอง
  - ก. ขั้นตอนที่ 1
  - ข. ขั้นตอนที่ 2
  - ค. ขั้นตอนที่ 3
  - ง. ขั้นตอนที่ 4
  - จ. ขั้นตอนที่ 5

5. ถ้านักเรียนต้องการทดสอบเรื่องความชื้นในบรรยากาศว่ามีอิทธิพลต่อการระเหยของน้ำจะใช้เครื่องมือชุดใดในการทดลอง
- สายยาง ขวดแก้ว อ่างน้ำ น้ำ
  - เทอร์โมมิเตอร์ น้ำแข็ง น้ำร้อน น้ำธรรมดา
  - อ่างน้ำ กระดาษแข็ง แก้วน้ำ กระดาษหนังสือพิมพ์ เชือก
  - เทอร์โมมิเตอร์ สำลีสบุน้ำ กล้องพลาสติก น้ำ จุกยาง ที่จับหลอดทดลอง
  - หลอดกาแฟ สารละลายคัลเซียมไฮดรอกไซด์ บีกเกอร์ หลอดทดลอง
6. นักชีววิทยาต้องการจะศึกษาว่าปลาบึกซึ่งเป็นปลาน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก มีแหล่งที่อยู่อาศัย เส้นทางดำรงชีวิต และประเภทของอาหารที่กินอย่างไร จึงทำการทดลองดังนี้
- ขั้นที่ 1 นำลูกปลาที่ได้จากการผสมเทียมมาติดเครื่องหมายบอกวัน เดือน ปี และสถานที่ที่ปล่อยปลา
- ขั้นที่ 2 นำปลาไปปล่อยตามแหล่งน้ำต่างๆ
- ขั้นที่ 3 ประกาศให้รางวัลแก่ชาวประมงที่จับปลาที่มีเครื่องหมายได้ในระยะเวลา 10 ปี หลังจากปล่อยปลาไปแล้ว 1 ปี
- ขั้นที่ 4 สำนวจตำแหน่งที่จับปลาได้
- ขั้นที่ 5 ผ่าตัดกระเพาะอาหารปลาเพื่อตรวจหาชนิดของอาหารที่ปลากิน
- จากการทดลองนี้ ข้อใดควรปฏิบัติ ในการทดลองนี้
- ขั้นที่ 1 ติดเครื่องหมายวัน เดือน ปี และสถานที่ปล่อยปลา
  - ขั้นที่ 2 การศึกษาครั้งนี้ควรศึกษาในแม่น้ำโขงเท่านั้น
  - ขั้นที่ 3 ประกาศให้รางวัลตั้งแต่วันที่ปล่อยปลา
  - ขั้นที่ 4 การสำวจตำแหน่งที่จับปลาได้ไม่มีประโยชน์ต่องานวิจัยนี้
  - ขั้นที่ 5 ผ่าตัดกระเพาะอาหารปลาจะไม่สามารถระบุอาหารที่ปลากินได้
7. นายสรพงษ์ต้องการพิสูจน์ว่า” ดินบริเวณ ก เหมาะที่จะปลูกกุหลาบมากกว่าดินบริเวณ ข “ เขาจึงทำการทดลองตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้
- นำดินจากบริเวณ ก และบริเวณ ข ปริมาณเท่ากันใส่ลงในกระถางที่มีลักษณะเหมือนกันและขนาดเท่ากัน
  - ปลูกกุหลาบในกระถางทั้งสองกระถางละ 1 กิ่ง โดยกุหลาบทั้งสองกิ่งมีขนาดเท่ากัน ลักษณะและความสมบูรณ์เหมือนกัน
  - พ่นยาฆ่าเชื้อราชนิดเดียวกันในปริมาณเท่ากันกับต้นกุหลาบทั้งสองต้น
  - ปิดหน้าดินด้วยกาบมะพร้าวเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำทั้งสองกระถางเหมือนกัน
  - วางกระถางทั้งสองไว้ในบริเวณเดียวกัน
  - รดน้ำทั้งสองกระถางในปริมาณที่เท่ากันทุกวัน

7. นับจำนวนใบ วัดเส้นรอบวงบริเวณโคนต้นและวัดความสูงของกุหลาบทั้งสองต้น  
ทุก 2 วัน ในเวลาเดียวกัน

จากขั้นตอนในการทำการทดลองดังกล่าว อยากทราบว่าขั้นตอนใดไม่จำเป็นต้องทำการทดลองก็ได้

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| ก. ขั้นตอนที่ 2       | ข. ขั้นตอนที่ 5       |
| ค. ขั้นตอนที่ 7       | ง. ขั้นตอนที่ 3 และ 4 |
| จ. ขั้นตอนที่ 5 และ 7 |                       |

8 . ถ้าต้องการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า” ของเหลวต่างชนิดกัน ระเหยได้มากน้อยไม่เท่ากัน” จะต้องทำอย่างไร

- ก. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกันลงในภาชนะ 2 ใบ ในปริมาณที่เท่ากัน
- ข. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกัน ในปริมาณที่เท่ากันลงในภาชนะขนาดเท่ากัน 2 ใบ
- ก. ใส่ของเหลวต่างชนิดกันในปริมาณที่เท่ากันลงในภาชนะที่มีขนาดเท่ากัน 2 ใบ
- ง. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกันในปริมาณที่ต่างกันลงในภาชนะที่มีขนาดเท่ากัน
- จ. ใส่ของเหลวต่างชนิดกันในปริมาณที่แตกต่างลงในภาชนะที่มีลักษณะและขนาดแตกต่างกัน

9 . ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมน้ำมันของผ้า 2 ชนิด โดยมีขั้นตอนตามลำดับต่อไปนี้

1. ซึงผ้าทั้งสองชนิดให้ตั้งเท่ากัน
2. หยดน้ำมันชนิดหนึ่งลงบนผ้าทั้งสองชนิดโดยใช้หลอดหยดอันเดียวกัน ในปริมาณเท่ากัน
3. จับเวลาตั้งแต่หยดน้ำมันสัมผัสกับเนื้อผ้าแต่ละชนิดจนกระทั่งน้ำมันซึมเข้าไปในเนื้อผ้าทั้งหมด
4. เปรียบเทียบพื้นที่ที่เปื้อนน้ำมันของผ้าทั้งสองชนิด

จากการทดลองโดยวิธีดังกล่าว มีข้อบกพร่องมากที่สุดในข้อใด

- ก. ไม่ได้ควบคุมชนิดของน้ำมัน
- ข. ไม่ได้ควบคุมขนาดของผ้าทั้งสองชนิด
- ค. ไม่ได้กำหนดหน่วยของเวลาที่ใช้ในข้อ 3
- ง. ไม่ได้บอกตำแหน่งที่แน่นอนในการหยดน้ำมันลงบนเนื้อผ้า
- จ. การใช้วิธีการเปรียบเทียบพื้นที่เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากบริเวณที่เปื้อนน้ำมันอาจมีรูปร่างแตกต่างกันยากแก่การวัดหรือการคำนวณ

ศึกษาสมมติฐานและตารางแสดงวิธีการทดลองเพื่อใช้ตอบคำถาม

สมมติฐาน “ ระยะที่ปล่อยลูกบอลถึงพื้นดินยิ่งสูง ลูกบอลยิ่งกระดอนสูงขึ้น”

| วิธีที่ | จำนวนลูกบอล<br>(ลูก) | ขนาด       | ระยะที่ปล่อยสูง<br>จากพื้น (cm.) | จำนวนครั้งที่<br>ปล่อย( ครั้ง) |
|---------|----------------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1       | 1                    | -          | 10                               | 1                              |
|         |                      |            | 30                               | 1                              |
|         |                      |            | 50                               | 1                              |
| 2       | 1                    | -          | 10                               | 5                              |
|         |                      |            | 30                               | 5                              |
|         |                      |            | 50                               | 5                              |
| 3       | 1                    | เท่ากัน    | 10                               | 5                              |
|         |                      |            | 30                               | 5                              |
|         |                      |            | 50                               | 5                              |
| 4       | 1                    | ไม่เท่ากัน | 10                               | 5                              |
|         |                      |            | 30                               | 5                              |
|         |                      |            | 50                               | 5                              |
| 5       | 1                    | ไม่เท่ากัน | 10                               | 5                              |
|         |                      |            | 30                               | 5                              |
|         |                      |            | 50                               | 5                              |

10 วิธีทดลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสมมติฐานนี้คือ

- ก. วิธีที่ 1
- ข. วิธีที่ 2
- ค. วิธีที่ 3
- ง. วิธีที่ 4
- จ. วิธีที่ 5

**ตอนที่ 5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป** หมายถึง การแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่นๆ เช่น การสังเกต การคำนวณ เพื่อสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่ต้องการ การลงข้อสรุปจะเกี่ยวข้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนการ ทดลองแบ่งเป็น 3 ข้อคือ

1. การตีความหมายข้อมูลจากกราฟ มีรายละเอียดดังนี้
  - ควรให้รายละเอียดที่ชัดเจน และเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์
  - รายละเอียดของข้อมูลจากกราฟบางส่วนอาจแปลให้มาอยู่ในรูปของตารางเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น
  - ผลที่ได้จากการตีความหมายข้อมูลนำไปสู่การลงความเห็นได้
2. การตีความหมายข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง
3. การตีความหมายของข้อมูลจากแผนภาพหรือรูปภาพ

#### 1 . พิจารณาตาราง

| สถานที่         | อุณหภูมิ( องศาเซลเซียส) |
|-----------------|-------------------------|
| ชายหาดบางแสน    | 30                      |
| สนามหลวง        | 31                      |
| ดอยอินทนน       | 21                      |
| ประเทศิเบต      | 5                       |
| เทือกเขาหิมาลัย | - 21                    |

ข้อมูลใดเป็นการลงข้อสรุปได้ถูกต้อง

- ก. สนามหลวงอากาศร้อน
- ข. ยิ่งสูงขึ้นอุณหภูมิยิ่งต่ำลง
- ค. ยิ่งสูงขึ้นอากาศจะร้อนขึ้น
- ง. ประเทศิเบตหนาวกว่าประเทศไทย
- จ. บนเทือกเขาหิมาลัยน้ำจะเป็นน้ำแข็งทั้งหมด

จากการทดลองวัดอัตราการเต้นของหัวใจของสัตว์ชนิดหนึ่ง ในพฤติกรรมต่างๆ ได้ดังนี้

| พฤติกรรม  | อัตราการเต้นของหัวใจ(ครั้ง/นาที) |
|-----------|----------------------------------|
| นอนหลับ   | 75                               |
| เดิน      | 80                               |
| กระโดด    | 97                               |
| วิ่งช้าๆ  | 93                               |
| วิ่งเร็วๆ | 102                              |

ใช้ข้อมูลตอบคำถามข้อ 2 – 3

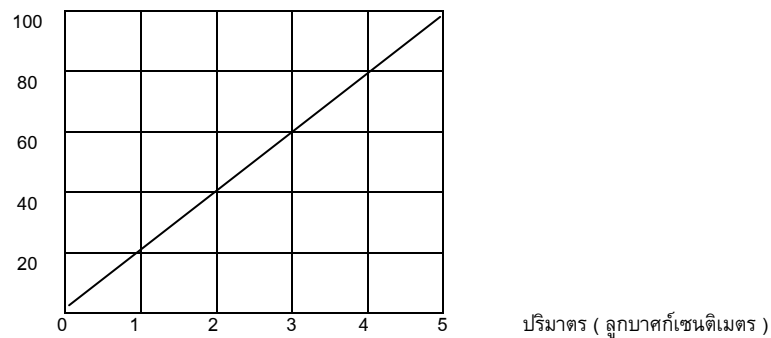
2. ขณะที่สัตว์นอนหลับ หัวใจจะเต้นครบ 75 ครั้ง ต้องใช้เวลาเท่าใด

- ก. 1 นาที
- ข. 5 นาที
- ค. 10 นาที
- ง. 20 นาที
- จ. 30 นาที

3. ขณะที่สัตว์ชนิดนี้วิ่งช้าๆ หัวใจเต้นกี่ครั้งต่อนาที

- ก. 75 ครั้ง
- ข. 80 ครั้ง
- ค. 93 ครั้ง
- ง. 97 ครั้ง
- จ. 102 ครั้ง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตรของวัตถุ



จากกราฟ จงตอบคำถามข้อที่ 5 – 6

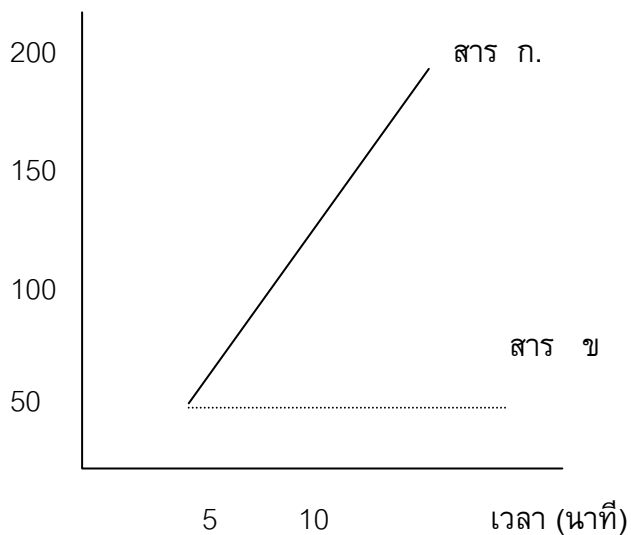
4. ถ้าวัตถุมีปริมาตร 4 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีมวลเท่าใด

1. 40 กรัม
2. 50 กรัม
3. 60 กรัม
4. 70 กรัม
5. 80 กรัม

5. จากกราฟ ข้อมูลใดเป็นการลงข้อสรุป

1. วัตถุที่มีมวลน้อยปริมาตรจะคงที่
2. วัตถุที่มีมวลมากขึ้นจะมีปริมาตรลดลง
3. วัตถุที่มีปริมาตรมากขึ้นจะมีมวลลดลง
4. มวลและปริมาตรของวัตถุจะสัมพันธ์กัน
5. วัตถุที่มีมวลมากขึ้นจะมีปริมาตรมากขึ้น

6. จากกราฟจงตอบปัญหาข้อที่ 7



จากกราฟอุณหภูมิของสาร ก. เปลี่ยนแปลงไปเท่าใด

- ก. 0 องศาเซลเซียส
- ข. 50 องศาเซลเซียส
- ค. 100 องศาเซลเซียส
- ง. 150 องศาเซลเซียส
- จ. 200 องศาเซลเซียส

7. ผลการทดลอง หาจุดเดือดของของเหลวชนิดหนึ่งที่ระดับความสูงต่างๆกันได้ดังนี้

| ความสูงจากระดับน้ำทะเล(เมตร) | จุดเดือด( องศาเซลเซียส) |
|------------------------------|-------------------------|
| 80                           | 99                      |
| 180                          | 98                      |
| 250                          | 96                      |
| 500                          | 92                      |
| 1630                         | 91                      |

ควรสรุปข้อมูลในตารางนี้ว่าอย่างไร

- ก. ของเหลวย่อมต้มให้เดือดได้
- ข. จุดเดือดของของเหลวไม่คงที่
- ค. ของเหลวนี้มีจุดเดือดเท่ากับน้ำ
- ง. ระดับความสูงเพิ่มขึ้นจุดเดือดยิ่งต่ำลง
- จ. ของเหลวเดือดได้ในระดับความสูงต่างกัน

8. จากตารางแสดงการทรุดตัวของดินในตำบล ก ข และ ค จากระดับที่เริ่มศึกษา ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ปรากฏผลดังนี้

| ระยะที่ดินทรุดตัวจากระดับที่เริ่มศึกษา |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| เดือน<br>ตำบล                          | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| ก                                      | 0.2 | 0.5 | 1.2 | 1.9 | 2.2 | 2.3 |
| ข                                      | 0.3 | 0.6 | 1.3 | 2.1 | 2.4 | 2.5 |
| ค                                      | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 |

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

- ในเดือนต่อไปที่ตำบล ก จะไม่มีการทรุดตัว
  - ในเดือนต่อไปที่ตำบล ก.และ ข จะทรุดตัวลงไปอีก 1 มิลลิเมตร
  - การทรุดตัวของตำบล ค น้อยกว่าการทรุดตัวของตำบล ก และ ข มาก
  - ปริมาณน้ำในดินที่ตำบล ค มีปริมาณน้อยกว่าที่ตำบล ก และ ข
  - ตำบล ก มีความเหมาะสมที่จะสร้างอาคารขนาดใหญ่มากที่สุดเนื่องจากดินทรุดตัวไม่มากนักและสภาพของดินไม่แข็งจนเกินไป
9. ในการทดลองหามวลของวัตถุชิ้นหนึ่งที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน (  $0 - 100^{\circ}\text{ซ}$  ) ด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานหลายครั้ง ปรากฏว่า น้ำหนักของวัตถุนั้นเท่ากันทุกครั้งจะสรุปผลการทดลองนี้ได้ว่าอย่างไร
- วัตถุนี้นี้มีมวลคงที่ แม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปเท่าใดก็ตาม
  - วัตถุทุกชนิดมีมวลคงที่ แม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปเท่าใดก็ตาม
  - วัตถุนี้นี้มีมวลคงที่ เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง  $0 - 100^{\circ}\text{ซ}$
  - วัตถุชนิดนี้มีมวลเปลี่ยนไป เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า  $100^{\circ}\text{ซ}$
  - วัตถุทุกชนิดมีมวลคงที่ เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง  $1 - 100^{\circ}\text{ซ}$

10. จากตารางแสดงความสามารถในการละลายของสารที่อุณหภูมิ 25 ° ซ จะสรุปได้ว่าอย่างไร

| สาร              | ความสามารถในการละลาย<br>กรัม/น้ำ 100 กรัม |
|------------------|-------------------------------------------|
| แมกนีเซียมซัลเฟต | 36.3                                      |
| โซเดียมคลอไรด์   | 36.0                                      |
| แคลเซียมซัลเฟต   | 0.21                                      |

- ก. แมกนีเซียมซัลเฟตละลายได้ดีที่สุด
- ข. แมกนีเซียมซัลเฟตและโซเดียมคลอไรด์ละลายได้ดีเท่ากัน
- ค. ความสามารถในการละลายได้ของสารทั้ง 3 ชนิดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ
- ง. แคลเซียมซัลเฟต 100 กรัม ละลายได้ 0.21 กรัม ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ
- จ. ที่อุณหภูมิของสารละลาย 25 ° ซ แมกนีเซียมซัลเฟต 36.3 กรัมสามารถละลายได้หมดในตัวทำละลาย 100 กรัม

ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

|                      |                                                                                                                                                |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ ชื่อสกุล        | นางธีรรัตน์ ไตรเดช                                                                                                                             |
| วันเดือนปีเกิด       | 2 กันยายน พ.ศ. 2513                                                                                                                            |
| สถานที่เกิด          | ตำบลตลาดหลวง อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง                                                                                                         |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน  | บ้านเลขที่ 47/1 หมู่ 3 ตำบลศาลาแดง อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง 14000                                                                             |
| ตำแหน่งหน้าที่การงาน | ครู (คศ 2)                                                                                                                                     |
| สถานที่ทำงาน         | โรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม ตำบลหนองน้ำส้ม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา<br>สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน<br>กระทรวงศึกษาธิการ |
| ประวัติการศึกษา      |                                                                                                                                                |
| พ.ศ. 2549            | การศึกษามหาบัณฑิต ( กศ.ม. ) สาขาวิชาการวิจัย<br>และสถิติทางการศึกษา<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ                                              |
| พ.ศ. 2541            | ประกาศนียบัตรบัณฑิต ( ป. บัณฑิต ) (สกว.รุ่นที่1)<br>วิชาเอกการสอนวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                         |
| พ.ศ. 2540            | วิทยาศาสตร์บัณฑิต ( วท.บ. ) วิชาเอกเคมี<br>สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา                                                                         |
| พ.ศ. 2532            | มัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิทย์-คณิต) โรงเรียนสตรีอ่างทอง                                                                                             |
| พ.ศ. 2529            | มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสตรีอ่างทอง                                                                                                          |
| พ.ศ. 2527            | ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดอ่างทอง                                                                                                           |